

## 福島—栃木地域における過去約 30 万年間のテフラの再記載と定量化

山元孝広

Takahiro Yamamoto (2012) Quantitative re-description of tephra units since 0.3 Ma in the Fukushima-Tochigi region, NE Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 63(3/4), p. 35-91, 49 figs, 4 tables, 2 appendixes.

**Abstract:** Tephra units since 0.3 Ma in the Fukushima-Tochigi region have been re-described with regard to their stratigraphy, compositions, ages and volumes, adding unpublished data. They were erupted from Azuma volcano, Adataro volcano, Bandai volcano, Sunagohara caldera, Numazawa volcano, Futamatayama volcano, Nasu volcanoes, Takahara volcano, Hiuchigatake volcano, Kinunuma volcano, Nikko volcanoes, Iiji volcano and Akagi volcano. The erupted ages of some tephra units should be revised, because several previous studies included miscorrelations of tephra units. This study have listed up all tephra units, more than 0.1 km<sup>3</sup> DRE in volume, from these volcanoes, and established the eruption histories on magma volume for these volcanoes, except for Nikko and Akagi.

**Keywords:** tephra, tephrochronology, Late Pleistocene, Middle Pleistocene, Fukushima, Tochigi

### 要 旨

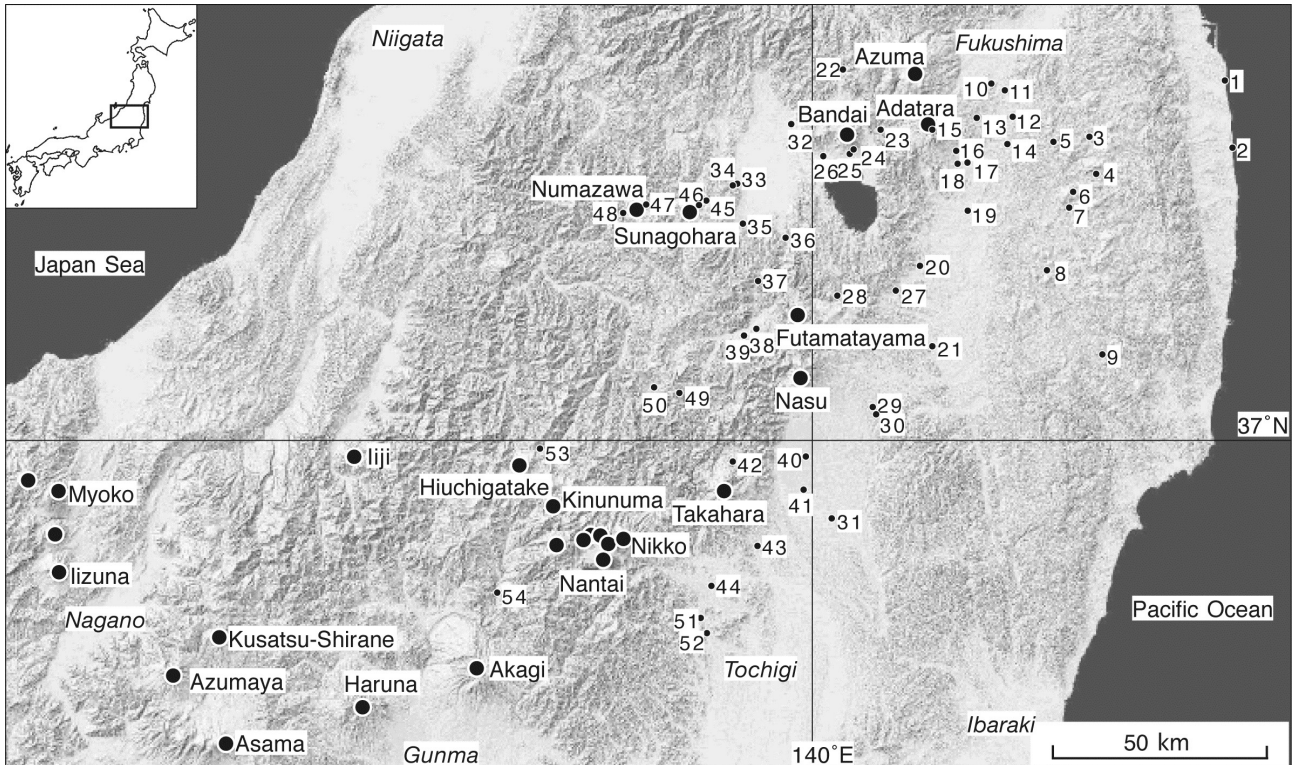
福島—栃木地域に分布する過去約 30 万年間のテフラを、未公表資料を追加して層序・分布・構成物・噴火年代・マグマ体積について再記載した。これらのテフラは吾妻火山、安達太良火山、磐梯火山、砂子原カルデラ、沼沢火山、二岐山火山、那須火山群、高原火山、燧ヶ岳火山、鬼怒沼火山、日光火山群、飯土火山、赤城火山から噴出したものである。既報のいくつかのテフラ噴出年代には修正の必要なものがあるほか、一部のこれまでの研究には明らかなテフラ対比上の問題が含まれている。

### 1. はじめに

テフラと呼ばれる火砕物は、爆発的噴火により破碎されたマグマが火口から放出され地表に定置したものである。地層として保存されたテフラは過去に起きた爆発的噴火の証拠であるだけでなく、広域に分布するものは地層中の同一時間面を示す鍵層であることから、多くのテフラが記載されてきた(町田・新井, 1992; 2003)。特に列島規模の分布を持つ始良 Tn テフラ(AT: 町田・新井, 1976)、大山倉吉テフラ(DKP: 町田・新井, 1979)、阿蘇 4 テフラ(Aso4: 町田ほか, 1985)、御岳第 1 テフラ(On-Pm1: 町田・鈴木, 1971)は後期更新世の時間指標面として重要性が高く、多くの地域でそれらの層準が確認されている。更に、これらの指標テフラとの層序的位置関係を明らかにすることにより、年代の確定していないロー

カルなテフラに相対的な噴火年代を与えることも可能となる(早川, 1995)。当然ながら、噴火層序の時間軸決定は火山活動の定量的な評価に不可欠の作業であり、テフラ層序学的手法を駆使した火山活動史の編年は、これまでも多くの火山で実施されてきている(例えば伊豆大島火山: Nakamura, 1964; 富士火山: 宮地, 1988 など)。

本報告では、東北日本南部の福島—栃木地域(Fig. 1)に分布する過去約 30 万年間のテフラの再記載を行い、当地域の地質環境の長期評価に必要な爆発的噴火の履歴データを整備する。約 30 万年前で区切ったのは、この前後で火山の分布状況に顕著な違いが認められ火山活動場の変化があったこと(Yamamoto, 2007)、当地域では 30 万年前よりも古いテフラは露出が限られ個々の分布を押さえることが困難なことが理由である。対象とするテフラの給源火山は吾妻火山、安達太良火山、磐梯火山、砂子原カルデラ、沼沢火山、二岐山火山、那須火山群、高原火山、燧ヶ岳火山、鬼怒沼火山、日光火山群、飯土火山、赤城火山で(Fig. 1)、そのテフラ層序は鈴木(1992)、鈴木ほか(1998)、山元(1999b)、Yamamoto(2005)などにより記載され、その大枠が確立されている。しかしながら、その後の調査・研究の結果、テフラの対比に修正の必要があるものや、噴出年代の見直しの必要のあるものがあることが明らかになってきている。そこで、多くの未公表データを加え、個々のテフラを再記載するとともに、各テフラの分布図を再作成し、各火山噴出量の定量化を行うことにする。



第1図 福島－栃木地域周辺の第四紀火山の分布と露頭位置。

地形陰影図は、国土地理院の50 mメッシュ数値地図による。露頭位置の緯度・経度は表3に示した。

Fig. 1 Index map of Quaternary volcanoes (black circles) and outcrops around the Fukushima-Tochigi region.

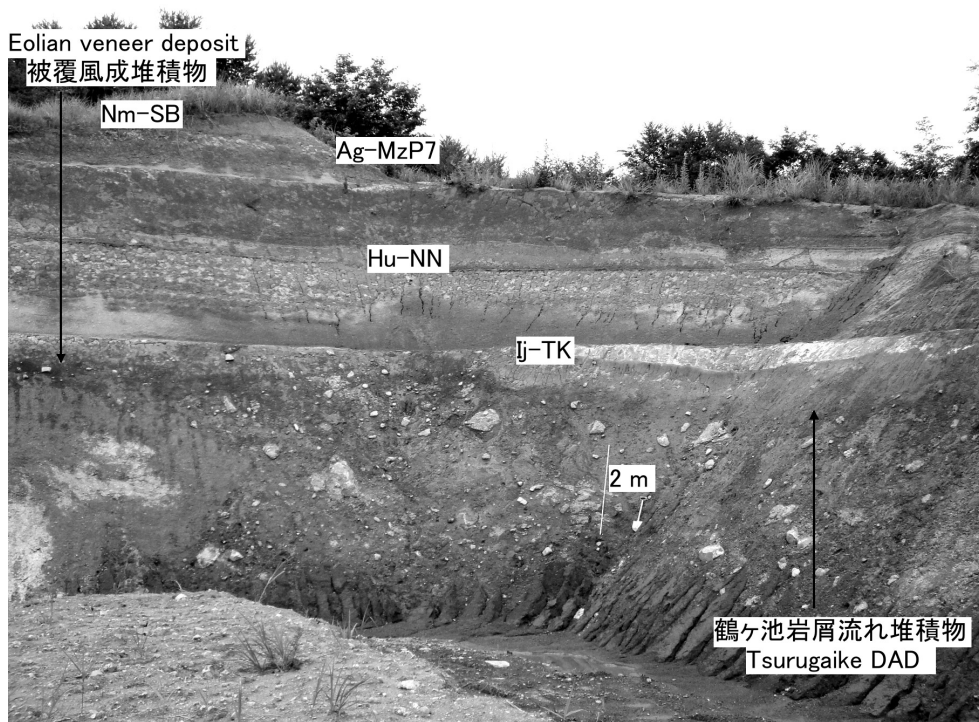
The topographic image has been made using the digital map 50m grid (elevation), from the Geographical Survey Institute, Japan. See Table 3 for the latitude and longitude positions of the outcrops.

## 2. 露頭柱状図と分析結果

福島—栃木地域に分布するテフラの多くは、火山体斜面・岩屑なだれ堆積物・段丘化した河川堆積物を覆う褐色火山灰土を主体とした風成堆積物中に挟まれている (Fig. 2)。地域内の代表的な露頭 (Loc. 1～Loc. 54) については、Fig. 3～Fig. 11 にその柱状図を示した。柱状図中の *Gms* や *St* は、Miall (1978) の堆積相コードである。また、柱状図中のテフラの略号 (Ad-DK など) については Table 1 に、柱状図中の試料番号 (Hm102 など) のついたテフラの分析結果は Table 2 に、露頭位置は Table 3 に示している。更に、各露頭に対する既報との対応関係や対比の修正などの注釈を付録1に列記している。テフラの名称については、町田・新井 (1992；2003) に従い、沼沢沼沢湖テフラ (Nm-NK) のように給源火山名の後に個別テフラ名を付けている。一方、姥沢北テフラ (Ub) のように個別テフラ名単独のものは、給源火山が未確定であることを意味している。テフラの分析は (株) 京都フィッシュン・トラックに依頼しており、洗浄・篩別された 120-250 mesh 粒径試料について、全鉍物組成分析、重鉍物分析、火山ガラスの屈折率測定、鉍物の屈折率測定が行われている。

テフラのうちの降下火砕物堆積物の体積については、各等層厚線と等層厚線が囲む面積の関係から見積もっている。火口近傍の堆積物層厚が測定できたテフラの場合は、各層厚と面積の相関から遠方部の層厚分布をグラフ上で作図・外挿し、各層厚毎の体積を積算して計測している。一方、火口近傍の堆積物層厚が測定できていないテフラの場合は、Legros (2000) の簡便法を用いて体積を見積もっている。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、降下火砕堆積物全体の等層厚分布が把握できていない場合にも用いることが可能である。また、真の体積は Legros (2000) の最小値の数倍以内であることが多い。この Legros (2000) の簡便法は、Pyle (1989) の手法を拡張したものであるが、信頼性の高い結晶法適用例の平均値を用いる Hayakawa (1985) の経験則と結果的に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していれば十分使えるものであることを意味している。





第 2 図 鶴ヶ池岩屑なだれ堆積物を覆う風成堆積物の露頭写真。

Ag-MzP7 = 赤城水沼 7 テフラ；Hu-NN = 燧ヶ岳七入テフラ；Ij-TK = 飯土高杖テフラ；Nm-SB = 沼沢芝原テフラ。福島県下郷町鶴ヶ池 (Loc. 38)。

Fig. 2 Outcrop photograph of eolian veneer deposits overlying the Tsurugaiké debris avalanche deposit (DAD). Ag-MzP7 = Akagi-Mizunuma 7 tephra; Hu-NN = Hiuchigateke-Nanairi tephra; Ij-TK = Iiji-Takatsue tephra; Nm-SB = Numazawa-Shibahara tephra. Tsurugaiké, Shimogo Town, Fukushima (Loc. 38).

### 3. 吾妻火山

吾妻火山は、福島市西方の火山フロント上に位置する成層火山である (Fig. 1)。その山体は西吾妻、中吾妻、東吾妻、一切経、高山などの底径 1- 数 km、比高 200-500 m の安山岩質の火山錐や、これらに覆われる初生的な火山地形を失ったより古い安山岩質の山体が重なり合っている (藤縄・鴨志田, 1999)。NEDO (1991) の放射年代測定によると吾妻火山の活動は百数十万年前から始まり、約 30 万年前までにはほとんどの山体が形成されたことになる。ただし、個々の山体の層序関係や形成時期の詳細は不明な点が多い。山体東部にある完新世の吾妻小富士や五色沼などの火口群を形成した吾妻浄土平火山の活動は 6.7 ka から始まり、その総噴出量はブルカノ式噴火降下火砕物と溶岩流を合わせて約  $5 \times 10^{11}$  DRE  $\text{km}^3$  である (山元, 2005)。またこれらとは別に吾妻火山を起源とするプリニー式噴火によるテフラ層が Yamamoto (2005) により山麓部で記載され、以下の吾妻佐久間テフラと吾妻福島テフラが定義されている。

#### 3.1 吾妻佐久間テフラ (Az-SK)

Yamamoto (2005) 命名。模式地は、福島県福島市松川

町佐久間の国道 4 号線東脇の露頭 (Loc. 12 ; Fig. 5)。吾妻火山で約 13 万年前に発生したプリニー式噴火の産物で、東へ向かう降下火砕堆積物からなる (Fig. 12 ; Yamamoto, 2005)。福島市から大玉村にかけての山崎岩屑なだれ堆積物の上位 (Locs. 17 & 18 ; Fig. 6) や、阿武隈山地内の高位段丘の厚い被覆風成火山灰土 (Locs. 3, 5, 6, 10 & 12 ; Figs. 3, 4 & 5) 中において、Hu-TG・Az-FK 間の層準に挟まれている。本テフラの岩質は斜方輝石単斜輝石デイサイトで、基質に斜長石・斜方輝石・単斜輝石の結晶質粗粒火山灰を伴う軽石火山礫からなる。また、本テフラの火山ガラスの屈折率は 1.510-1.512 と、後述する直下の Az-FK よりも有意に高い (Table 2)。模式地での層厚は 20 cm で、給源位置を吾妻火山東部の浄土平付近とすると、16-32 cm 等層厚線が囲む面積 (Table 4) を用いた降下火砕堆積物の最小体積は約  $4 \times 10^{11}$   $\text{km}^3$  (堆積物の平均密度を 800  $\text{kg}/\text{m}^3$  として岩石換算最小体積は約  $2 \times 10^{11}$   $\text{km}^3$  DRE, 最小質量は約  $3 \times 10^{11}$  kg) である。

#### 3.2 吾妻福島テフラ (Az-FK)

山元・阪口 (2000), Yamamoto (2005) 命名。模式地は、福島県福島市蓬萊町二丁目の宅地開発地 (Loc. 11 ; Fig. 5)。吾妻火山で約 14 万年前に発生したプリニー式噴火

第1表 テフラ一覧.

*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. a) 青木ほか (2008); b) 松本ほか (1989).

Table 1. List of tephra units in this study.

*Bt* = biotite; *Cpx* = clinopyroxene; *Cum* = cummingtonite; *Hb* = hornblende; *Opx* = orthopyroxene. a) Aoki *et al.* (2008); b) Matsumoto *et al.* (1989).

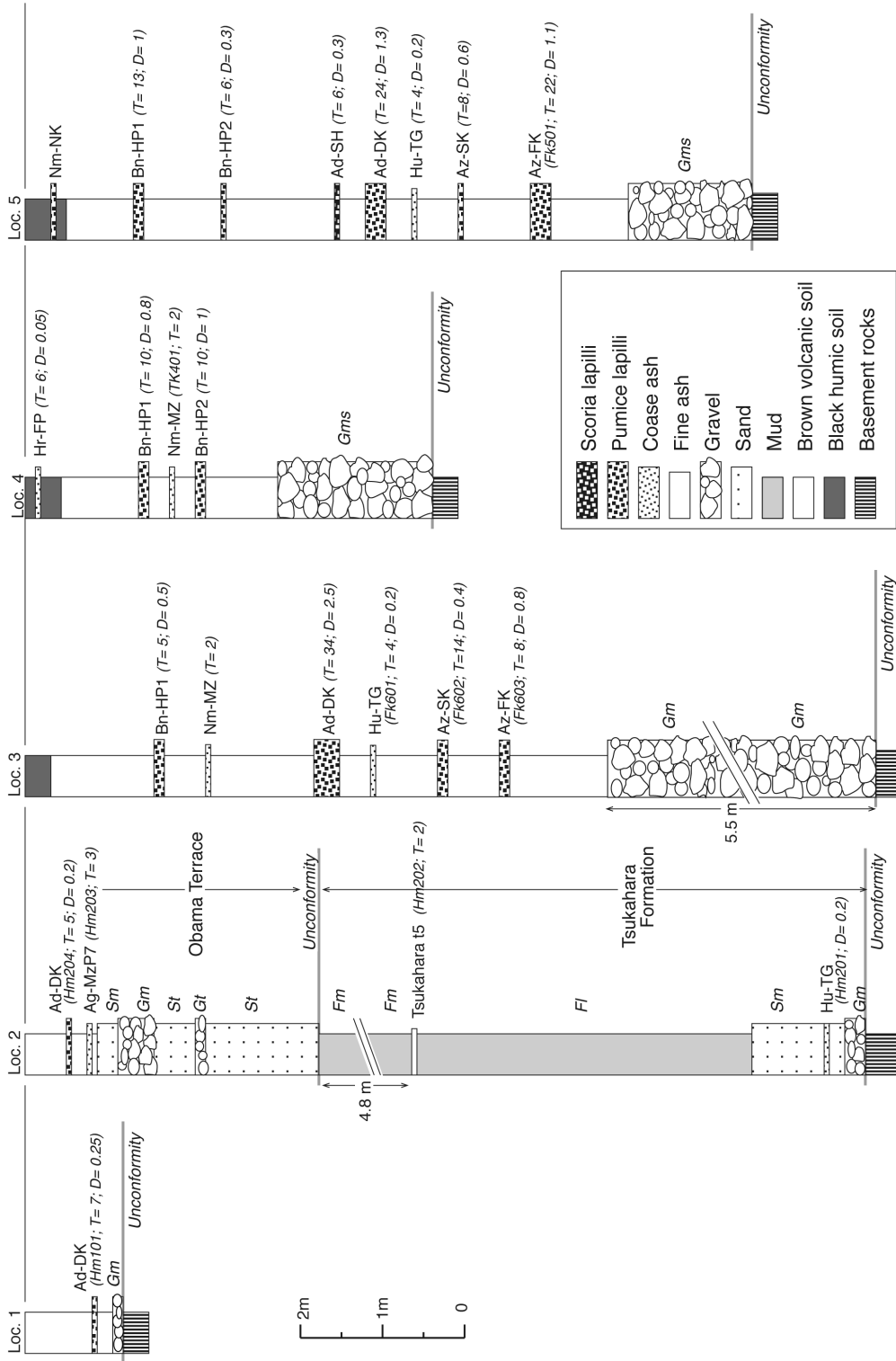
Tephra	Name		Age	Rock type	Reference
Hr-FP	Haruna-Futatsudake-Ikaho	榛名ニツ岳伊香保	1.5 ka	Opx Hb dacite	Arai (1962)
Nm-NK	Numazawa-Numazawako	沼沢沼沢湖	5.4 ka	Opx Hb dacite	Yamamoto (1995; 2003)
Tk-UH	Takahara-Uenohara	高原上の原	6.5 ka	Opx Hb dacite	Okuno <i>et al.</i> (1997)
Nt-S	Nantai-Shichihonzakura	男体七本桜	17 ka	Hb-bear Opx Cpx dacite	Akutsu (1955)
Nt-I	Nantai-Imaichi	男体今市	17 ka	Opx Cpx dacite	Akutsu (1955)
As-YP	Asama-Itahana-Yellow	浅間板鼻黄色	17 ka	Hb-bear Opx Cpx dacite	Arai (1962)
Nt-KU4	Nantai-Kutsukake 4	男体沓掛4	ca 19 ka	Basalt	Suzuki (1993)
Nt-KU3	Nantai-Kutsukake 3	男体沓掛3	ca 20 ka	Basalt	Suzuki (1993)
Nt-KU1	Nantai-Kutsukake 1	男体沓掛1	ca 22 ka	Basalt	Suzuki (1993)
Nt-OG	Nantai-Ogawa	男体小川	ca 23 ka	Basalt	Suzuki (1993)
As-BP	Asama-Itahana-Brown	浅間板鼻褐色	ca 23 ka	Opx Cpx dacite	Arai (1962)
AT	Aira-Tn	始良Tn	29 ka <sup>a)</sup>	Opx Cpx rhyolite	Machida & Arai (1976)
Tk-KD	Takahara-Kashiwaidaira	高原柏木平	ca 30 ka	Opx Hb dacite	This study
Ad-NH	Adatara-Nihonmatsu	安達太良二本松	ca 40 ka	Hb-bear Opx Cpx dacite	Yamamoto & Sakaguchi (2000)
Ag-KP	Akagi-Kanuma	赤城鹿沼	44 ka <sup>a)</sup>	Hb-bear Opx Cpx dacite	Akutsu (1955)
Bn-HP1	Bandai-Hayama 1	磐梯葉山1	46 ka	Opx Cpx dacite	Yamamoto & Suto (1996)
Hr-HP	Haruna-Hassaki	榛名八崎	ca 47 ka	Cum-bear Cpx Hb Opx dacite	Arai (1962)
Ad-EB4	Adatara-Ebisu 4	安達太良えびす4	ca 48 ka	Opx Cpx andesite	Yamamoto & Sakaguchi (2000)
Ag-NM1	Akagi-Namekawa 1	赤城行川1	ca 50 ka	Hb Opx Cpx dacite	Suzuki (1990)
Ag-NM2	Akagi-Namekawa 2	赤城行川2	ca 50 ka	Hb Opx Cpx dacite	Suzuki (1990)
DKP	Daisen-Kurayoshi	大山倉吉	ca 50 ka	Bt-bear Opx Hb dacite	Machida & Arai (1979)
Nm-MZ	Numazawa-Mizunuma	沼沢水沼	ca 50 ka	Bt Cum Hb dacite	Yamamoto (1995; 2003)
Ag-MzP1	Akagi-Mizunuma 1	赤城水沼1	56-59 ka	Hb-bear Opx Cpx dacite	Moriya (1968); Suzuki (1990)
Ag-MzP2	Akagi-Mizunuma 2	赤城水沼2	ca 60 ka	Hb Opx Cpx dacite	Moriya (1968); Suzuki (1990)
Ad-EB3	Adatara-Ebisu 3	安達太良えびす3	ca 60 ka	Opx Cpx andesite	Yamamoto & Sakaguchi (2000)
Ag-OK	Akagi-Okkai	赤城追貝	ca 70 ka	Hb-bear Opx Cpx dacite	Arai (1962)
Bn-HP2	Bandai-Hayama 2	磐梯葉山2	ca 80 ka	Opx Cpx dacite	Yamamoto & Suto (1996)
On-NG	Ontake-Nagawa	御岳奈川	ca 80 ka	Hb Opx Cpx dacite	Takemoto <i>et al.</i> (1987a)
Ag-MzP5	Akagi-Mizunuma 5	赤城水沼5	ca 90 ka	Hb-bear Opx Cpx dacite	Moriya (1968); Suzuki (1990)
Ad-EB2	Adatara-Ebisu 2	安達太良えびす2	ca 90 ka	Opx Cpx andesite	Yamamoto & Sakaguchi (2000)
Nk-HG	Nikko-Higashiakata	日光東赤田	ca 90 ka	Opx Cpx andesite	Suzuki (1993)
Aso4	Aso 4	阿蘇4	89 ka <sup>b)</sup>	Opx Cpx Hb dacite	Machida <i>et al.</i> (1985)
Ft-HT5	Futamatayama-Hatori 5	二岐山羽鳥5	ca 90 ka	Opx Cpx andesite	Yamamoto (1999a)
Ft-HT4	Futamatayama-Hatori 4	二岐山羽鳥4	ca 90 ka	Opx Cpx andesite	Yamamoto (1999a)
On-Pm1	Ontake-1	御岳第1	96 ka <sup>a)</sup>	Opx-bear Bt Hb dacite	Machida & Suzuki (1971); Machida & Arai (1992)
Ag-MzP6	Akagi-Mizunuma 6	赤城水沼6	ca 0.10 Ma	Hb Opx dacite	Moriya (1968); Suzuki (1990)
Nk-MA	Nikko-Mamiana	日光満美穴	ca 0.10 Ma	Opx Cpx andesite	Akutsu (1957)
Ad-SH	Adatara-Sahara	安達太良佐原	ca 0.10 Ma	Hb-bear Opx Cpx dacite	Yamamoto & Sakaguchi (2000)
Nk-OK	Nikko-Ogikubo	日光荻久保	ca 0.10 Ma	Opx Cpx andesite	Suzuki (1993)
Nm-SB	Numazawa-Shibahara	沼沢芝原	0.11 Ma	Cum-bear Hb Bt rhyolite	Suzuki (1992); Yamamoto (2003)
Ad-MT	Adatara-Matsukawa	安達太良松川	ca 0.11 Ma	Opx Cpx andesite	Yamamoto & Sakaguchi (2000)
Ad-DK	Adatara-Dake	安達太良岳	ca 0.12 Ma	Opx Cpx dacite	Yamamoto & Sakaguchi (2000)



福島—栃木地域における過去約 30 万年間のテフラの再記載と定量化 (山元)

第 1 表 ( 続き )  
Table 1. Continued.

Tephra	Name	Age	Rock type	Reference
Ag-MzP7	Akagi-Mizunuma 7 赤城水沼7	ca 0.12 Ma	Hb Opx dacite	Moriya (1968); Suzuki (1990)
Ft-HT3	Futamatayama-Hatori 3 二岐山羽鳥3	ca 0.12 Ma	Opx Cpx andesite	Yamamoto (1999a)
Ns-SR1	Nasu-Shirakawa 1 那須白河1	ca 0.12 Ma	Andesite	Suzuki (1992)
t5	Tsukahara t5 塚原t5	ca 0.12 Ma	Hb-bear Opx Cpx dacite	Kubo <i>et al.</i> (1990)
Ag-MzP8	Akagi-Mizunuma 8 赤城水沼8	0.125 Ma	Hb-bear Opx Cpx dacite	Moriya (1968); Suzuki (1990)
Hu-TG	Hiuchigatake-Tagashira 燧ヶ岳田頭	0.129 Ma <sup>a)</sup>	Bt Hb Opx Cpx dacite	Suzuki (1993; 1999)
Ag-MzP9-10	Akagi-Mizunuma 9-10 赤城水沼9-10	ca 0.13 Ma	Hb-bear Opx Cpx dacite	Moriya (1968); Suzuki (1990)
Ft-HT2	Futamata-Hatori 2 二岐山羽鳥2	ca 0.13 Ma	Opx Cpx andesite	Yamamoto (1999a)
Az-SK	Azuma-Sakuma 吾妻佐久間	ca 0.13 Ma	Opx Cpx dacite	Yamamoto (2005)
Nk-SO	Nikko-So-otome 日光早乙女	ca 0.13 Ma	Hb-bear Opx Cpx andesite	Muramoto (1992); Suzuki (1993)
Nk-NM	Nikko-Namekawa 日光行川	ca 0.14 Ma	Hb-bear Opx Cpx andesite	Suzuki (1993)
Nk-YT	Nikko-Yaita 日光矢板	ca 0.14 Ma	Hb-bear Opx Cpx andesite	Suzuki (1993)
Az-FK	Azuma-Fukushima 吾妻福島	ca 0.14 Ma	Opx Cpx dacite	Yamamoto & Sakaguchi (2000); Yamamoto (2005)
Iz-Kta	Iizuna-Kamitaru a 飯縄上榑a	ca 0.14 Ma	Bt-Cum-bear Opx Hb dacite	Suzuki (2001)
Ns-SR3	Nasu-Shirakawa 3 那須白河3	ca 0.14 Ma	Andesite	Suzuki (1992)
Ub	Ubasawakita 姥沢北	ca 0.15 Ma	Opx Cpx dacite	Suzuki (1992)
Ns-SR6	Nasu-Shirakawa 6 那須白河6	ca 0.15 Ma	Andesite	Suzuki (1992)
Ns-SR7	Nasu-Shirakawa 7 那須白河7	ca 0.15 Ma	Andesite	Suzuki (1992)
OrP	Origuchihara 折口原	ca 0.15 Ma	Hb-bear Opx Cpx dacite	Suzuki (1992)
Ns-SR8	Nasu-Shirakawa 8 那須白河8	ca 0.15 Ma	Andesite - dacite	Suzuki (1992)
Ns-SR9	Nasu-Shirakawa 9 那須白河9	ca 0.15 Ma	Andesite	Suzuki (1992)
SI2	Siobara 2 塩原2	ca 0.15 Ma	Opx Cpx andesite	Suzuki (1993)
SI3	Siobara 3 塩原3	ca 0.16 Ma	Hb-bear Opx Cpx andesite	Suzuki (1993)
SI4	Siobara 4 塩原4	ca 0.16 Ma	Hb-bear Opx Cpx andesite	Suzuki (1993)
Ns-SR10	Nasu-Shirakawa 10 那須白河10	ca 0.16 Ma	Andesite	Suzuki (1992)
Yum	Yumihari 弓張	ca 0.16 Ma	Bt Cpx Opx Hb dacite	Suzuki <i>et al.</i> (2004)
Hu-NN	Hiuchigatake-Nanairi 燧ヶ岳七入	0.16-0.17 Ma	Opx Cpx dacite	Watanabe (1989a); Yamamoto (1999b)
YG	Yaguchi 矢口	ca 0.20 Ma	Andesite	Suzuki (1993)
Ns-SR11	Nasu-Shirakawa 11 那須白河11	ca 0.20 Ma	Andesite	Suzuki (1992)
Ns-SR12	Nasu-Shirakawa 12 那須白河12	ca 0.20 Ma	Andesite	Suzuki (1992)
Ad-MH6	Adatara-Mizuhara 7 安達太良水原7	ca 0.20 Ma	Andesite	Yamamoto & Sakaguchi (2000)
Ad-MH5	Adatara-Mizuhara 6 安達太良水原6	ca 0.21 Ma	Andesite	Yamamoto & Sakaguchi (2000)
Sn-KB	Sunagohara-Kubota 砂子原久保田	0.22 Ma	Cum-bear Bt rhyolite	Yamamoto (1999b)
Ij-MO	Iiji-Moka 飯土真岡	ca 0.22 Ma	Cum-bear Opx Hb dacite	Yamamoto (2007)
Kn-KD	Kinunuma-Kurodahara 鬼怒沼黒田原	ca 0.23 Ma	Opx Hb dacite	Suzuki (1992; 1993); Yamamoto (1999b)
Ad-MH4	Adatara-Mizuhara 4 安達太良水原4	ca 0.23 Ma	Andesite	Yamamoto & Sakaguchi (2000)
Ad-MH3	Adatara-Mizuhara 3 安達太良水原3	ca 0.24 Ma	Andesite	Yamamoto & Sakaguchi (2000)
TM01	Tomuroyama 1 戸室山1	ca 0.24 Ma	Opx Hb dacite	Yamamoto (1999b)
TM02	Tomuroyama 2 戸室山2	ca 0.24 Ma	Bt rhyolite	Yamamoto (1999b)
Ad-MH2	Adatara-Mizuhara 2 安達太良水原2	ca 0.25 Ma	Andesite	Yamamoto & Sakaguchi (2000)
Ad-MH1	Adatara-Mizuhara 1 安達太良水原1	ca 0.25 Ma	Andesite	Yamamoto & Sakaguchi (2000)
TM03	Tomuroyama 3 戸室山3	ca 0.25 Ma	Cpx Opx dacite	Yamamoto (1999b)
Ij-TK	Iiji-Takatsue 飯土高杖	0.25-0.28 Ma	Cum Hb dacite	Yamamoto (1999b; 2007)
Sn-SK	Sunagohara-Sakasegawa 砂子原佐賀瀬川	0.29 Ma	Bt rhyolite	Yamamoto & Suto (1996); Yamamoto <i>et al.</i> (2006)
Sb-OT	Shiobara-Otawara 塩原大田原	ca 0.30 Ma	Opx Cpx dacite	Sasaki <i>et al.</i> (1958)

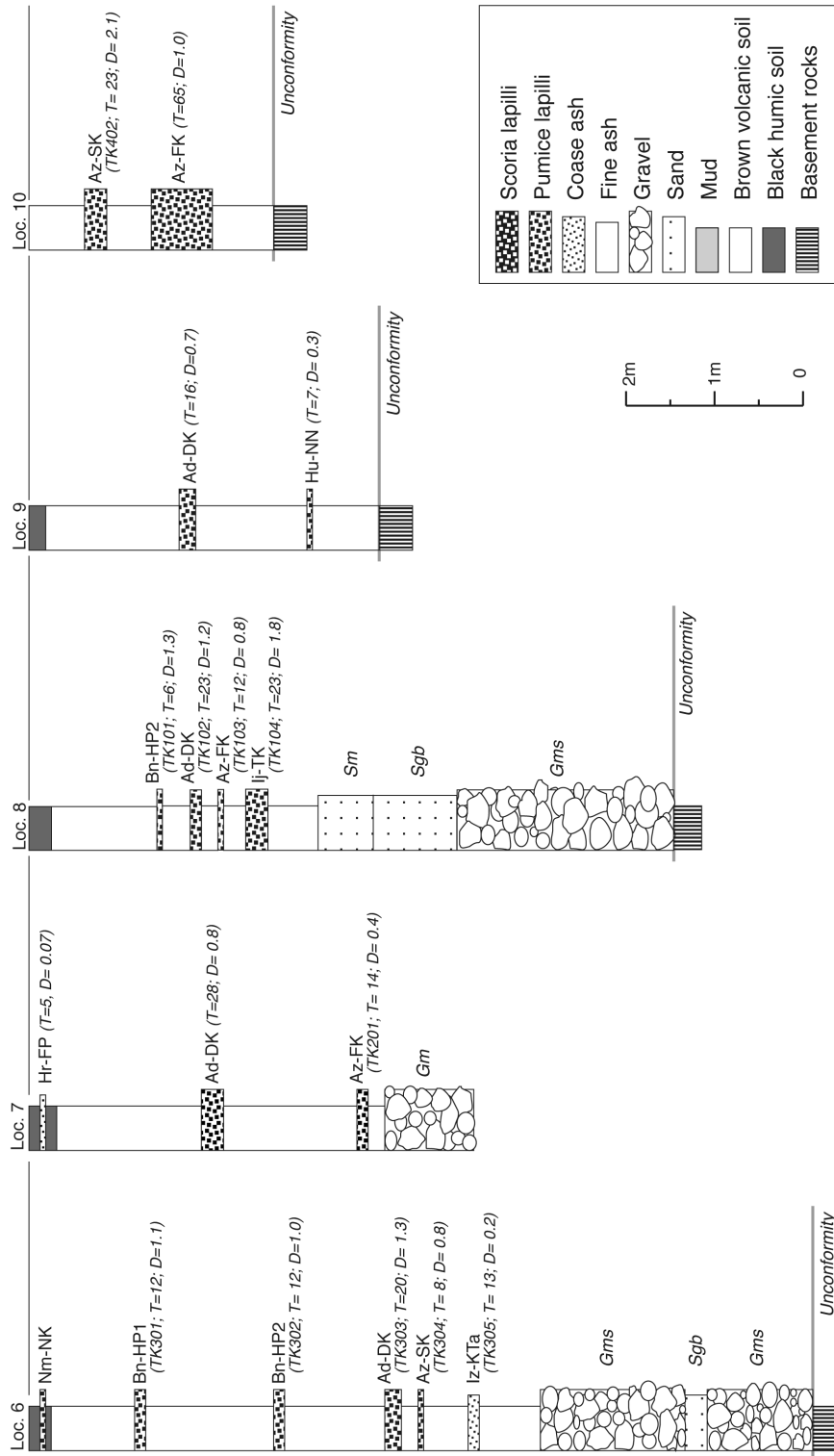


第3図 Loc. 1, 2, 3, 4及び5における露頭柱状図。

テフラの名称とその特徴は表1・2を参照のこと。Gms = 基質支持で無級化の礫；Gm = 岩片支持で塊状の礫；Gt = トラフ型斜交層理を持つ礫；Sm = 塊状で淘汰の悪い～中程度の中～極粗粒砂；St = 細かな葉理を持つ極細粒砂及び泥；Fm = 塊状の泥。Hm101, Hm203などは表2の試料番号。T = テフラ層の厚さ。D = テフラの平均最大粒径。

Fig. 3 Stratigraphic columns at Locs. 1, 2, 3, 4 and 5.

See Tables 1 and 2 for the tephra names and its compositions. Gms = matrix-supported, ungraded, massive gravel; Gm = clast-supported, massive gravel; Gt = trough-crossbedded gravel; Sm = massive, poorly to moderately sorted medium-very coarse sand; St = finely laminated very fine sand and mud; Fm = massive mud. Hm101, Hm203, etc. are the sample number in Table 2. T = thickness of the tephra unit. D = averaged maximum diameter of grains in the tephra unit.



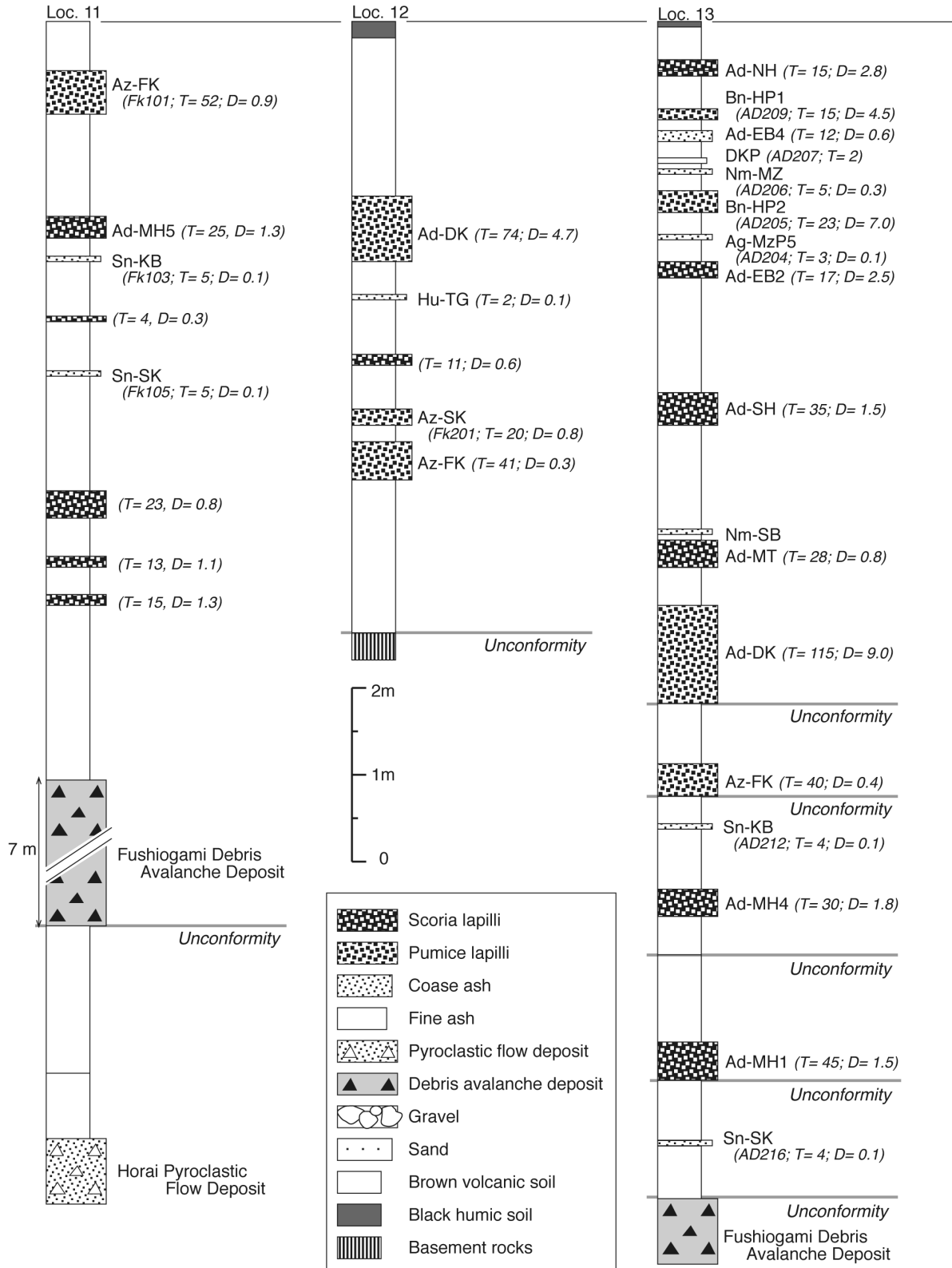
第4図 Loc. 6, 7, 8, 9 及び10における露頭柱状図。

テフラの名称とその特徴は表1・2を参照のこと。Gms = 基質支持で無級化の礫; Gm = 岩片支持で塊状の礫; Sgb = 連続性の悪い平行層理を持つ淘汰が中程度～悪い砂・細礫・中礫; Sm = 塊状で淘汰の悪い～中程度の中～極粗粒砂。TK301, TK201などは表2の試料番号。T = テフラ層の厚さ。D = テフラの平均最大粒径。

Fig. 4 Stratigraphic columns at Locs. 6, 7, 8, 9 and 10.

See Tables 1 and 2 for the tephra names and its compositions. Gms = matrix-supported, ungraded, massive gravel; Gm = clast-supported, massive gravel; Sgb = horizontal but discontinuous bedded, moderately to poorly sorted sand, granules, and pebbles; Sm = massive, poorly to moderately sorted medium-very coarse sand. TK301, TK201, etc. are the sample number in Table 2. T = thickness of the tephra unit. D = averaged maximum diameter of grains in the tephra unit.



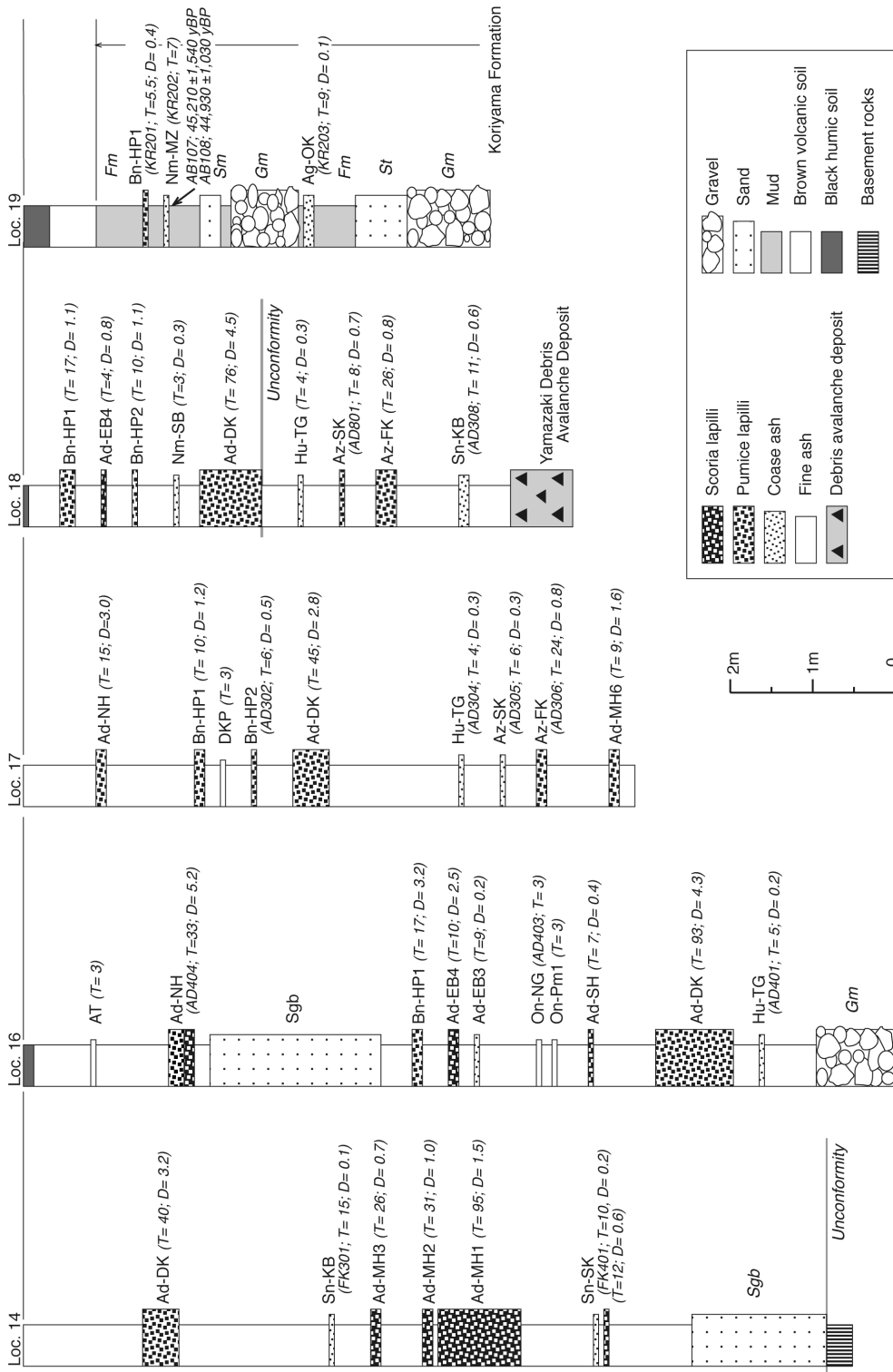


第5図 Loc. 11, 12 及び 13 における露頭柱状図。

テフラの名称とその特徴は表1・2を参照のこと。Fk103, Fk201などは表2の試料番号。T=テフラ層の厚さ、D=テフラの平均最大粒径。

Fig. 5 Stratigraphic columns at Locs. 11, 12 and 13.

See Tables 1 and 2 for the tephra names and its compositions. Fk103, Fk201, etc. are the sample number in Table 2. T = thickness of the tephra unit. D = averaged maximum diameter of grains in the tephra unit.

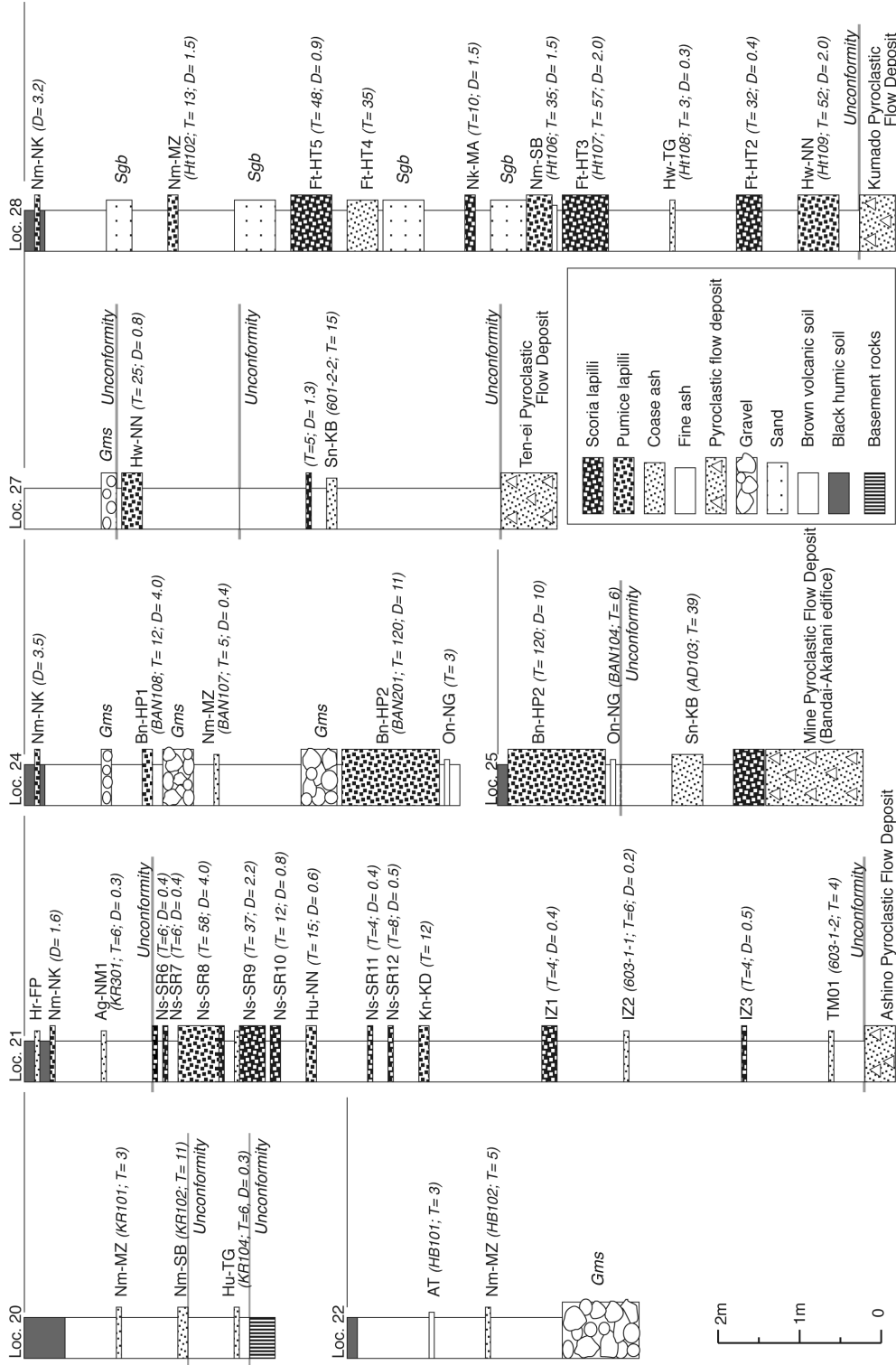


第6図 Loc. 14, 16, 17, 18 及び 19 における露頭柱状図。

テフラの名称とその特徴は表 1・2 を参照のこと。Gm = 岩片支持で塊状の礫；Sgb = 連続性の悪い、平行層理を持つ淘汰が中程度～悪い砂・細礫・中礫；Sm = 塊状で淘汰の悪い～中程度の中～極粗粒砂；St = トラフ型斜交層理を持つ砂。FK301, AD404 などは表 2 の試料番号。T = テフラ層の厚さ。D = テフラの平均最大粒径。

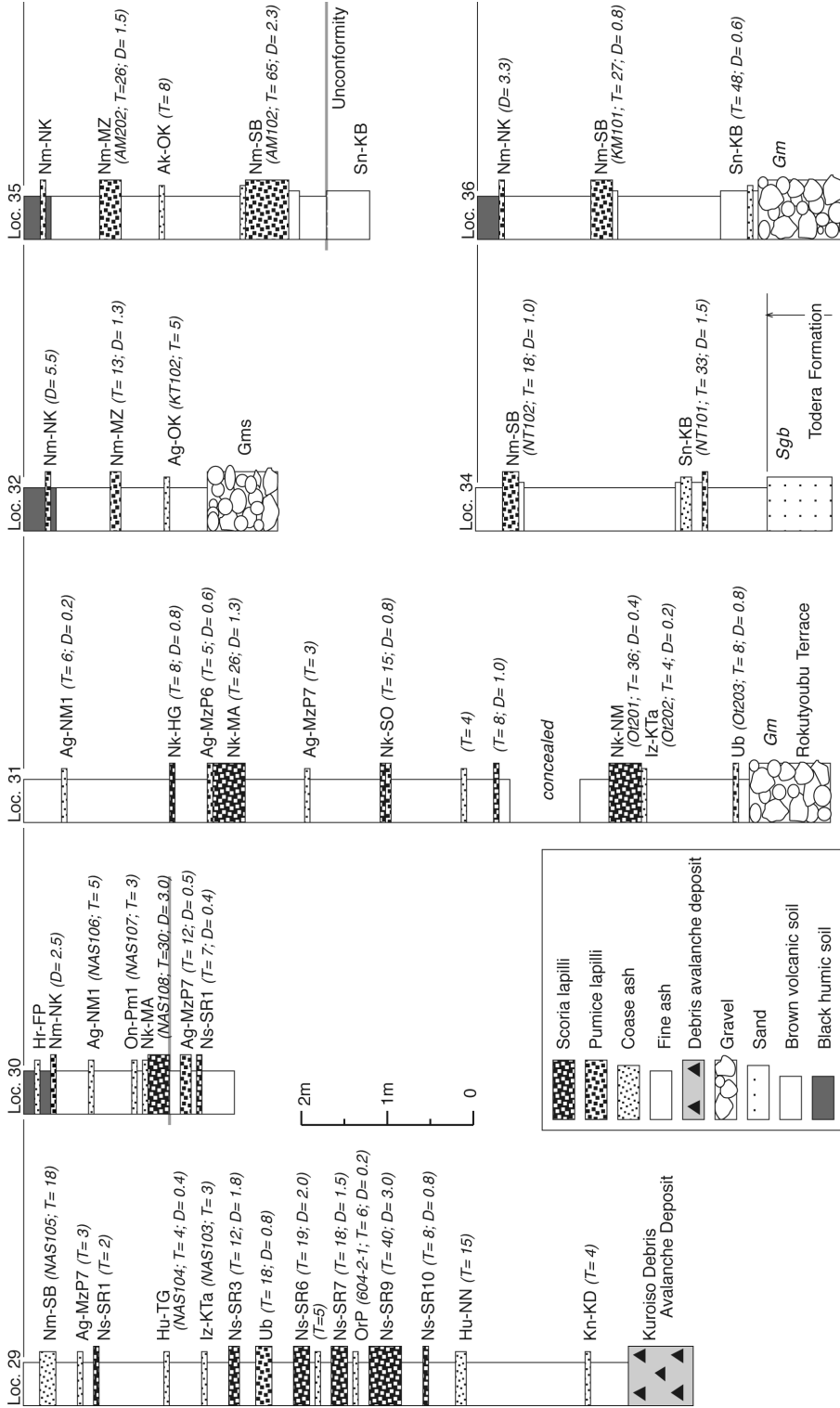
Fig. 6 Stratigraphic columns at Locs. 14, 16, 17, 18 and 19.

See Tables 1 and 2 for the tephra names and its compositions. Gm = clast-supported, massive gravel; Sgb = horizontal but discontinuous bedded, moderately to poorly sorted sand, granules, and pebbles; Sm = massive, poorly to moderately sorted medium-very coarse sand; St = trough-crossbedded sand. FK301, AD404, etc. are the sample number in Table 2. T = thickness of the tephra unit. D = averaged maximum diameter of grains in the tephra unit.



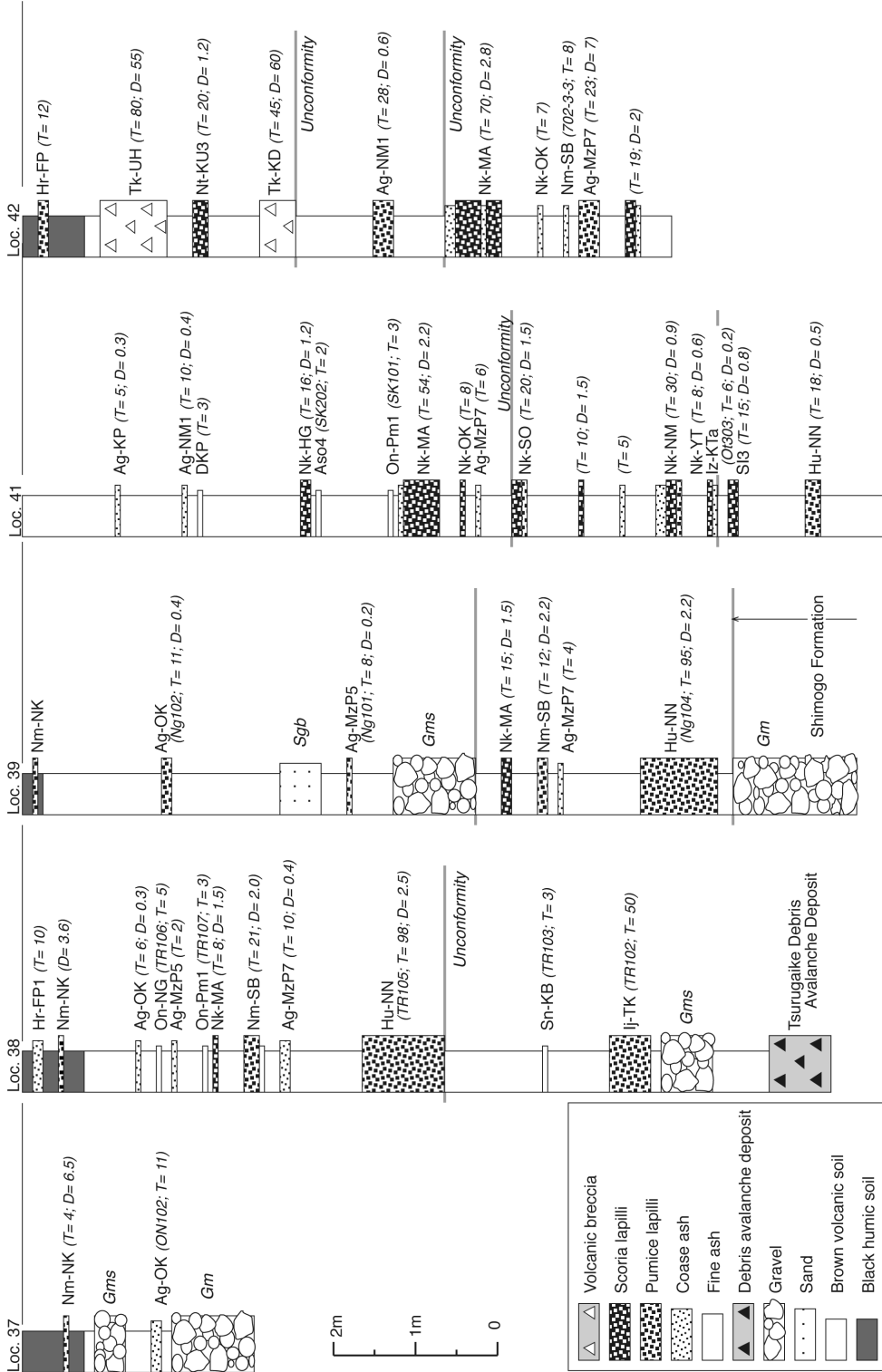
第7図 Loc. 20, 21, 22, 24, 25, 27 及び 28 における露頭柱状図。  
 テフラの名称とその特徴は表1・2を参照のこと。Gms = 基質支持で無級化の礫。KR101, KR301などは表2の試料番号。T = テフラ層の厚さ。  
 D = テフラの平均最大粒径。  
 Fig. 7 Stratigraphic columns at Locs. 20, 21, 22, 24, 25, 27 and 28.  
 See Tables 1 and 2 for the tephra names and its compositions. Gms = matrix-supported, ungraded, massive gravel. KR101, KR301, etc. are the sample number in Table 2. T = thickness of the tephra unit. D = averaged maximum diameter of grains in the tephra unit.





第8図 Loc. 29, 30, 31, 32, 34, 35 及び36 における露頭柱状図。  
 テフラの名称とその特徴は表1・2を参照のこと。Gms = 基質支持で無級化の礫；Gm = 岩片支持で塊状の礫；Sgb = 連続性の悪い平行層理を持つ淘汰が中程度～悪い砂・細礫・中礫。NAS105, NAS106 などは表2の試料番号。T = テフラ層の厚さ。D = テフラの平均最大粒径。

Fig. 8 Stratigraphic columns at Locs. 29, 30, 31, 32, 34, 35 and 36.  
 See Tables 1 and 2 for the tephra names and its compositions. Gms = matrix-supported, ungraded, massive gravel; Gm = clast-supported, massive gravel; Sgb = horizontal but discontinuous bedded, moderately to poorly sorted sand, granules, and pebbles. NAS105, NAS106, etc. are the sample number in Table 2. T = thickness of the tephra unit. D = averaged maximum diameter of grains in the tephra unit.

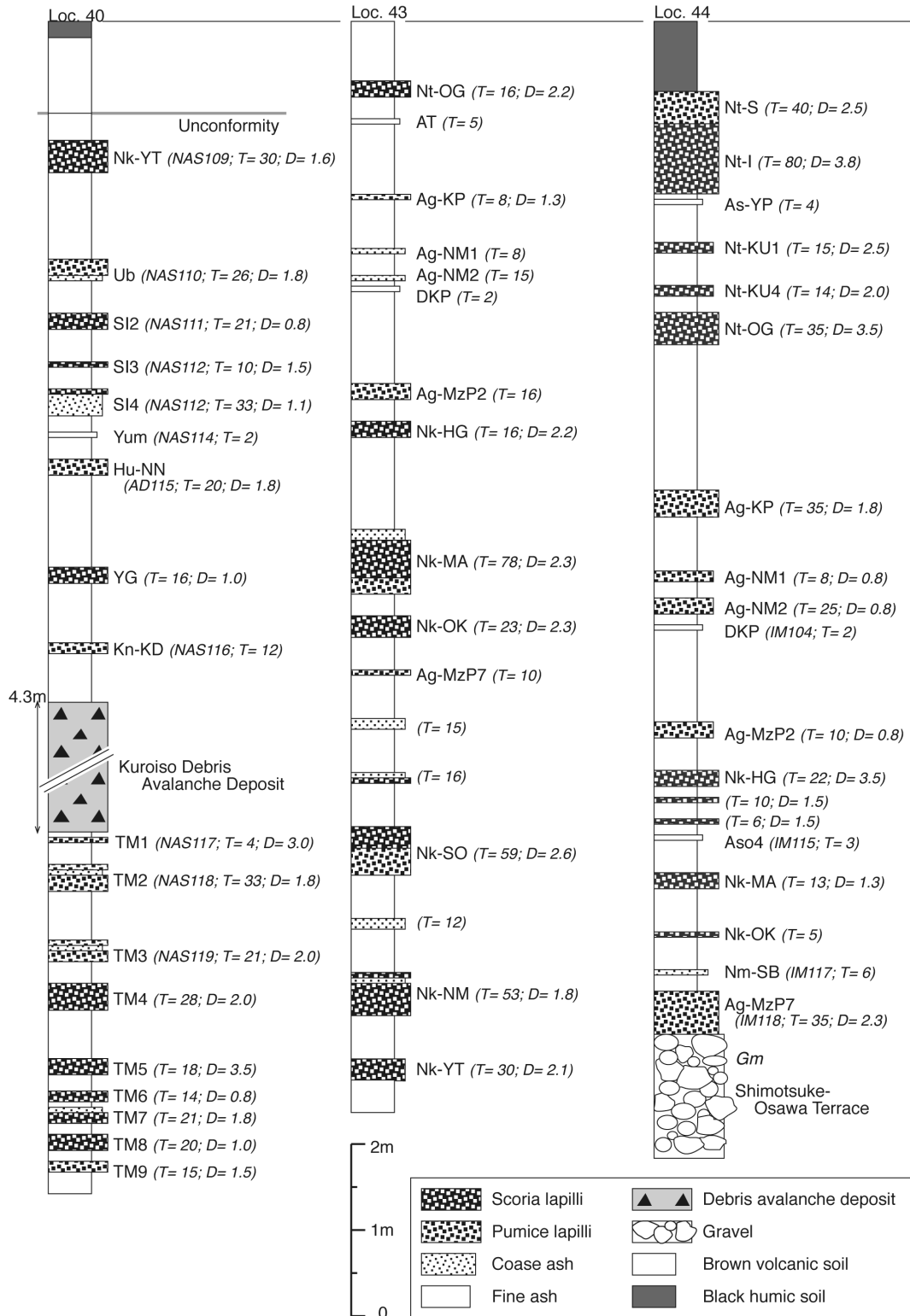


第9図 Loc. 37, 38, 39, 41 及び 42 における露頭柱状図。

テフラの名称とその特徴は表 1・2 を参照のこと。Gms = 基質支持で無級化の礫；Gm = 岩片支持で塊状の礫；Sgb = 連続性の悪い平行層理を持つ淘汰が中程度～悪い砂・細礫・中礫。ON102, TR106 などは表 2 の試料番号。T = テフラ層の厚さ。D = テフラの平均最大粒径。

Fig. 9 Stratigraphic columns at Locs. 37, 38, 39, 41 and 42.

See Tables 1 and 2 for the tephra names and its compositions. Gms = matrix-supported, ungraded, massive gravel; Gm = clast-supported, massive gravel; Sgb = horizontal but discontinuous bedded, moderately to poorly sorted sand, granules, and pebbles. ON102, TR106, etc. are the sample number in Table 2. T = thickness of the tephra unit. D = averaged maximum diameter of grains in the tephra unit.



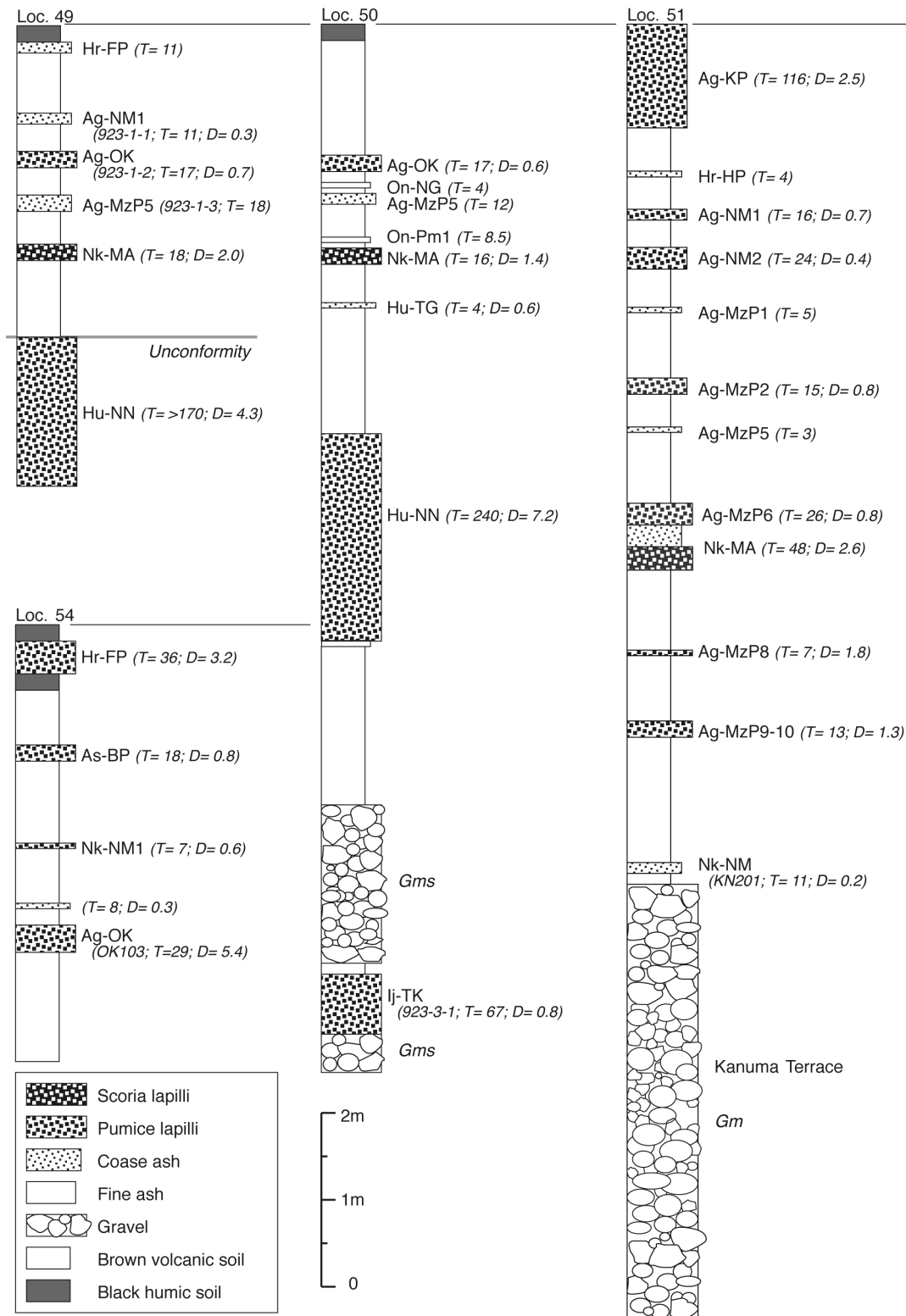
第 10 図 Loc. 40, 43 及び 44 における露頭柱状図。

テフラの名称とその特徴は表 1・2 を参照のこと。Gm = 岩片支持で塊状の礫。NAS109, IM115 など は表 2 の試料番号。T = テフラ層の厚さ。D = テフラの平均最大粒径。

Fig. 10 Stratigraphic columns at Locs. 40, 43 and 44.

See Tables 1 and 2 for the tephra names and its compositions. Gm = clast-supported, massive gravel. NAS109, IM115, etc. are the sample number in Table 2. T = thickness of the tephra unit. D = averaged maximum diameter of grains in the tephra unit.





第11図 Loc. 49, 50, 51 及び 54 における露頭柱状図。

テフラの名称とその特徴は表1・2を参照のこと。Gms = 基質支持で無級化の礫；Gm = 岩片支持で塊状の礫。923-1-1, KN201などは表2の試料番号。T = テフラ層の厚さ。D = テフラの平均最大粒径。

Fig. 11 Stratigraphic columns at Locs. 49, 50, 51 and 54.

See Tables 1 and 2 for the tephra names and its compositions. Gms = matrix-supported, ungraded, massive gravel; Gm = clast-supported, massive gravel. 923-1-1, KN201, etc. are the sample number in Table 2. T = thickness of the tephra unit. D = averaged maximum diameter of grains in the tephra unit.

福島—栃木地域における過去約 30 万年間のテフラの再記載と定量化 (山元)

第 2 表 テフラの特徴.

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.  
A = 本研究, B = 山元 (1995); C = 山元・須藤 (1996); D = 山元 (1999a); E = 山元 (1999b); F = 山元・坂口 (2000); G = 山元 (2003); H = 山元・駒澤 (2004); I = 山元 (2005); J = 山元ほか (2006); K = 吉川ほか (2010).

Table 2. Characteristics of tephra units.

Bt = biotite; Cpx = clinopyroxene; Cum = cummingtonite; Hb = hornblende; Opx = orthopyroxene; Qz = quartz; [ ] = minor component. A = this study; B = Yamamoto (1995); C = Yamamoto and Suto (1996); D = Yamamoto (1999); E = Yamamoto (1999b); F = Yamamoto and Sakaguchi (2000); G = Yamamoto (2003); H = Yamamoto and Komazawa (2004); I = Yamamoto (2005); J = Yamamoto *et al.* (2006); K = Yoshikawa *et al.* (2010). See Figure 1 and Table 3 for outcrop localities. Stratigraphic positions of samples are shown in Figure 3 to 11.

Unit	Sample	Loc.	Mineral composition	Refractive index mode				Ref.
				Glass (n)	Opx ( $\gamma$ )	Hb (n2)	Cum (n2)	
AT	HB101	22	glass >> [Opx, Hb, Cpx, Bt]	1.498-1.501 (100%)	[1.730-1.734 (30%)]			A
Ad-NH	AD404	16	Opx, Cpx, [Hb]	1.509-1.511 (70%)	1.711-1.713 (70%)	[1.678-1.684 (100%)]		F
Bn-HP1	BAN108	24	Opx > Cpx, [Hb]	1.506-1.508 (80%)	1.714-1.717 (80%)			C
Bn-HP1	BAN301	26	Opx > Cpx	1.502-1.505 (90%)	1.714-1.717 (90%)			C
Bn-HP1	AD209	13	Opx > Cpx	1.507	1.714-1.717 (80%)			F
Bn-HP1	KR201	19	Opx > Cpx; [Qz]	1.503-1.506 (70%)	1.713-1.716 (100%)			J
Bn-HP1	TK301	6	Opx > Cpx; [Qz]	1.503-1.506 (70%)	1.713-1.716 (100%)			I
Ag-NM1	NAS106	30	Opx > Cpx, Hb, [Bt]; [Qz]	1.502-1.506 (70%) 1.496-1.498 (20%)	1.704-1.708 (60%)	1.680-1.684 (80%)		E
Ag-NM1	KR301	21	Opx, Hb > Cpx, [Bt]; [Qz]	1.503-1.505 (50%) 1.498-1.501 (40%)	1.703-1.709 (90%)	1.673-1.689 (100%)		A
Ag-NM1	923-1-1	49	Opx > Cpx, Hb	1.500-1.501 (35%) 1.497-1.498 (25%)	1.706-1.708 (60%)	1.680-1.687 (80%)		A
Ag-NM1	KN109	52	Opx > Cpx, Hb; Qz	1.512-1.515 (50%) 1.503-1.507 (30%) 1.496-1.499 (20%)	1.702-1.710 (90%)	1.678-1.685 (90%)		K
DKP	AD207	13	Hb > Opx, [Bt]	1.498-1.500 (50%) 1.506-1.510 (35%)	1.702-1.706 (70%)	1.678-1.681 (60%)		F
DKP	IM104	43	Hb > Opx, [Bt, Ol]	1.499, 1.506	1.702-1.706 (90%)	1.679-1.683 (80%)		K
Nm-MZ	MZ-PF	47	Hb > Cum, Bt, [Opx]; Qz	1.498-1.499 (60%)		1.670-1.673 (80%)	1.659-1.661 (60%)	B
Nm-MZ	YN101	45	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%)	G
Nm-MZ	BAN107	24	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%)	C
Nm-MZ	AM202	35	Hb > Bt, Cum, [Opx]; Qz	1.498-1.499 (60%)		1.672-1.674 (40%)	1.659-1.662 (50%)	G
Nm-MZ	Ht102	28	Bt, Opx, Hb, Cpx; Qz	1.495-1.498 (90%)	1.710-1.714 (70%)			D
Nm-MZ	HB102	22	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%)	G
Nm-MZ	KR101	20	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%)]	G
Nm-MZ	KR202	19	Hb, [Opx, Cum]; Qz	1.495-1.498 (100%)	[1.715-1.717 (100%)]	1.670-1.689 (100%)	[1.660-1.663 (100%)]	G
Nm-MZ	AD206	13	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%)	F
Nm-MZ	TK401	4	Hb > Opx, Bt, Cum, [Cpx]; Qz	1.498-1.500 (80%)	1.705-1.708 (70%)	1.671-1.673 (20%)	1.660-1.662 (60%) 1.679-1.682 (50%)	I
Ag-OK	OK103	54	Opx > Cpx, [Hb]	1.510-1.512 (80%)	1.706-1.708 (50%)	[1.679-1.682 (60%)]		J
Ag-OK	Ng102	39	Opx > Cpx, [Hb]	1.509-1.511 (50%)	1.705-1.709 (90%)	[1.683-1.687 (70%)]		D
Ag-OK	KT102	32	Opx > Cpx, [Hb]	1.510	1.705-1.709 (70%)	[1.680-1.687 (70%)]		J
Ag-OK	ON102	37	Opx > Cpx, [Hb]; [Qz]	1.508-1.509 (60%)	1.705-1.709 (70%)	[1.682-1.686 (60%)]		D
Ag-OK	923-1-2	49	Opx > Cpx, [Hb]	1.507-1.509 (45%)	1.707-1.711 (70%)	[1.684-1.690 (60%)]		A
Ag-OK	KR203	19	Opx > Cpx; [Qz]		1.703-1.707 (70%)			A
Bn-HP2	BAN201	24	Opx > Cpx	1.506-1.508 (80%)	1.714-1.717 (80%)			C
Bn-HP2	AD205	13	Opx > Cpx	1.507-1.511 (90%)	1.711-1.715 (90%)			F
Bn-HP2	AD302	17	Opx > Cpx, [Hb, Bt]	1.505-1.507 (80%)	1.712-1.715 (100%)	[1.682-1.687 (70%)]		F
Bn-HP2	TK101	8	Opx > Hb, Cpx; [Qz]		1.712-1.717 (90%)	[1.665-1.674 (80%)]		I
Bn-HP2	TK302	6	Opx > Cpx, [Hb]; [Qz]		1.715-1.718 (90%)	[1.668-1.671 (100%)]		I
On-NG	TR106	38	Hb > Opx, [Cpx, Bt]	1.502-1.505 (70%)	1.710-1.713 (75%)	1.680-1.684 (60%)		D
On-NG	BAN104	25	Hb > Opx, [Cpx, Bt]	1.504-1.505 (60%)	1.713-1.718 (90%)	1.679-1.682 (70%)		C
On-NG	AD403	16	Opx > Hb, Cpx, [Bt]	1.504-1.506 (60%)	1.712-1.716 (40%)	1.680-1.689 (90%)		F
					1.706-1.709 (30%)			

第2表 (続き)  
Table 2. Continued.

Unit	Sample	Loc.	Mineral composition	Refractive index mode				Ref.
				Glass (n)	Opx ( $\gamma$ )	Hb (n2)	Cum (n2)	
Ag-MzP5	KN105	52	Opx > Cpx, [Hb, Bt]	1.503-1.507 (60%) 1.498-1.500 (30%)	1.706-1.712 (90%)	[1.673-1.684 (50%)] [1.689-1.704 (50%)]	K	
Ag-MzP5	923-1-3	49	Opx > Cpx, Hb	1.502-1.508 (70%)	1.701-1.709 (100%)	1.679-1.683 (50%)	A	
Ag-MzP5	Ng101	39	Opx > Cpx, [Hb]	1.506-1.509 (65%)	1.706-1.710 (70%)	[1.684-1.690 (80%)]	D	
Ag-MzP5	AD204	13	Opx > Cpx, [Hb, Bt]	1.502-1.509 (80%) 1.498-1.499 (30%)	1.708-1.715 (90%)	[1.679-1.685 (70%)] 1.689-1.692 (30%)	F	
Aso4	IM115	44	Opx, Hb > Cpx	1.505-1.509 (100%)	1.698-1.702 (70%)	1.689-1.694 (60%)	E	
Aso4	SK202	41	Opx > Cpx, Hb, [Ol]; [Qz]	1.506-1.508 (80%)	1.698-1.700 (80%)	1.687-1.694 (80%)	A	
On-Pm1	TR107	38	Bt > Hb, Opx, Cpx; [Qz]	1.498-1.501 (60%)	1.701-1.708 (70%)	1.683-1.689 (60%)	D	
On-Pm1	NAS107	30	Bt > Opx, Hb, Cpx	1.501-1.502 (80%)	1.704-1.710 (70%)	1.681-1.689 (80%)	E	
On-Pm1	SK201	41	Bt > Opx, Hb, [Cpx]; Qz	1.500-1.502 (100%)	1.700-1.703 (50%) 1.706-1.709 (30%)	1.675-1.699 (100%)	A	
Nk-MA	NAS108	30	Opx > Cpx		1.702-1.707 (60%)		E	
Nm-SB	Nm-SR	48	Bt > Hb, Cum; Qz	1.497-1.500 (100%)		1.671-1.692 (100%) 1.661-1.667 (100%)	G	
Nm-SB	AM102	35	Hb > Bt, [Cum]; Qz	1.496-1.498 (90%)		1.681-1.687 (70%) 1.674-1.676 (10%)	E	
Nm-SB	NT102	34	Bt, Hb, [Cum, Opx]; Qz	1.496-1.499 (60%)		1.674-1.678 (50%) [1.664-1.667 (80%)] 1.684-1.688 (40%)	G	
Nm-SB	KM101	36	Bt > Hb, [Cum]; Qz	1.496-1.497 (70%)		1.682-1.685 (30%) [1.661-1.665 (70%)] 1.673-1.675 (20%)	E	
Nm-SB	Ht106	28	Bt > Hb; Qz	1.497-1.498 (60%)		1.680-1.689 (60%) 1.673-1.676 (30%)	D	
Nm-SB	NAS105	29	Hb > Bt, [Cum, Opx, Cpx]; Qz	1.496-1.498 (70%)	[1.703-1.708 (70%)]	1.675-1.687 (100%)	E	
Nm-SB	IM117	44	Hb > Bt, [Opx, Cpx]; Qz	1.499-1.502 (100%)	[1.708-1.711 (70%)]	1.678-1.692 (90%)	E	
Nm-SB	KR102	20	Bt > Hb, [Cum]; Qz	1.497		1.673-1.688 (95%) [1.660-1.666 (100%)]	A	
Nm-SB	702-3-3	42	Hb > Bt, Opx, Cpx, [Cum]; Qz	1.498-1.500 (90%)	1.717-1.723 (80%)	1.675-1.690 (100%)	A	
Ft-HT3	Ht107	28	Opx > Cpx, [Bt]	1.504	1.705-1.710 (60%)		D	
Ad-DK	AD101	15	Opx, Cpx	1.503-1.504 (70%)	1.713-1.716 (80%)		F	
Ad-DK	AD102	13	Opx > Cpx	1.503-1.504 (80%)	1.713-1.716 (80%)		F	
Ad-DK	AD103	23	Opx > Cpx	1.503-1.505 (80%)	1.711-1.714 (70%)		F	
Ad-DK	TK102	8	Cpx > Opx, [Hb]		1.713-1.716 (90%)	[1.675-1.679 (100%)]	I	
Ad-DK	TK303	6	Cpx > Opx		1.713-1.716 (90%)		I	
Ad-DK	Hm101	1	Opx > Cpx	1.502-1.504 (90%)	1.712-1.714 (90%)		A	
Ad-DK	Hm204	2	Opx > Cpx, [Hb]	1.503-1.506 (90%)	1.714-1.718 (50%) 1.701-1.707 (40%)	[1.674-1.685 (70%)] [1.688-1.693 (20%)]	I	
Ag-MzP7	IM118	44	Opx > Hb	1.502, 1.511	1.706-1.709 (70%)	1.677-1.681 (40%)	E	
Ag-MzP7	Hm203	2	Hb > Opx, [Bt]; [Qz]	1.497-1.502 (60%) 1.504-1.508 (40%)	1.702-1.708 (100%)	1.679-1.683 (80%)	K	
t5	Hm202	2	Opx > Cpx, Hb, Bt	1.512-1.515 (80%)	1.703-1.720 (80%) 1.734-1.737 (20%)	1.681-1.694 (70%) 1.670-1.676 (30%)	A	
Hw-TG	NAS104	29	Opx > Bt, Cpx, [Hb]; Qz	1.496-1.499 (90%)	1.710-1.715 (60%)	[1.675-1.682 (80%)]	E	
Hw-TG	Ht108	28	Opx > Hb, Cpx, Bt; Qz	1.495-1.500 (100%)	1.709-1.715 (70%)		A	
Hw-TG	KR104	20	Bt, [Opx, Hb, Cum]; Qz	1.496-1.498 (60%)		[1.673-1.686 (100%)] [1.660-1.665 (100%)]	A	
Hw-TG	AD304	17	Bt > Opx, Hb, [Cum]; Qz		1.705-1.708 (60%)	1.668-1.692 (100%)	A	
Hw-TG	AD401	16	Opx > Cpx, [Hb, Bt]; Qz	1.493-1.495 (40%)	1.714-1.717 (80%)	[1.686-1.691 (50%)]	F	
Hw-TG	Fk601	3	Bt > Hb, Opx, [Cpx]; Qz	1.494-1.496 (50%) 1.497-1.498 (30%)	1.700-1.722 (100%)	1.670-1.690 (80%)	I	
Hw-TG	Hm201	2	Hb, Bt > Opx, [Cpx, Cum]; Qz	1.493-1.502 (80%)	1.698-1.742 (100%)	1.673-1.699 (100%) [1.656-1.659 (40%)] [1.663-1.667 (60%)]	H	



福島—栃木地域における過去約 30 万年間のテフラの再記載と定量化 (山元)

第 2 表 ( 続き )

Table 2. Continued.

Unit	Sample	Loc.	Mineral composition	Refractive index mode				Ref.
				Glass (n)	Opx ( $\gamma$ )	Hb (n2)	Cum (n2)	
Az-SK	Fk201	12	Opx > Cpx	1.510-1.512 (60%)	1.713-1.716 (90%)			I
Az-SK	AD305	17	Opx > Cpx, [Hb, Bt]; [Qz]		1.714-1.718 (70%)	[1.672-1.682 (55%)]		A
					1.708-1.711 (25%)	[1.686-1.692 (40%)]		
Az-SK	AD801	18	Opx > Cpx	1.509-1.513 (70%)	1.713-1.716 (100%)			A
				1.504-1.507 (30%)				
Az-SK	Fk402	10	Opx > Cpx	1.510-1.512 (80%)	1.713-1.716 (90%)			I
Az-SK	TK304	6	Opx > Cpx, [Hb, Cum]; [Qz]		1.713-1.716 (90%)	[1.671-1.702 (100%)]	[1.663-1.665 (100%)]	I
Az-SK	Fk602	3	Opx > Cpx, [Hb, Bt]	1.510-1.512 (60%)	1.706-1.718 (100%)	[1.675-1.689 (60%)]		I
				1.504-1.508 (30%)		[1.706-1.711 (20%)]		
Nk-NM	KN201	51	Opx > Cpx, [Hb]		1.704-1.713 (90%)	[1.673-1.695 (100%)]		K
Nk-NM	Ot201	31	Opx > Hb, Cpx; [Qz]		1.707-1.713 (90%)	[1.676-1.681 (80%)]		A
Nk-YT	NAS109	40	Opx > Cpx, [Hb]		1.703-1.708 (60%)	[1.675-1.680 (30%)]		E
Az-FK	Fk101	11	Opx > Cpx	1.504-1.505 (90%)	1.716-1.719 (90%)			I
Az-FK	AD306	17	Opx > Cpx		1.715-1.721 (100%)			F
Az-FK	TK103	8	Opx > Cpx; [Qz]		1.715-1.718 (70%)			I
					1.720-1.721 (30%)			
Az-FK	TK201	7	Opx > Cpx, [Hb]; [Qz]	1.502-1.504 (80%)	1.719-1.722 (90%)	[1.671-1.701 (100%)]		I
					1.713-1.714 (10%)			
Az-FK	Fk501	5	Opx > Cpx, [Ol, Hb]	1.502-1.504 (100%)	1.718-1.722 (90%)	[1.667-1.674 (100%)]		I
Az-FK	Fk603	3	Opx > Cpx, [Hb, Bt, Ol]; [Qz]	1.503-1.506 (60%)	1.714-1.719 (100%)	[1.667-1.713 (100%)]		I
Iz-Kta	Ot303	41	Hb, [Cpx, Opx]; Qz		[1.701-1.712 (50%)]	1.673-1.685 (90%)		A
					[1.717-1.721 (30%)]			
Iz-Kta	Ot202	31	Hb > Opx, [Cpx]; Qz	1.497-1.505 (90%)	1.708-1.713 (90%)	1.675-1.684 (100%)		A
Iz-Kta	NAS103	29	Hb > Opx, [Bt, Cum]; Qz	1.499-1.501 (80%)	1.710-1.713 (90%)	1.675-1.677 (60%)		E
Iz-Kta	TK305	6	Hb > Opx, [Cpx, Cum, Bt]; Qz		1.708-1.716 (90%)	1.674-1.677 (100%)	[1.663-1.664 (80%)]	I
Ub	NAS110	40	Opx > Cpx	1.515-1.516 (70%)	1.708-1.711 (90%)			E
Ub	Ot203	31	Opx > Cpx, [Bt, Hb, Ol]; [Qz]		1.706-1.712 (80%)	[1.681-1.693 (90%)]		A
OrP	604-2-1	29	Opx > Cpx, [Hb]		1.702-1.708 (90%)			E
SI2	NAS111	40	Opx > Cpx		1.705-1.712 (80%)			E
SI3	NAS112	40	Opx > Cpx, [Hb]		1.700-1.703 (60%)	[1.684-1.690 (60%)]		E
SI4	NAS113	40	Opx > Cpx, [Hb]		1.709-1.712 (50%)	[1.674-1.706 (100%)]		E
Yum	NAS114	40	Hb > Opx, [Cpx, Bt]		1.709-1.711 (40%)	1.687-1.692 (50%)		E
Hu-NN	HwNN	53	Opx	1.504-1.505 (95%)	1.707-1.708 (40%)			E
Hu-NN	Ng104	39	Opx > Cpx, [Hb]	1.504-1.505 (80%)	1.706-1.708 (50%)			D
Hu-NN	TR105	38	Opx > Cpx, [Hb, Bt]	1.503-1.504 (65%)				D
Hu-NN	Ht109	28	Opx > Cpx, [Hb]	1.504-1.505 (80%)	1.706-1.707 (40%)	[1.682-1.685 (50%)]		D
Hu-NN	NAS115	40	Opx > Cpx	1.503-1.504 (60%)	1.704-1.708 (90%)			E
Sn-KB	KB-PF	46	Bt, [Cum, Opx]; Qz	1.4968-1.4970 (80%)			[1.670-1.673 (50%)]	C
Sn-KB	NT101	34	Bt, [Hb, Opx, Cum]; Qz	1.495-1.498 (80%)	[1.708-1.710 (80%)]	[1.674-1.691 (90%)]		H
Sn-KB	TR103	38	Bt; Qz	1.496-1.498 (100%)				E
Sn-KB	601-2-2	27	Bt, [Hb, Opx]; Qz	1.496-1.498 (90%)				E
Sn-KB	BAN103	25	Bt, [Cum]; Qz	1.496-1.499 (100%)				C
Sn-KB	AD308	18	Bt, [Hb, Cum, Opx]; Qz	1.496-1.498 (80%)		[1.666-1.683 (100%)]		E
Sn-KB	AD212	13	Bt, [Hb, Cum]; Qz	1.496-1.499 (80%)		[1.668-1.683 (100%)]	[1.657-1.659 (60%)]	E
						[1.666-1.669 (40%)]		
Sn-KB	FK301	14	Bt, [Hb, Cum]; Qz	1.493-1.499 (100%)		[1.670-1.681 (70%)]	[1.663-1.667 (100%)]	A
Sn-KB	FK103	11	Bt, [Hb, Opx, Cum]; Qz	1.496		[1.675-1.681 (90%)]	[1.662-1.665 (100%)]	A

第2表 (続き)

Table 2. Continued.

Unit	Sample	Loc.	Mineral composition	Refractive index mode			Ref.
				Glass (n)	Opx (γ)	Hb (n2)	
Kn-KD	NAS116	40	Hb, [Opx]; Qz		[1.710-1.712 (50%)]	1.676-1.680 (70%)	E
IZ2	603-1-1	21	Opx > Hb		1.706-1.708 (60%)	1.670-1.689 (100%)	E
TM1	603-1-2	21	Hb > Opx, [Bt]; Qz		1.706-1.711 (90%)	1.672-1.689 (100%)	E
TM1	NAS117	40	Hb, Opx, Cpx		1.704-1.712 (90%)	1.676-1.680 (60%)	E
TM2	NAS118	40	Bt, [Opx]; Qz		[1.705-1.712 (70%)]		E
TM3	NAS119	40	Opx		1.694-1.701 (40%) 1.714-1.721 (40%)		E
Ij-TK	923-3-1	50	Hb > Cum, [Bt]			1.673-1.675 (60%) 1.664-1.666 (60%)	E
Ij-TK	TR102	38	Hb > Cum; Qz			1.672-1.675 (80%) 1.663-1.665 (90%)	E
Ij-TK	TK104	8	Hb > Cum, [Bt]; Qz	1.497-1.500 (100%)		1.672-1.678 (90%) 1.662-1.668 (90%)	I
Sn-SK	SK-PF	33	Bt; [Qz]	1.497-1.498 (100%)			C
Sn-SK	FK401	14	Bt, [Hb, Opx]; Qz	1.497-1.501 (90%)	[1.700-1.704 (40%)] [1.673-1.679 (80%)] [1.712-1.716 (40%)]		A
Sn-SK	AD216	13	Bt, [Hb]; Qz	1.497		[1.669-1.671 (30%)]	A
Sn-SK	FK105	11	Bt, [Hb]; [Qz]			[1.666-1.672 (50%)] [1.684-1.694 (50%)]	A

の産物で、東へ向かう降下火砕堆積物からなる (Fig. 13 ; Yamamoto, 2005). 福島市から大玉村にかけての伏拝・山崎岩屑なだれ堆積物の上位 (Locs. 11, 13, 17 & 18 ; Figs. 5 & 6) や、阿武隈山地内の高位段丘の厚い被覆風成火山灰土 (Locs. 3, 5, 7, 8, 10 & 12 ; Figs. 3, 4 & 5) 中において、Az-SK の下位の層準に挟まれている。本テフラの岩質は斜方輝石単斜輝石デイサイト (Table 2), 長径 1 mm 前後の斜長石・斜方輝石・単斜輝石の結晶片に富む淘汰の良い基質に径 1 cm 以下の軽石火山礫が含まれている。阿武隈山地内の Locs. 3, 5 & 7 の本テフラには普通角閃石や屈折率のやや低い (1.713-1.714) 斜方輝石が混在するが、これはほぼ同じ層準にある Iz-KTa に由来するものである可能性が大きい (Table 2)。反対に Loc. 6 の Iz-KTa (TK305) には屈折率のやや高い (1.715-1.716) 斜方輝石が混在しており、これらは本テフラに由来するものである可能性が大きい。このように両テフラは土壌化した火山灰土中のほぼ同じ層準にあるため、堆積後の擾乱により混合が進んだものとみられる。本テフラに吾妻火山東山麓での層厚は 75 cm 以上で、給源位置を吾妻火山東部の浄土平付近とすると、32-64 cm 等層厚線が囲む面積 (Table 4) を用いた降下火砕堆積物の最小体積は約  $9 \times 10^{-1} \text{ km}^3$  (堆積物の平均密度を  $800 \text{ kg/m}^3$  として岩石換算最小体積は約  $3 \times 10^{-1} \text{ km}^3$  DRE, 最小質量は約  $7 \times 10^{11} \text{ kg}$ ) である。この規模の噴火では給源に何らかの地形的痕跡が残されると考えられ、浄土平の北—西縁を限る浄土平爆裂カルデラ (藤縄・鴨志田, 1999) がその候補として有力である。

### 3.3 吾妻火山のマグマ噴出量

吾妻火山の過去 30 万年間のマグマ噴出量時間変化を、浄土平火山噴出物 (山元, 2005), Az-SK, Az-FK のデータを元に Fig. 14 に示した。浄土平火山噴出物のほとんどは、約 1,000 年間継続した小富士ユニットのブルカノ式噴火で噴出している。また、Az-SK・Az-FK プリニー式噴火のマグマ体積の合計と、浄土平火山噴出物のマグマ体積の合計はほぼ同程度で、間には約 10 万年の休止期が存在する。ただし、前述のように個々の山体の層序関係や形成時期の詳細は不明な点が多いため、浄土平火山よりも古い噴出物の見落としの可能性もある。

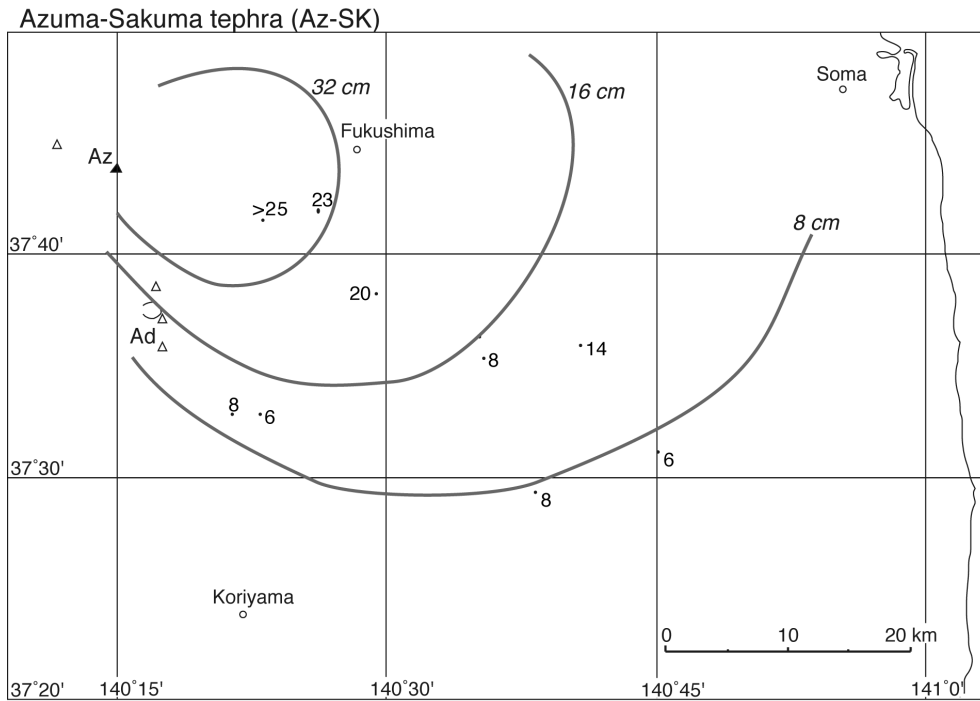
## 4. 安達太良火山

安達太良火山は、福島市南西の火山フロント上に位置する東西 12 km, 南北 15 km の成層火山である (Fig. 1)。その山体は、55 万年前や 44 万年前の先駆的活動のあと、35 万年前頃に前岳山頂部から和尚山にかけての山体が形成され、25 ~ 20 万年前には箕輪山から安達太良山の厚い安山岩溶岩流からなる主要山体が形成された (藤縄ほか, 2001 ; 藤縄・鎌田, 2005)。また後者の山体形成に伴い東山麓には安達太良水原テフラ群 (Ad-MH1 ~ 6) が堆積している (山元・阪口, 2000)。その後、休止期を挟んで約 12 万年前に山体中央部の沼ノ平火口で岳プリニー式噴火が発生し、山麓には湯川・沼尻火砕流が堆積した (山元・阪口, 2000)。岳噴火以降は沼ノ平火口からテフラ噴火が繰り返され、安達太良最新期テフラ群が噴出している。このテフラ群は下位から、約 11 万年前の

福島—栃木地域における過去約 30 万年間のテフラの再記載と定量化 (山元)

第 3 表 露頭位置一覧  
Table 3. List of outcrops.

No.		1/5万図幅	Latitude	Longitude
1	福島県南相馬市鹿島区南海老	相馬中村	37° 42' 40"N	141° 00' 39"E
2	福島県南相馬市原町区塚原	原町及び大甕	37° 34' 33"N	141° 01' 33"E
3	福島県伊達郡川俣町山木屋	川俣	37° 36' 06"N	140° 40' 32"E
4	福島県田村市船引町風超峠	川俣	37° 31' 38"N	140° 41' 13"E
5	福島県二本松市針道	川俣	37° 35' 36"N	140° 35' 15"E
6	福島県田村市船引町南移	常葉	37° 29' 39"N	140° 38' 17"E
7	福島県田村市船引町西向	常葉	37° 27' 48"N	140° 37' 41"E
8	福島県田村郡小野町杉内	常葉	37° 20' 15"N	140° 34' 31"E
9	福島県いわき市差塩	小野新町	37° 10' 55"N	140° 42' 52"E
10	福島県福島市小田	福島	37° 42' 14"N	140° 26' 03"E
11	福島県福島市蓬萊町二丁目	福島	37° 41' 39"N	140° 28' 04"E
12	福島県福島市松川町佐久間	二本松	37° 38' 33"N	140° 29' 11"E
13	福島県二本松市鉄扇町山ノ入ダム	二本松	37° 37' 52"N	140° 25' 00"E
14	福島県二本松市安達ヶ原	二本松	37° 35' 18"N	140° 28' 25"E
15	福島県二本松市安達太良山山頂	二本松	37° 37' 16"N	140° 17' 17"E
16	福島県二本松市皿久保	二本松	37° 34' 30"N	140° 20' 48"E
17	福島県安達郡大玉村宮ノ前	二本松	37° 32' 57"N	140° 22' 40"E
18	福島県安達郡大玉村中谷地	二本松	37° 32' 58"N	140° 21' 13"E
19	福島県郡山市日和田町芳池	郡山	37° 27' 27"N	140° 22' 38"E
20	福島県郡山市三穂田町住ノ内	郡山	37° 20' 56"N	140° 15' 35"E
21	福島県西白河郡泉崎村踏瀬	須賀川	37° 11' 19"N	140° 17' 10"E
22	福島県耶麻郡北塩原村早稲沢	吾妻山	37° 43' 55"N	140° 04' 32"E
23	福島県耶麻郡猪苗代町大原	磐梯山	37° 37' 21"N	140° 11' 30"E
24	福島県耶麻郡猪苗代町猪苗代スキー場	磐梯山	37° 34' 37"N	140° 06' 02"E
25	福島県耶麻郡猪苗代町諏訪前	磐梯山	37° 33' 56"N	140° 05' 34"E
26	福島県耶麻郡猪苗代町更科	磐梯山	37° 33' 34"N	140° 01' 21"E
27	福島県須賀川市長沼	長沼	37° 18' 02"N	140° 12' 14"E
28	福島県岩瀬郡天栄村羽鳥	長沼	37° 17' 18"N	140° 03' 43"E
29	栃木県那須郡那須町矢の目ダム	白河	37° 04' 20"N	140° 08' 52"E
30	栃木県那須郡那須町豊原	白河	37° 03' 23"N	140° 09' 12"E
31	栃木県大田原市鹿畑	大田原	36° 50' 31"N	140° 03' 41"E
32	福島県喜多方市雄国	喜多方	37° 37' 28"N	139° 57' 01"E
33	福島県大沼郡会津美里町佐賀瀬川	喜多方	37° 30' 25"N	139° 48' 44"E
34	福島県大沼郡会津美里町佐賀瀬川	喜多方	37° 30' 18"N	139° 48' 32"E
35	福島県大沼郡会津美里町旭三寄	会津若松	37° 25' 55"N	139° 49' 56"E
36	福島県会津若松市上三寄	会津若松	37° 24' 21"N	139° 56' 00"E
37	福島県南会津郡下郷町大内	田島	37° 19' 13"N	139° 51' 59"E
38	福島県南会津郡下郷町鶴ヶ池	田島	37° 13' 14"N	139° 51' 51"E
39	福島県南会津郡南会津町長野	田島	37° 12' 52"N	139° 49' 48"E
40	栃木県那須塩原市戸室山	塩原	36° 58' 03"N	139° 59' 07"E
41	栃木県那須塩原市東赤田	塩原	36° 54' 49"N	139° 58' 20"E
42	栃木県那須塩原市上の原	塩原	36° 57' 44"N	139° 48' 23"E
43	栃木県塩谷郡塩谷町荻久保	矢板	36° 47' 55"N	139° 51' 58"E
44	栃木県日光市大室ダム	矢板	36° 43' 07"N	139° 45' 06"E
45	福島県大沼郡柳津町塩野	宮下	37° 28' 50"N	139° 44' 41"E
46	福島県大沼郡柳津町松ヶ下	宮下	37° 28' 01"N	139° 43' 28"E
47	福島県大沼郡三島町湯ノ平	宮下	37° 28' 02"N	139° 35' 38"E
48	福島県大沼郡金山町尻吹峠	宮下	37° 27' 14"N	139° 32' 17"E
49	福島県南会津郡南会津町中山峠	糸沢	37° 05' 49"N	139° 40' 39"E
50	福島県南会津郡南会津町高杖スキー場	糸沢	37° 06' 28"N	139° 37' 06"E
51	栃木県鹿沼市坂荷畑	鹿沼	36° 39' 11"N	139° 42' 35"E
52	栃木県鹿沼市富岡	鹿沼	36° 36' 35"N	139° 44' 02"E
53	福島県南会津郡檜枝岐村七入	燧ヶ岳	36° 59' 07"N	139° 20' 13"E
54	群馬県沼田市道具	片品	36° 42' 24"N	139° 13' 02"E

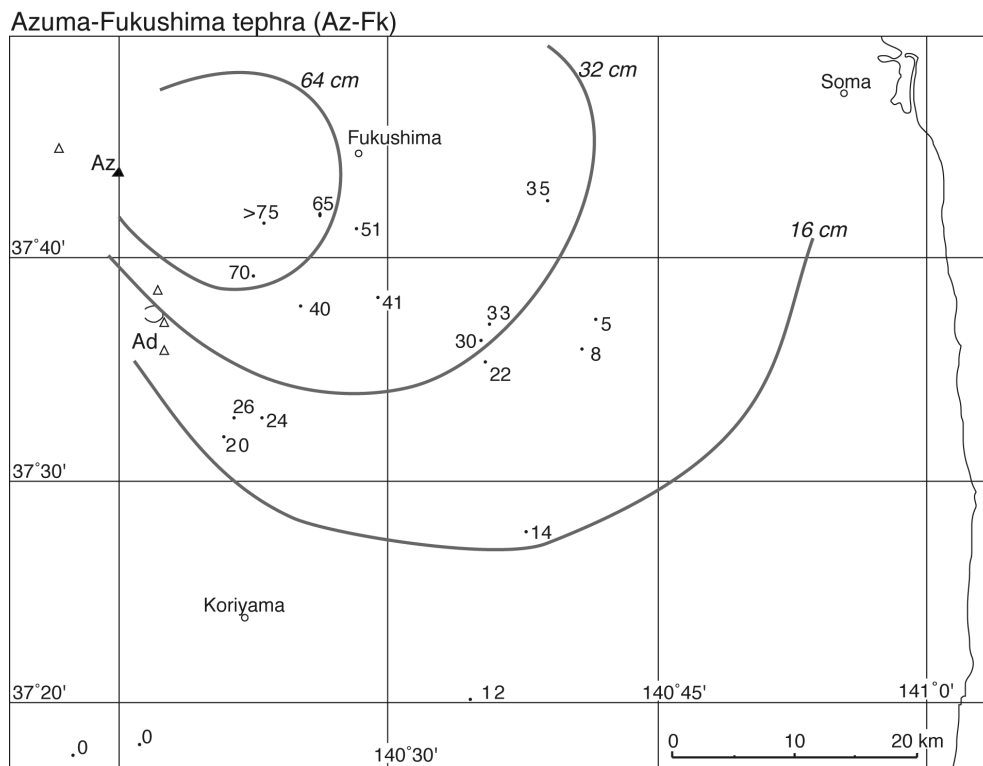


第12図 吾妻佐久間テフラ (Az-SK) の分布.

数字は降下火砕堆積物の層厚で、単位は cm. Ad = 安達太良火山; Az = 吾妻火山.

Fig. 12 Distribution of the Azuma-Sakuma tephra (Az-SK).

Numerals are measured thickness of the pyroclastic fall deposit in centimeters. Ad = Adatarata volcano; Az = Azuma volcano.

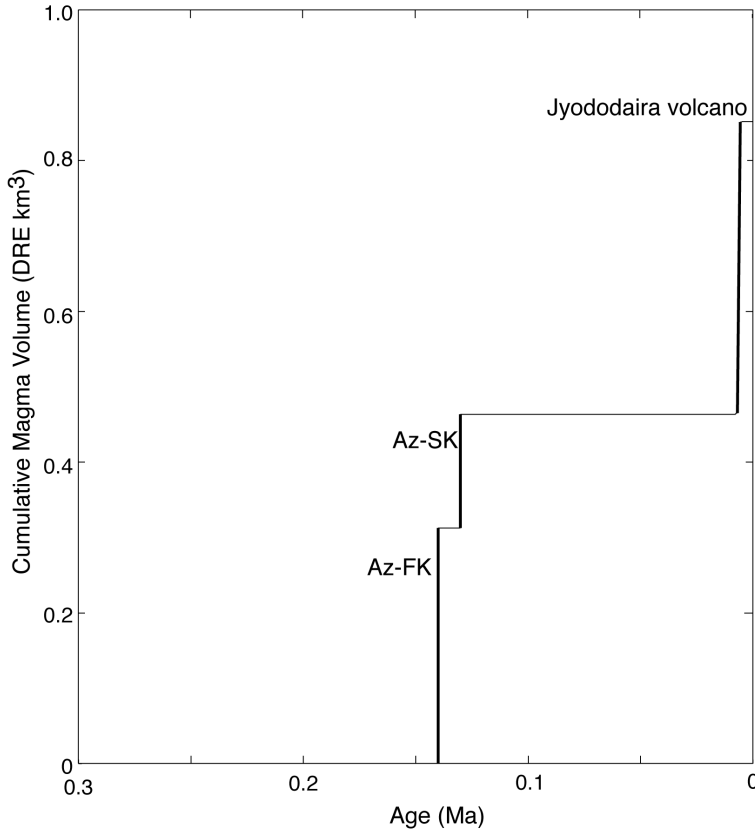


第13図 吾妻福島テフラ (Az-FK) の分布.

数字は降下火砕堆積物の層厚で、単位は cm. Ad = 安達太良火山; Az = 吾妻火山.

Fig. 13 Distribution of the Azuma-Fukushima tephra (Az-FK).

Numerals are measured thickness of the pyroclastic fall deposit in centimeters. Ad = Adatarata volcano; Az = Azuma volcano.



第 14 図 吾妻火山噴出物の時間積算マグマ体積。  
*Az-FK* = 吾妻福島テフラ；*Az-SK* = 吾妻佐久間テフラ。  
 Fig. 14 Cumulative magma volume versus age for the products of Azuma volcano.  
*Az-FK* = Azuma-Fukushima tephra; *Az-SK* = Azuma-Sakuma tephra.

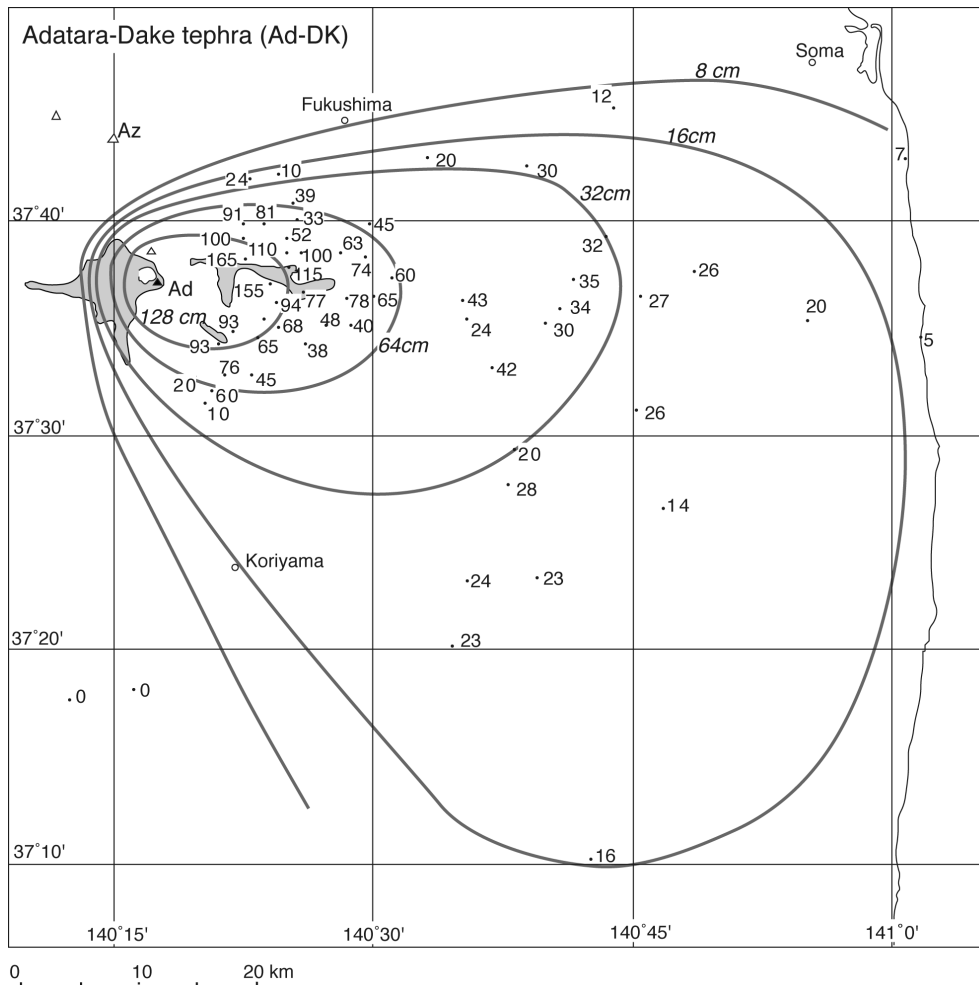
安達太良松川テフラ (Ad-MT), 約 10 万年前の安達太良佐原テフラ (Ad-SH), 約 9 万年前の安達太良えびす 1 テフラ (Ad-EB1), 約 8 万年前の安達太良えびす 2 テフラ (Ad-EB2), 約 6 万年前の安達太良えびす 3 テフラ (Ad-EB3), 約 4.8 万年前の安達太良えびす 4 テフラ (Ad-EB4), 約 4 万年前の安達太良二本松テフラ (Ad-NH), 約 3.5 万年前の安達太良十文字テフラ (Ad-JM), 約 1 万年前以降の安達太良沼ノ平テフラ群 (Ad-NT) からなる (山元・阪口, 2000). 今回の報告では, テフラの層序そのものには修正はないものの, 山元・阪口 (2000) が記載した二本松市皿久保 (Loc.16; Fig. 6) では, 皿久保テフラが御岳奈川テフラ (On-NG) に同定され直したことにより, 従来の Ad-EB1 と Ad-ED2 を, Ad-EB3 と Ad-ED4 に修正する必要がある. また, これにより山元・阪口 (2000) が見積もった Ad-EB3 と Ad-ED4 の DRE 体積を倍増する必要がある.

#### 4.1 安達太良岳テフラ (Ad-DK)

Kimura (1996) 命名. 模式地は安達太良山山頂 (Loc. 15; 表紙写真). 安達太良火山の沼ノ平火口で約 12 万年前に起きた大規模なブリニー式噴火の産物で, 斜方輝石単斜輝石デイサイト-安山岩の降下火砕堆積物と火砕流堆積物 (湯川及び沼尻火砕流堆積物; 阪口, 1995) からなる (山元・阪口, 2000). デイサイトと安山岩は斑晶組み合わせで大きな違いはないものの, 前者は繊維状に良

く発泡したガラス質石基をもつ白-肌色の軽石, 後者はハイアロオフィティック組織の石基を持つ暗灰-黒色スコリアとして産し, 両者は時に混合して縞状軽石をつくっている. テフラの下部はデイサイトが卓越し, 中間部を境に上部で安山岩の割合が急増する. 降下火砕堆積物は山頂部の沼ノ平火口周辺 (層厚 10.5 m) から, 安達太良火山東山麓を経て, 福島県の太平洋岸までその分布が追跡でき (Fig. 15), 山麓部の伏拝・山崎岩屑なだれ堆積物の上位 (Locs. 13, 16, 17 & 18; Figs. 5 & 6) や, 阿武隈山地内の高位段丘の厚い被覆風成火山灰土 (Locs. 3, 5, 6, 7, 8, 9, 12 & 14; Figs. 3, 4, 5 & 6), MIS 5e に離水した浜通りの小浜段丘 (鈴木, 1999) の被覆風成火山灰土 (Locs. 1 & 2; Fig. 3) 中の Hu-TG・Nm-SB 間に挟まれている. 山麓から遠方に分布する降下火砕堆積物のほとんどはデイサイト軽石火山礫からなり, 極めて淘汰が良い. また, 堆積物には逆級化が認められ, 基底層は粗粒火山灰からなる. 今回データを加え再作成した降下火砕堆積物の等層厚線と面積の関係から遠方部の層厚分布を外挿して (Fig. 16), その体積を積算すると約  $2 \times 10^0 \text{ km}^3$  (堆積物の平均密度を  $800 \text{ kg/m}^3$  として岩石換算体積は約  $7 \times 10^{11} \text{ km}^3 \text{ DRE}$ , 質量は約  $2 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) となった. この値は 16-32-64-128 cm 等層厚線が囲む面積 (Table 4) を用いた降下火砕堆積物の最小体積約  $1 \times 10^0 \text{ km}^3$  の倍であり, 降下堆積物の真の体積が同手法による最小体積の数倍であるとする Legros (2000) の主張とよく合う. 本テフ





第15図 安達太良岳テフラ (Ad-DK) の分布.

数字は降下火砕堆積物の層厚で、単位は cm. Ad = 安達太良火山; Az = 吾妻火山. 山元・阪口 (2000) を一部改変.

Fig. 15 Distribution of the Adataro-dake tephra (Ad-DK). Numerals are measured thickness of the pyroclastic fall deposit in centimeters. Ad = Adataro volcano; Az = Azuma volcano. Modified from Yamamoto and Sakaguchi (2000).

ラの火砕流堆積物の岩石換算体積は約  $1 \times 10^0 \text{ km}^3$  DRE (質量は約  $2 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) であるので (山元・阪口, 2000), 降下火砕堆積物と合わせた総体積は約  $2 \times 10^0 \text{ km}^3$  DRE (総質量は約  $4 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) となる.

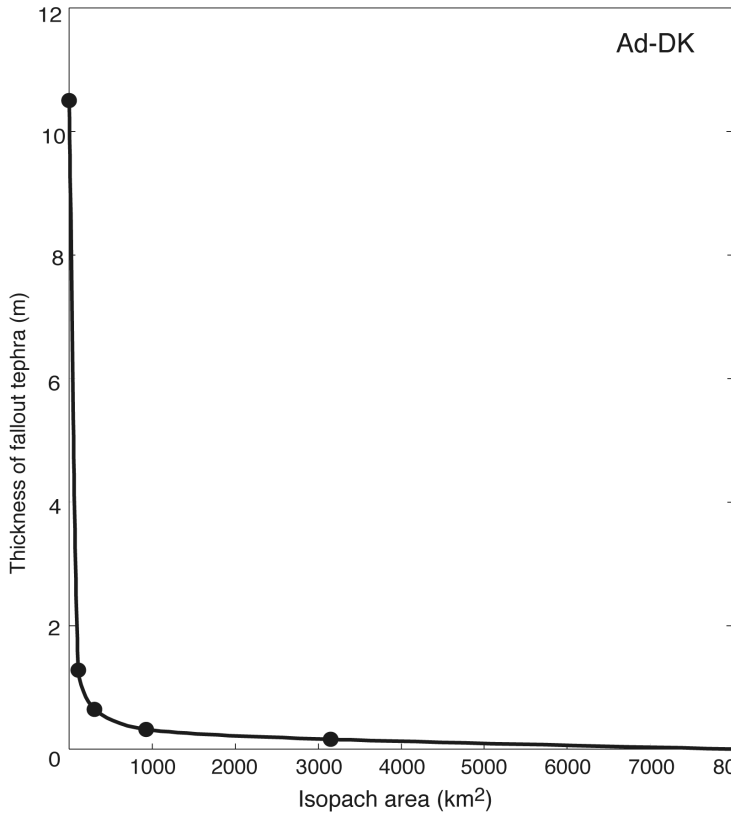
#### 4.2 安達太良火山のマグマ噴出量

安達太良火山のマグマ噴出量の時間変化については、山元・阪口 (2000) が既に明らかにしている。しかしながら、前述のように Ad-DK・Ad-EB3・Ad-ED4 の体積見積もりに修正を加えており、その結果を Fig. 17 に反映させている。また、この時間変化図では、35 万年前頃 (ステージ 2; 藤縄・鎌田, 2005) と 25 ~ 20 万年前 (ステージ 3a; 藤縄・鎌田, 2005) の山体の体積に、梅田ほか (1999) の値 ( $3.4 \text{ km}^3$ ,  $7.6 \text{ km}^3$ ) を用いている。各ステージの間には明瞭な休止期が認められるほか、ステージ毎に平均的なマグマ供給率が異なっていたこともグラフからは明らかである。また、Ad-DK の噴火はステージ 3a の開始

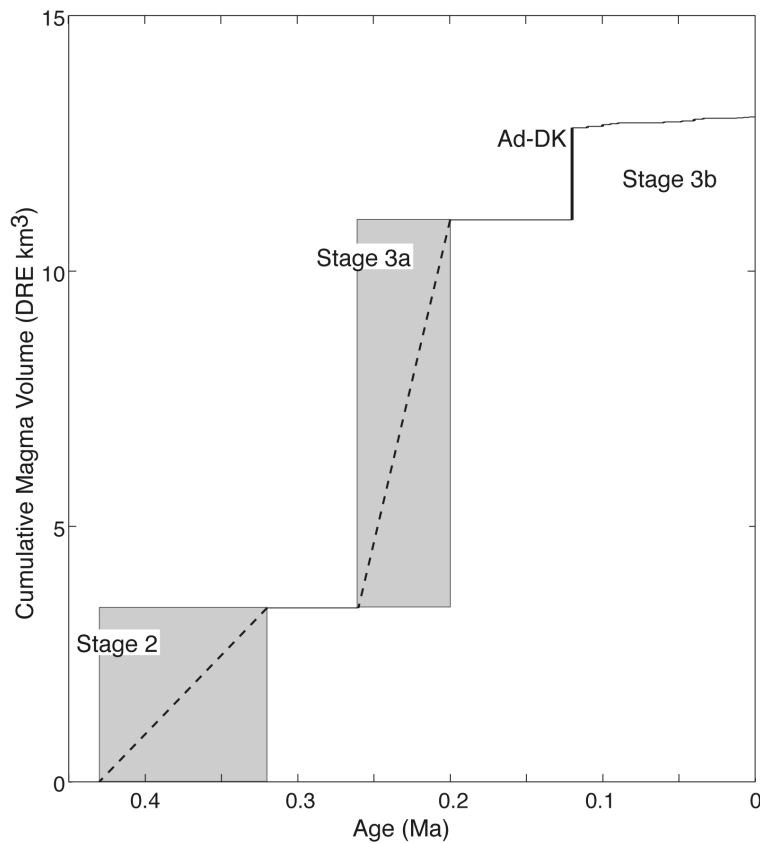
期に発生しており、本ステージの大半のマグマがこのプリニー式噴火で噴出した。Ad-DK 以降は、より規模の小さな噴火が繰り返されている。

#### 5. 磐梯火山

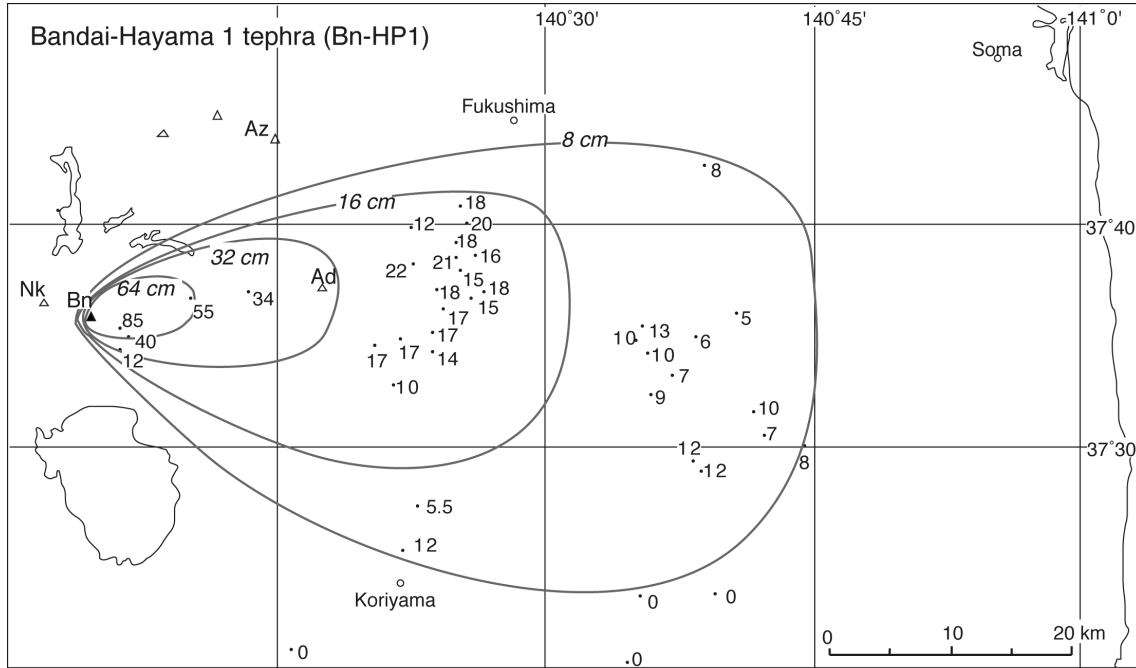
磐梯火山は、東北本州弧の南部、福島県猪苗代湖の北に位置する底径 7 ~ 10 km, 比高約 1 km の安山岩質成層火山で (Fig. 1), 大磐梯山・櫛ヶ峰・赤埴山の三峰から構成されている。北麓には 1888 年山体崩壊で発生した総量約  $1.5 \text{ km}^3$  の岩屑なだれ堆積物が広がっている (Nakamura, 1978)。また、岩屑なだれ堆積物は南麓の丘陵地にも広く分布しており、翁島岩屑なだれ堆積物と呼ばれている (守屋, 1978)。その形成史は休止期をはさんで新旧二つの活動時期に大きく分けることができ、赤埴—櫛ヶ峰を作る山体が古く、南の大磐梯山体と噴火で大半が失われた北の小磐梯山体が新しい。山元・須藤



第 16 図 安達太良岳テフラ (*Ad-DK*) の降下火砕堆積物における層厚と等層厚線面積の関係。  
 Fig. 16 Thickness versus isopach area for the pyroclastic fall deposit of the Adataro-Dake tephra (*Ad-DK*).



第 17 図 安達太良火山噴出物の時間積算マグマ体積。  
*Ad-DK* = 安達太良岳テフラ。山元・阪口 (2000) を一部改変。  
 Fig. 17 Cumulative magma volume versus age for the products of Adataro volcano.  
*Ad-DK* = Adataro-Dake tephra. Modified from Yamamoto and Sakaguchi (2000).



第18図 磐梯葉山1テフラ (Bn-HP1) の分布。

数字は降下火砕堆積物の層厚で、単位は cm。Ad = 安達太良火山; Az = 吾妻火山; Bn = 磐梯火山; Nk = 猫魔火山。

Fig. 18 Distribution of the Bandai-Hayama 1 tephra (Bn-HP1).

Numerals are measured thickness of the pyroclastic fall deposit in centimeters. Ad = Adatara volcano; Az = Azuma volcano; Bn = Bandai volcano; Nk = Nekoma volcano.

(1996) の層序に従うと、赤埴-櫛ヶ峰山体は約25万年前の噴火を最後に活動停止し、約8万年前の葉山2プリニー式噴火まで大きな活動休止期がある。翁島岩屑なだれ堆積物は葉山1プリニー式噴火と同時に発生しており、その年代は4.6万年前である [葉山1火砕堆積物からは42 kaの補正放射性炭素年代値が得られているが(山元, 2003), これを Fairbanks *et al.* (2005) を使い暦年補正すると46 cal kaとなる]。また、大磐梯火山はAT降下直前にはマグマ噴火を停止している。

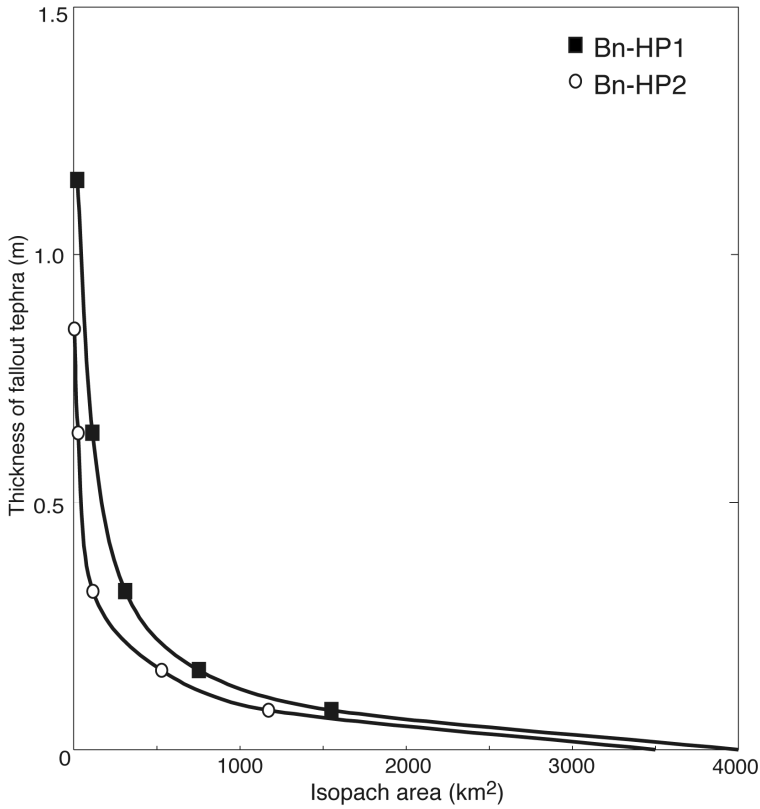
### 5.1 磐梯葉山1テフラ (Bn-HP1)

山元・須藤(1996)命名。本テフラは、中馬・吉田(1982)でHP1、千葉ほか(1994)で葉山1b軽石(HP1b)とされた降下火砕堆積物と同じものである。模式地は、福島県猪苗代町猪苗代スキー場(Loc. 24; Fig. 7)。磐梯火山で、4万6千年前に発生したプリニー式噴火の産物で、翁島岩屑なだれ堆積物と指交する火砕流堆積物(Loc. 26)と東へ向かう降下火砕堆積物からなる(Fig. 18; 山元・須藤, 1996)。赤埴-櫛ヶ峰山体の上位(Loc. 24; Fig. 7)、安達太良山麓の沼尻・湯川火砕流堆積物や伏拝・山崎岩屑なだれ堆積物の上位(Locs. 13, 16, 17 & 18; Figs. 5 & 6)や、阿武隈山地内の高位・中位段丘の厚い被覆風成火山灰土(Locs. 3, 4, 5 & 6; Figs. 3 & 4)中のNm-MZ・AT間に挟まれているほか、中通りの郡山層河川堆積物(Loc. 19; Fig. 6)中に挟まれている。本テフラの岩質は斜方輝石単

斜輝石デイサイトで (Table 2), 降下火砕堆積物は逆級化層理を持つ淘汰の良い軽石火山礫からなる。降下火砕堆積物の等層厚線と面積の関係から遠方部の層厚分布を外挿して (Fig. 19), その体積を積算すると約  $3 \times 10^{11} \text{ km}^3$  (堆積物の平均密度を  $800 \text{ kg/m}^3$  として岩石換算体積は約  $1 \times 10^{11} \text{ km}^3$  DRE, 質量は  $3 \times 10^{11} \text{ kg}$ ) となった。この値は8-16-32-64 cm等層厚線が囲む面積 (Table 4) を用いた降下火砕堆積物の最小体積約  $2 \times 10^{11} \text{ km}^3$  の1.5倍である。南山麓に分布する本テフラの火砕流堆積物は、その平均層厚を4 m, 平均密度を  $1200 \text{ kg/m}^3$  として岩石換算体積は約  $2 \times 10^{12} \text{ km}^3$  DRE程度で、降下火砕堆積物よりも一桁小さい。

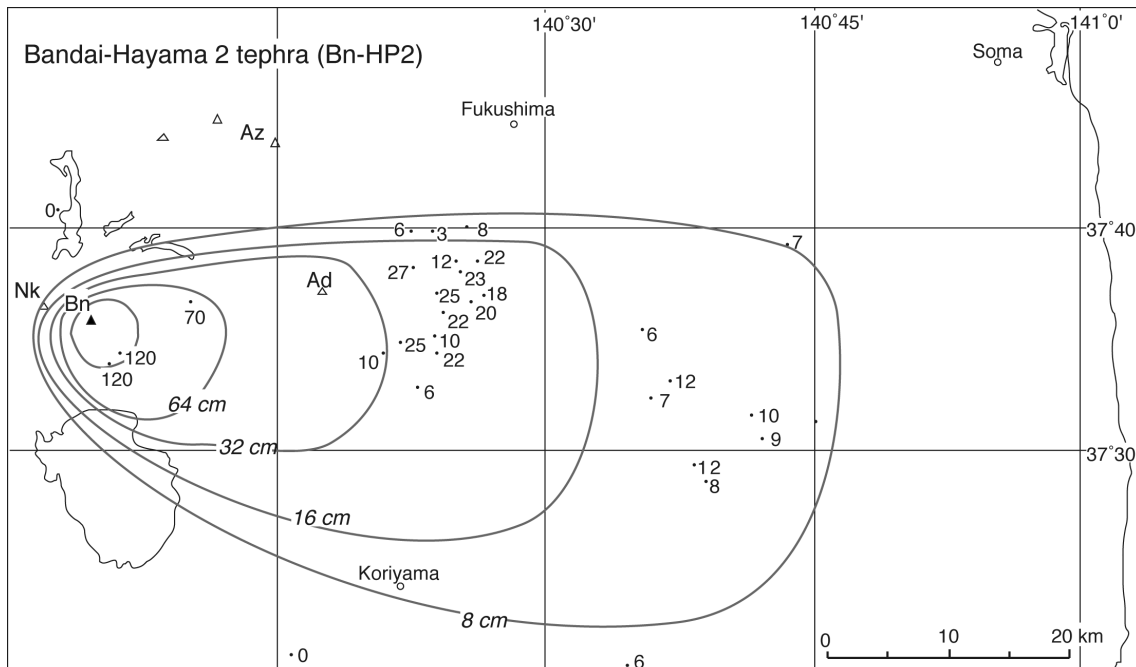
### 5.2 磐梯葉山2テフラ (Bn-HP2)

山元・須藤(1996)命名。本テフラは中馬・吉田(1982)でHP2、千葉ほか(1994)で葉山2b軽石(HP2b)とされた降下火砕堆積物と同じものである。模式地は、福島県猪苗代町猪苗代スキー場(Loc. 24; Fig. 7)。福島県西部の磐梯火山で、約8万年前に発生したプリニー式噴火の産物で、東へ向かう降下火砕堆積物からなる(Fig. 20; 山元・須藤, 1996)。赤埴-櫛ヶ峰山体の上位(Locs. 24 & 25; Fig. 7)、安達太良山麓の沼尻・湯川火砕流堆積物や伏拝・山崎岩屑なだれ堆積物の上位(Locs. 13, 17 & 18; Figs. 5 & 6)、阿武隈山地内の高位・中位段丘の厚い被覆風成火山灰土(Locs. 4, 5, 6 & 8; Figs. 3 & 4)中のAg-MzP5・



第 19 図 磐梯葉山 1 テフラ (*Bn-HP1*) 及び磐梯葉山 2 テフラ (*Bn-HP2*) の降下火砕堆積物における層厚と等層厚線面積の関係。

Fig. 19 Thickness versus isopach area for the pyroclastic fall deposits of the Bandai-Hayama 1 tephra (*Bn-HP1*) and Bandai-Hayama 2 tephra (*Bn-HP2*).

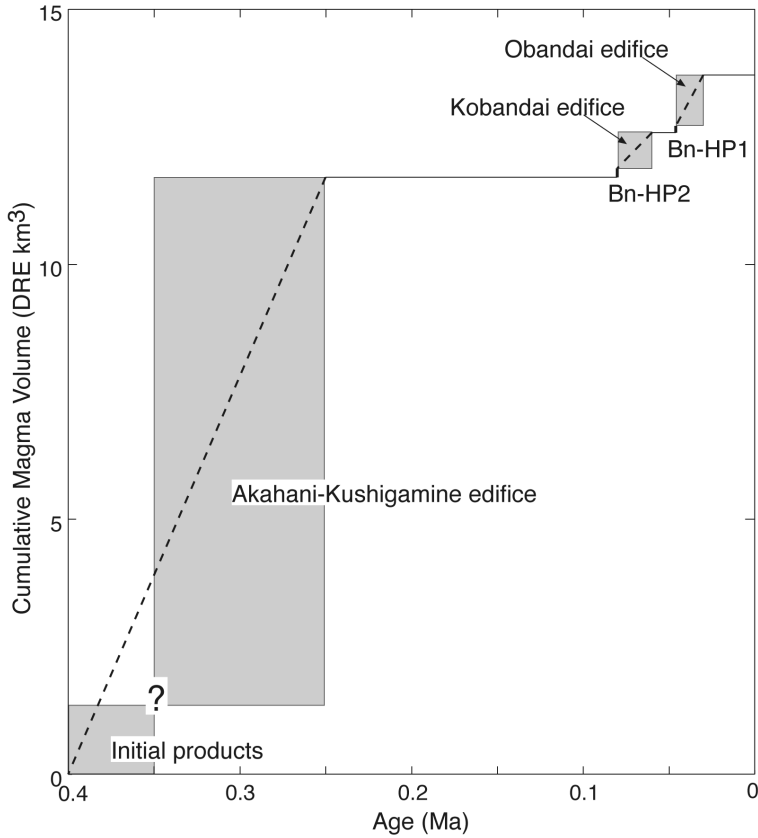


第 20 図 磐梯葉山 2 テフラ (*Bn-HP2*) の分布。

数字は降下火砕堆積物の層厚で、単位は cm。Ad = 安達太良火山; Az = 吾妻火山; Bn = 磐梯火山; Nk = 猫魔火山。

Fig. 20 Distribution of the Bandai-Hayama 2 tephra (*Bn-HP2*).

Numerals are measured thickness of the pyroclastic fall deposit in centimeters. Ad = Adataro volcano; Az = Azuma volcano; Bn = Bandai volcano; Nk = Nekoma volcano.



第 21 図 磐梯火山噴出物の時間積算マグマ体積。  
*Bn-HP1* = 磐梯葉山 1 テフラ ; *Bn-HP2* = 磐梯葉山 2 テフラ。

Fig. 21 Cumulative magma volume versus age for the products of Azuma volcano. *Bn-HP1* = Bandai-Hayama 1 tephra; *Bn-HP2* = Bandai-Hayama 2 tephra.

第 4 表 降下火砕堆積物の層厚と等層厚線の囲む面積  
 Table 4 Area within isopachs of pyroclastic fall deposits.

Tephra	2-cm-isopach (km <sup>2</sup> )	4-cm-isopach (km <sup>2</sup> )	8-cm-isopach (km <sup>2</sup> )	16-cm-isopach (km <sup>2</sup> )	32-cm-isopach (km <sup>2</sup> )	64-cm-isopach (km <sup>2</sup> )	128-cm-isopach (km <sup>2</sup> )	256-cm-isopach (km <sup>2</sup> )
Ad-DK	n.d.	n.d.	n.d.	3.2E+03	9.3E+02	3.1E+02	1.1E+02	n.d.
Ag-MzP5	n.d.	1.5E+04	8.0E+03	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag-MzP7	n.d.	7.0E+03	4.2E+03	2.1E+03	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag-NM1	n.d.	n.d.	4.2E+03	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag-OK	n.d.	n.d.	4.8E+03	1.7E+03	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Az-SK	n.d.	n.d.	n.d.	9.7E+02	2.5E+02	n.d.	n.d.	n.d.
Az-FK	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	9.9E+02	2.6E+02	n.d.	n.d.
Bn-HP1	n.d.	n.d.	1.2E+03	5.3E+02	1.2E+02	2.6E+01	n.d.	n.d.
Bn-HP2	n.d.	n.d.	1.6E+03	7.6E+02	3.1E+02	1.1E+02	n.d.	n.d.
Hu-NN	n.d.	n.d.	6.2E+03	3.7E+03	2.4E+03	1.4E+03	7.7E+02	3.3E+02
Hu-TG	n.d.	6.2E+03	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ij-TK	n.d.	n.d.	n.d.	3.6E+03	2.1E+03	6.8E+02	n.d.	n.d.
Kn-KD	n.d.	n.d.	n.d.	2.8E+03	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Nk-MA	n.d.	n.d.	n.d.	5.2E+03	2.8E+03	1.2E+03	4.6E+02	n.d.
Nk-NM	n.d.	n.d.	n.d.	1.6E+03	9.8E+02	4.1E+02	n.d.	n.d.
Nk-SO	n.d.	n.d.	n.d.	1.3E+03	6.6E+02	2.6E+02	n.d.	n.d.
Nk-YT	n.d.	n.d.	n.d.	1.5E+03	6.8E+02	n.d.	n.d.	n.d.
Nm-MZ	n.d.	4.4E+03	2.8E+03	1.5E+03	6.4E+02	1.6E+02	n.d.	n.d.
Nm-NK II	n.d.	2.6E+03	9.4E+02	2.0E+02	1.0E+02	n.d.	n.d.	n.d.
Nm-NK III	1.1E+03	6.6E+02	4.3E+02	2.7E+02	1.5E+02	6.3E+01	n.d.	n.d.
Nm-NK IV	n.d.	8.8E+02	5.1E+02	2.0E+02	4.9E+01	1.5E+01	n.d.	n.d.
Nm-SB	n.d.	n.d.	n.d.	3.0E+03	9.6E+02	n.d.	n.d.	n.d.
Sn-KB	n.d.	n.d.	n.d.	2.4E+03	1.1E+03	4.6E+02	n.d.	n.d.
Tk-KD	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2.5E+01	7.5E+00	n.d.	n.d.



Nm-MZ 間に挟まれている。本テフラの岩質は斜方輝石単斜輝石デイサイト (Table 2), 淘汰の良い軽石火山礫からなる。降下火砕堆積物の等層厚線と面積の関係から遠方部の層厚分布を外挿して (Fig. 19), その体積を積算すると約  $5 \times 10^{-1} \text{ km}^3$  (堆積物の平均密度を  $800 \text{ kg/m}^3$  として岩石換算体積は約  $2 \times 10^{-1} \text{ km}^3$  DRE, 質量は  $4 \times 10^{11} \text{ kg}$ ) となった。この値は 8-16-32-64 cm 等層厚線が囲む面積 (Table 4) を用いた降下火砕堆積物の最小体積約  $4 \times 10^{-1} \text{ km}^3$  とほぼ同等である。

### 5.3 磐梯火山のマグマ噴出量

磐梯火山の活動は約 40 万年前頃に始まり, ソレイト安山岩からなる最初期山体形成後, 約 25 万年前までカルクアルカリ安山岩からなる赤埴-櫛ヶ峰山体の活動が引き続いた (山元, 2011)。両活動の間にどれくらいの休止期があったのかは明らかではないが, 両山体を合わせた全体の体積は, 梅田ほか (1999) により  $11.7 \text{ km}^3$  と見積もられている。これに Bn-HP1・Bn-HP2 と小磐梯山体 ( $0.7 \text{ km}^3$ ) 及び大磐梯山体 ( $1 \text{ km}^3$ ) を合わせた磐梯火山のマグマ噴出量時間変化を, Fig. 21 に示している。平均的なマグマ噴出率は, 小磐梯・大磐梯山体よりも赤埴-櫛ヶ峰山体の方が大きい。また, 長い休止期の後, Bn-HP1・Bn-HP2 のようなプリニー式噴火で新たな火山活動が開始する特徴は, 前述の安達太良火山と共通している。

## 6. 砂子原カルデラ

本カルデラは会津盆地西縁山地内の柳津町にある最大直径約 6 km のカルデラで (Fig. 1), 中期更新世の火砕物及び湖成堆積物とこれらを貫く流紋岩溶岩 (湯の岳溶岩) で埋積されている (山元, 1992; 山元・駒澤, 2004)。本カルデラの現在の凹地状地形は不鮮明で, かつてのカルデラ壁が砂子原層と基盤との高角度の不整合面として認識できる程度である。カルデラ中央部の地熱調査井からはフォールバック起源の火砕物が見いだされ, じょうご型の地下構造が推定されている (水垣, 1993)。なお, 水垣 (1993) によると, フォールバックで充填された火道の最大径は約 2 km で, 地形的なカルデラ径よりもはるかに小さい。カルデラ形成時に噴出した火砕流堆積物は東方の会津盆地周辺の中部更新統塔寺層から見つかかり, 佐賀瀬川火砕流堆積物の名で呼ばれている (山元, 1992; 山元・須藤, 1996)。また, 後カルデラ期の末期に噴出した久保田火砕流に伴う降下堆積物は, 会津盆地から福島中通りに分布する高位段丘堆積物を覆い時間基準面として広く追跡できる (山元, 1999b)。

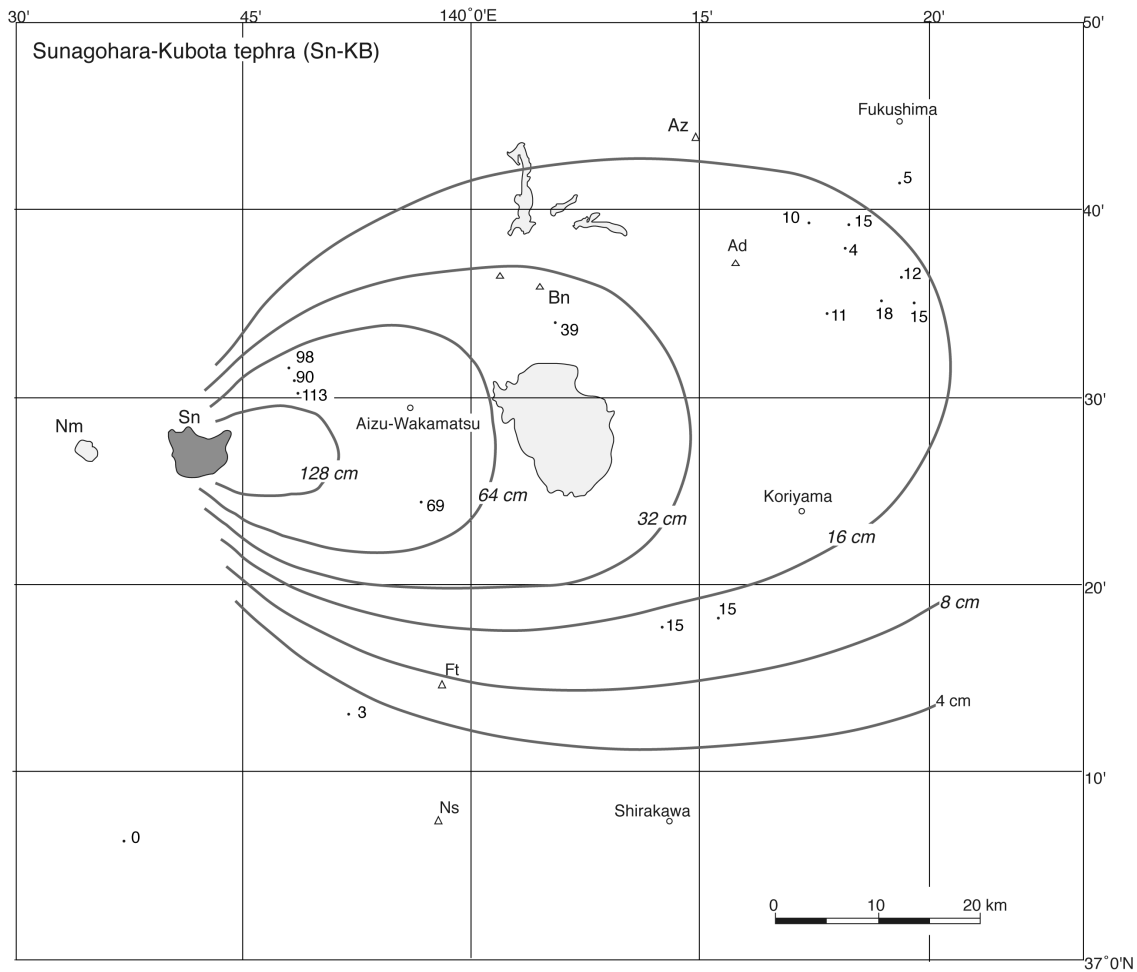
砂子原カルデラ形成期噴出物の佐賀瀬川火砕流堆積物からは  $0.29 \pm 0.06 \text{ Ma}$  のジルコン・フィッシュントラック年代値が報告されている (山元, 1992)。また, 後カルデラ期の湯の岳流紋岩からは  $0.21 \pm 0.03 \text{ Ma}$ ,  $0.5 \pm 0.1 \text{ Ma}$  の

K-Ar 年代,  $0.31 \pm 0.16 \text{ Ma}$ ,  $0.59 \pm 0.27 \text{ Ma}$ ,  $1.23 \pm 0.40 \text{ Ma}$ , のジルコン・フィッシュントラック年代値が報告されているが (NEDO, 1985),  $0.3 \sim 0.2 \text{ Ma}$  よりも古い年代値は誤差が大きく信頼性が乏しい。更に後カルデラ期の久保田火砕流堆積物の本質岩片からは  $0.22 \pm 0.05 \text{ Ma}$  のジルコン・フィッシュントラック年代値が報告されている (NEDO, 1985)。

### 6.1 砂子原久保田テフラ (Sn-KB)

山元 (1999b) 命名。模式地は, 福島県大沼郡柳津町松ヶ下 (Loc. 46)。砂子原カルデラの後カルデラ期末約 22 万年前に発生した火砕噴火の堆積物からなる (山元, 1999b)。模式地の久保田火砕流堆積物は, 砂子原層の最上部を占め, カルデラ内の標高 450 ~ 500 m 以上の山地頂部を構成し, 元々の層厚は少なくとも 130 m 以上であったと判断される (山元・駒澤, 2004)。本火砕流堆積物は非溶結で塊状のカミングトン閃石含有黒雲母流紋岩火山礫凝灰岩からなり, ガラス質火山灰の基質に径 12 cm 以下の白色~明灰色流紋岩軽石と新鮮な黒雲母普通角閃石流紋岩の類質岩片や変質した緑色の火山岩からなる異質岩片が含まれている。軽石の発泡度は多様で, 繊維状に良く発泡したものから, ほとんど発泡していない多面体型のものまである。どちらも径 1-3 mm の石英斑晶が肉眼で目立つ。基質を鏡下で観察すると, 繊維状軽石型の火山ガラス片に混じって, 厚めの気泡壁型~ブロック状の火山ガラス片が大量に含まれている。結晶片は斜長石・黒雲母・石英・鉄鉱以外にカミングトン閃石や斜方輝石が微量ながら含まれている。

本テフラの降下火砕堆積物は給源カルデラから東へ分布が確認できる (Fig. 22)。会津盆地周辺の塔寺層・高位段丘の被覆風成火山灰土 (Locs. 34 & 36; Fig. 8) や, 赤埴-櫛ヶ峰山体の上位 (Loc. 25; Fig. 7), 伏拝・山崎・鶴ヶ池岩屑なだれ堆積物の上位 (Locs. 11, 13, 18 & 38; Figs. 5, 6 & 9), 白河火砕流群の上位 (Locs. 27 & 35; Figs. 7 & 8), 阿武隈山地内の高位段丘の被覆風成火山灰土 (Loc. 14; Fig. 6) 中の, Sn-SK・Az-FK 間に挟まれている。会津盆地周辺では繊維状軽石と流紋岩石質岩片の細粒火山礫とガラス質火山灰の互層からなる下部と不明瞭な平行層理が認められる風化の進んだ白色火山灰からなる上部で構成されるが (Locs. 34, 35 & 36; Fig. 8), これ以外の場所では淘汰の余り良くない結晶片や流紋岩岩片を含む粘土質の白色~クリーム色火山灰として確認される。鏡下では厚めの気泡壁型~ブロック状火山ガラス片と繊維状軽石型の火山ガラス片の両者が認められ, 結晶片としては斜長石・石英・黒雲母・鉄鉱と微量のカミングトン閃石 (Table 2), 他には微結晶集合体として流紋岩の石質岩片が多量に含まれている。鈴木ほか (2004) は, Loc.34 の本テフラ (NT101) を田頭テフラ (本報告の Hu-TG) と同定しているが, その斑晶組合せは Hu-TG とは明瞭に異



第 22 図 砂小原久保田テフラ (Sn-KB) の分布。

数字は降下火砕堆積物の層厚で、単位は cm。Ad = 安達太良火山; Az = 吾妻火山; Bn = 磐梯火山; Ft = 二岐山火山; Nm = 沼沢火山; Ns = 那須火山群; Sn = 砂小原カルデラ。山元 (1999b) を一部改変。

Fig. 22 Distribution of the Sunagohara-Kubota tephra (Sn-KB).

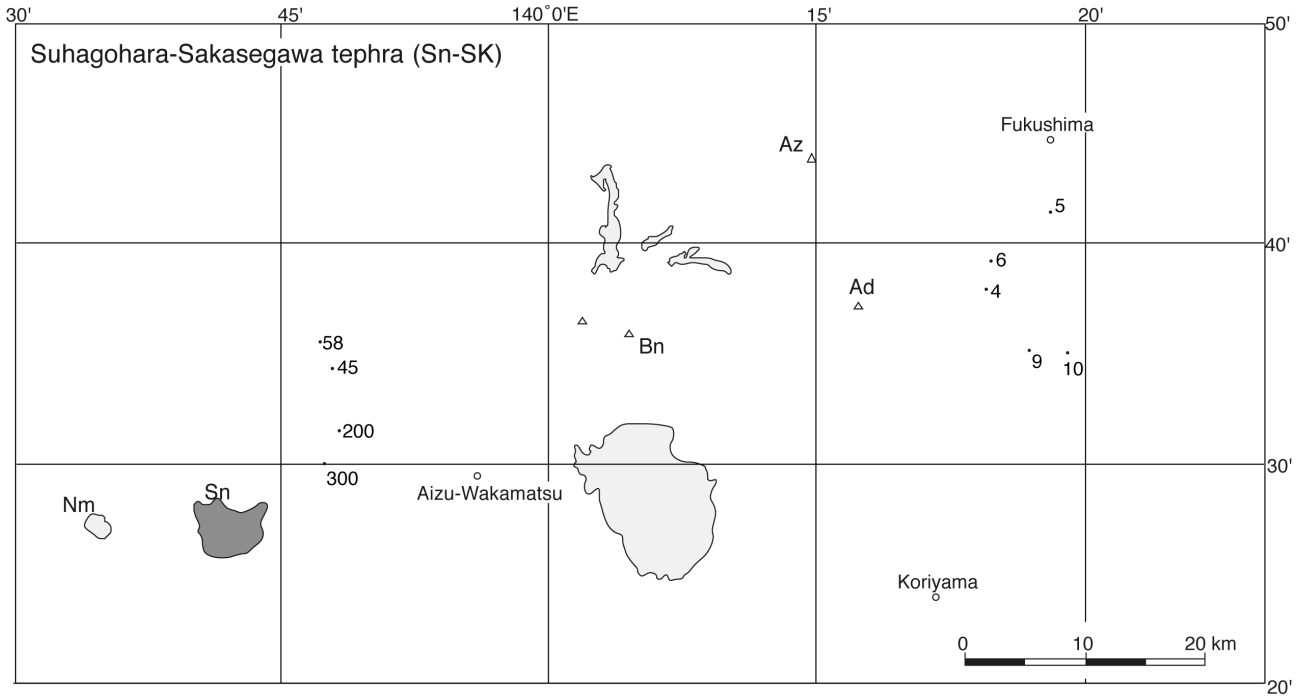
Numerals are measured thickness of the pyroclastic fall deposit in centimeters. Ad = Adataro volcano; Az = Azuma volcano; Bn = Bandai volcano; Ft = Futamatayama volcano; Nm = Numazawa volcano; Ns = Nasu volcanoes; Sn = Sunagohara caldera. Modified from Yamamoto (1999b).

なっている。給源位置をカルデラ中央部とすると、16-32-64 cm 等層厚線が囲む面積 (Table 4) を用いた降下火砕堆積物の最小体積は約  $1 \times 10^0 \text{ km}^3$  (堆積物の平均密度を  $900 \text{ kg/m}^3$  とすると岩石換算最小体積は約  $5 \times 10^{-1} \text{ km}^3 \text{ DRE}$ 、最小質量は約  $1 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) である。また、火砕流堆積物の岩石換算体積はカルデラ面積 ( $20 \text{ km}^2$ ) と最大層厚から、堆積物の平均密度を  $1200 \text{ kg/m}^3$  とし約  $1 \times 10^0 \text{ km}^3 \text{ DRE}$  となり、テフラ全体では約  $2 \times 10^0 \text{ km}^3 \text{ DRE}$  (質量は約  $3 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) と見積もられる。

### 6.2 砂子原佐賀瀬川テフラ (Sn-SK)

山元・須藤 (1996) 命名。模式地は、福島県大沼郡会津美里町佐賀瀬川 (Loc. 33)。砂子原カルデラ形成期の約 29 万年前に発生した火砕噴火の堆積物からなり、カルデラ内の砂子原層下部の非溶結火砕流堆積物を構成する

(山元・駒澤, 2004)。模式地の本テフラは、カルデラ外流出相からなり、層厚約 3 m で径 1 cm 以下の火山豆石を多量に含む良く成層した降下堆積物と、これを覆う非溶結でガラス質火山灰の基質に径 2 ~ 3 cm の繊維状軽石と径 3 cm 以下の石質岩片 (流紋岩・凝灰岩) をまばらに含む塊状の黒雲母流紋岩火山礫凝灰岩の火砕流堆積物で構成される。降下堆積物の基質は厚めの気泡壁型~ブロック状の火山ガラス片からなり、軽石片や石質岩片に乏しい。これを覆う火砕流本体は非溶結で塊状の火山礫凝灰岩からなり、ガラス質火山灰の基質に径 2 ~ 3 cm の繊維状軽石と径 3 cm 以下の石質岩片 (流紋岩・凝灰岩) をまばらに含んでいる。火砕物基質の火山ガラス片の形態は、繊維状軽石型のものと同様の気泡壁型~ブロック状のものが混在している。基質の結晶片には、斜長石・黒雲母・鉄鉱と微量の石英が認められる (Table 2)。降下

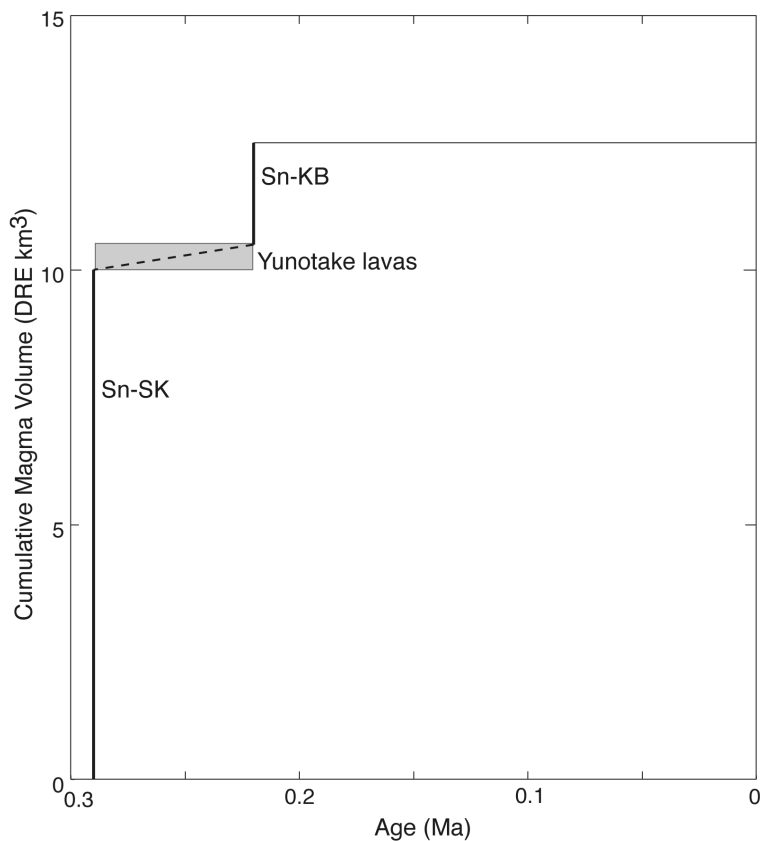


第 23 図 砂小原佐賀瀬川テフラ (Sn-SK) の分布。

数字は降下火砕堆積物の層厚で、単位は cm. Ad = 安達太良火山; Az = 吾妻火山; Bn = 磐梯火山; Ft = 二岐山火山; Nm = 沼沢火山; Ns = 那須火山群; Sn = 砂小原カルデラ。

Fig. 23 Distribution of the Sunagohara-Sakasegawa tephra (Sn-SK).

Numerals are measured thickness of the pyroclastic fall deposit in centimeters. Ad = Adataro volcano; Az = Azuma volcano; Bn = Bandai volcano; Nm = Numazawa volcano; Sn = Sunagohara caldera.

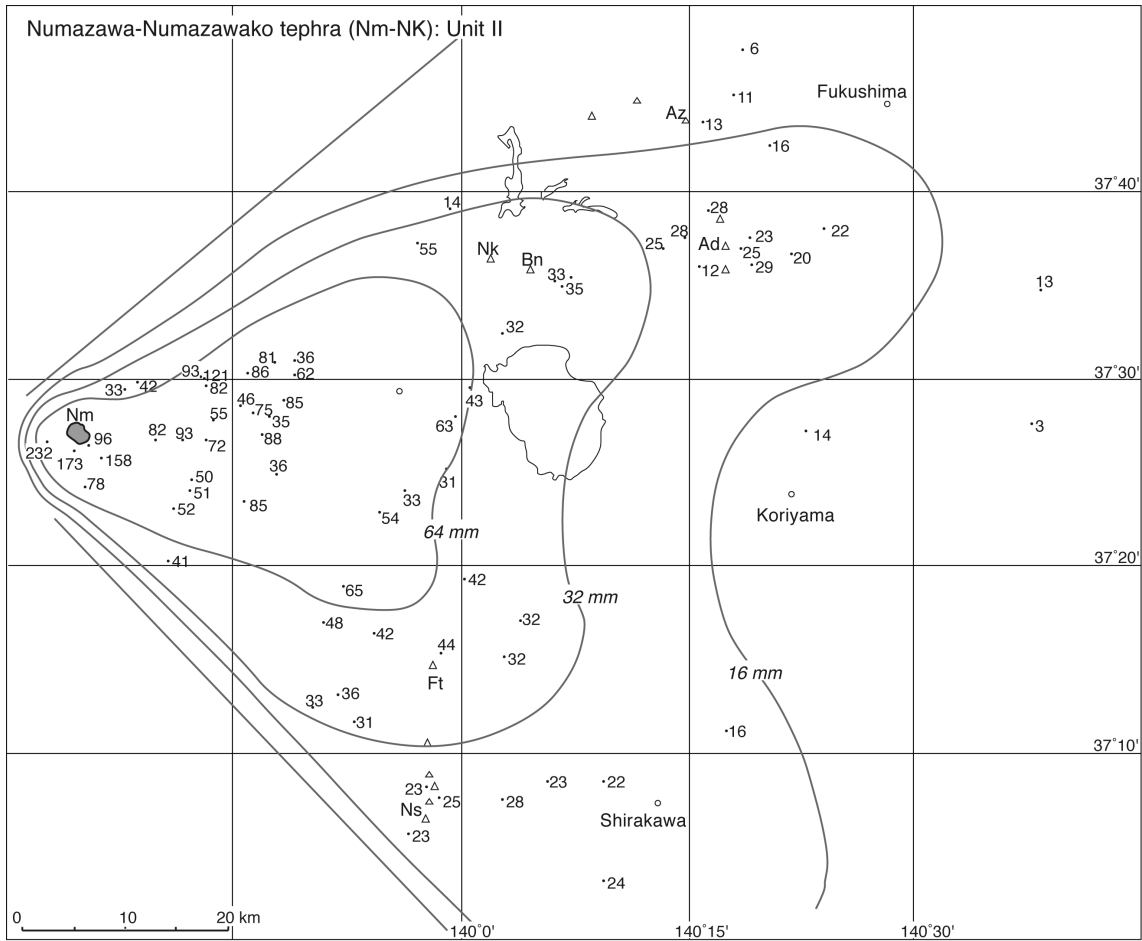


第 24 図 砂小原カルデラ噴出物の時間積算マグマ体積。

Sn-KB = 砂小原久保田テフラ; Sn-SK = 砂小原佐賀瀬川テフラ。

Fig. 24 Cumulative magma volume versus age for the products of Sunagohara caldera.

Sn-KB = Sunagohara-Kubota tephra; Sn-SK = Sunagohara-Sakasegawa tephra.



第25図 沼沢沼沢湖テフラ (Nm-NK) のユニット II の分布。

数字は降下軽石の平均最大粒径で、単位は mm。Ad = 安達太良火山；Az = 吾妻火山；Bn = 磐梯火山；Ft = 二岐山火山；Nm = 沼沢火山；Ns = 那須火山群。

Fig. 25 Distribution of the Numazawa-Numazawako tephra (Nm-NK), Unit II.

Numerals are measured maximum diameter of fallout pumice in millimeters. Ad = Adataro volcano; Az = Azuma volcano; Bn = Bandai volcano; Ft = Futamatayama volcano; Nm = Numazawa volcano; Ns = Nasu volcanoes.

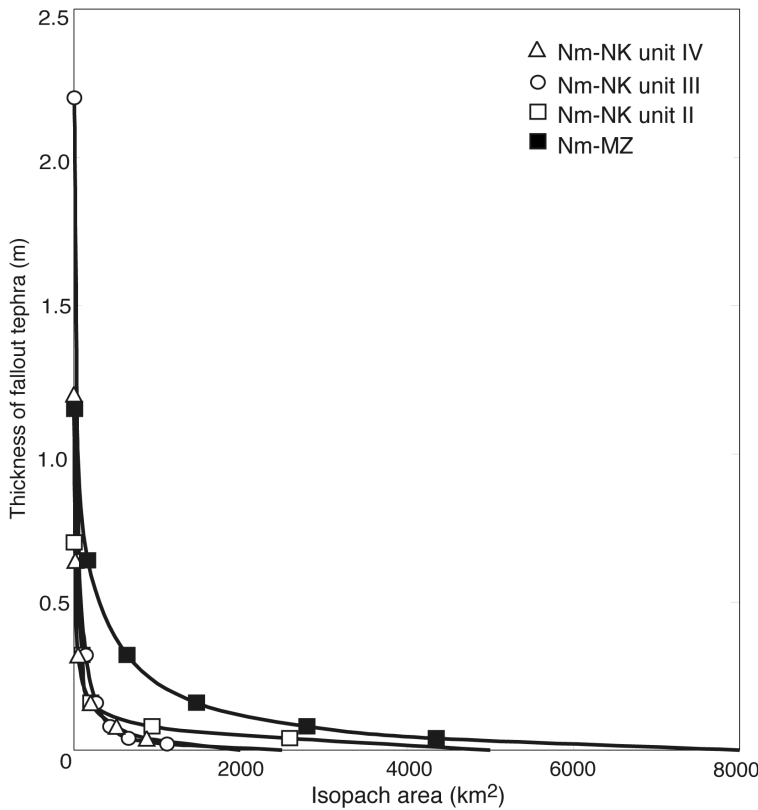
火砕堆積物は、会津盆地周辺の塔寺層中 (Loc. 33) や、伏拝岩屑なだれ堆積物の上位 (Loc. 11; Fig. 5), 阿武隈山地内の高位段丘の被覆風成火山灰土 (Loc. 14; Fig. 6) 中の, Sn-KB の下位に挟まれている。ただし、遠方の降下堆積物は淘汰の余り良くない粘土質の白色～クリーム色火山灰からなり、火山豆石は認められない。データ不足のため等層厚線が作図できないので (Fig. 23), 降下火砕堆積物の体積見積はできていないが、会津盆地西縁での層厚がより大きいので、その量は Sn-KB よりも大きいと予想される。佐賀瀬川火砕流堆積物のカルデラ外流出相はカルデラから半径 25 km 内に断片的に分布しているので (山元・須藤, 1996), 平均層厚を 5 m, 堆積物の平均密度を  $1200 \text{ kg/m}^3$  として約  $5 \times 10^0 \text{ km}^3$  DRE (質量は約  $1 \times 10^{13} \text{ kg}$ ) とみなせる。また、カルデラ内にも同程度の堆積物が伏在するので (山元・駒澤, 2004), その総量は約  $1 \times 10^1 \text{ km}^3$  DRE (質量は約  $2 \times 10^{13} \text{ kg}$ ) となる。

### 6.3 砂子原カルデラのマグマ噴出量

砂子原カルデラのマグマ噴出量時間変化を、Fig. 24 に示した。後カルデラ期の湯ノ岳溶岩の体積は、複数の溶岩岩体を合計して約  $0.5 \text{ km}^3$  としている。全噴出量は約  $13 \text{ km}^3$  DRE となるが、Sn-SK の体積見積の誤差が相当大きく、この値は目安にすぎない。ただ、カルデラ形成期の Sn-SK が特に規模が大きかったことは確実である。

## 7. 沼沢火山

本火山は福島県の西部に位置する活火山で (Fig. 1), 金山町の沼沢湖及びその周辺から噴出した後期更新世～更新世の流紋岩-デイサイト溶岩・火砕物からなる。噴出物は、下位から約 11 前の芝原・尻吹峠火砕物、約 7 万年前の木冷沢溶岩、約 5 万年前の水沼火砕物、約 4 万年前の惣山溶岩、約 2.4 万年前の沼御前火砕物・前山溶岩、



第 26 図 沼沢水沼テフラ (Nm-MZ) 及び沼沢沼沢湖テフラ (Nm-NK) の降下火砕堆積物の層厚と等層厚線面積の関係。

Fig. 26 Thickness versus isopach area for the pyroclastic fall deposits of the Numazawa-Mizunuma tephra (Nm-MZ) and Numazawa-Numazawako tephra (Nm-NK).

紀元前 3400 年頃の沼沢湖火砕物である (山元, 2003)。水沼火砕物の直下から  $44,930 \pm 1,030$  yBP と  $45,210 \pm 1,540$  yBP (Loc. 19; Fig. 6), 沼御前火砕物からは  $19,880 \pm 150$  yBP の補正放射性炭素年代を得ているが (山元, 2003), これを Fairbanks *et al.* (2005) を使い暦年校正するとそれぞれ 49 cal ka, 49 cal ka, 24 cal ka となる。噴出物の全岩化学組成変化には, 下位の流紋岩から上位のデイサイトへと年代とともに  $\text{SiO}_2$  含有量が減少するトレンドが認められる (Yamamoto, 2007)。

### 7.1 沼沢沼沢湖テフラ (Nm-NK)

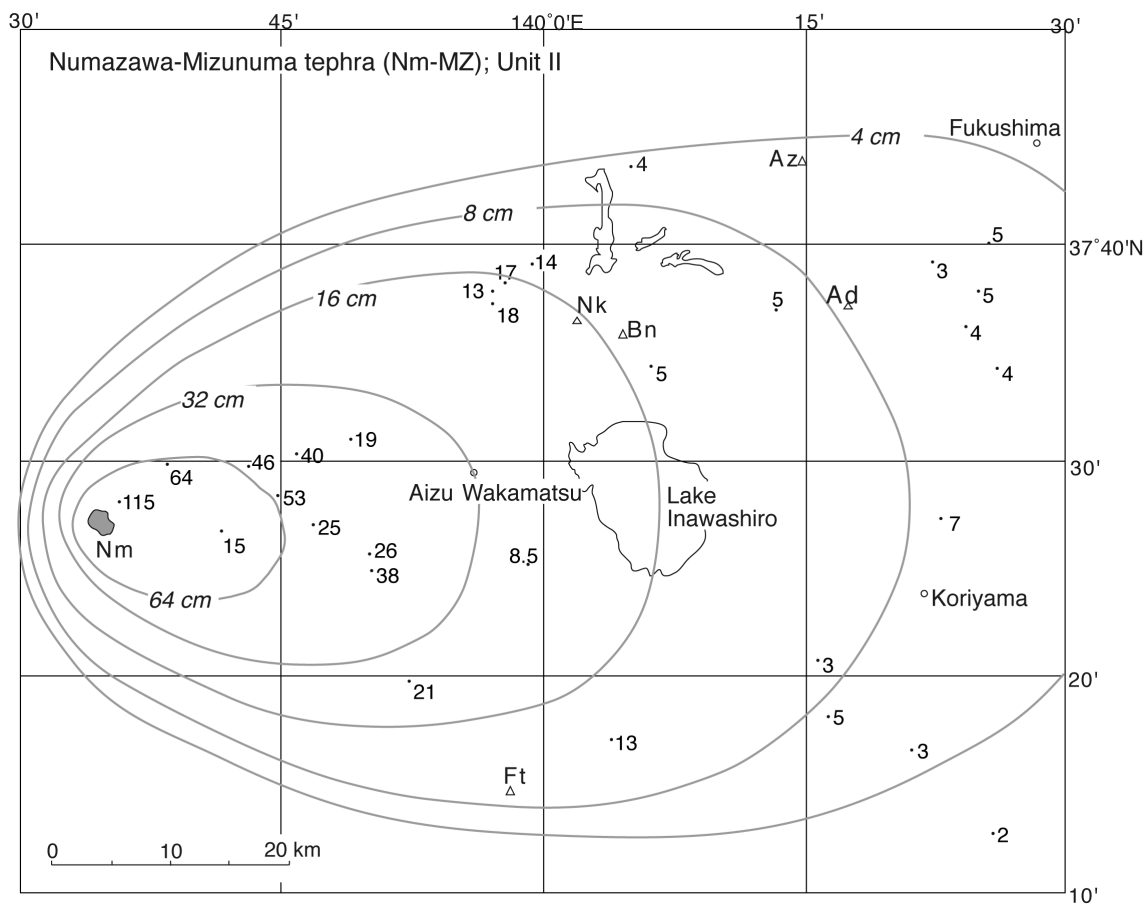
山元 (1995) 命名。模式地は, 福島県大沼郡金山町大栗山, 木冷沢右岸。本テフラは沼沢火山で紀元前 3400 年頃に発生した一連の火砕流噴火・プリニー式噴火・マグマ水蒸気噴火の産物で, 山元 (1995) により下位からユニット I ~ IV に区分されている。ユニット I は, 白色デイサイト軽石と少量の灰~暗灰色安山岩軽石を含む非溶結の火砕流堆積物からなる。給源から東へ向かった火砕流はいくつかの地形障害を乗り越え 20 km 以上流走しており, 先端部が佐賀瀬川を下って会津盆地に流入した。ユニット II は白色デイサイト軽石と少量の灰~暗灰色安山岩軽石の粗粒火山礫・細粒火山礫・粗粒火山灰・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。本ユニットの分布が最も広く, 北は福島市周辺, 南は栃木県北部の那須町の範囲に分布する (Fig.

25)。ユニット III 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~細粒火山灰の良く成層した降下堆積物と沼沢湖東岸の狭い範囲に分布する層厚約 2 m の火砕サージ堆積物からなる。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葉理を持った粗粒火山灰降下堆積物からなる。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。

本火砕堆積物の本質物のうち, デイサイト軽石は斑晶として斜長石, 石英, 普通角閃石, 斜方輝石, 鉄鋳と微量の普通輝石を含んでいる。その石基はガラス質で微結晶を全く含んでいない。デイサイトの  $\text{SiO}_2$  含有量はほぼ 66 wt%,  $\text{K}_2\text{O}$  含有量は 1.7 ~ 1.8 wt% である。一方, 安山岩軽石も斑晶として斜長石, 石英, 普通角閃石, 斜方輝石, 鉄鋳, 普通輝石を含んでいるものの, 石基はハイアロオフィティック~インターサータル組織を持ち, 斜長石, 単斜輝石, 斜方輝石, 鉄鋳, 普通角閃石の微結晶を生じている。安山岩の  $\text{SiO}_2$  含有量は 58 ~ 60 wt%,  $\text{K}_2\text{O}$  含有量は 0.7 ~ 0.9 wt% と, デイサイトと全く異なる低カリウム系列に属している (Yamamoto, 2007)。各ユニット毎の本質物の構成物変化は増淵・石崎 (2011) に詳しい。

ユニット I の火砕流堆積物の岩石換算体積は山元 (2003) にあるように, 堆積物の平均密度を  $1200 \text{ kg/m}^3$  として約  $2 \times 10^9 \text{ km}^3$  DRE (質量は約  $5 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) と見積もら





第27図 沼沢水沼テフラ (Nm-MZ) のユニット II の分布。

数字は降下火砕堆積物の層厚で、単位は cm。Ad = 安達太良火山; Az = 吾妻火山; Bn = 磐梯火山; Ft = 二岐山火山; Nm = 沼沢火山。山元 (2003) を一部改変。

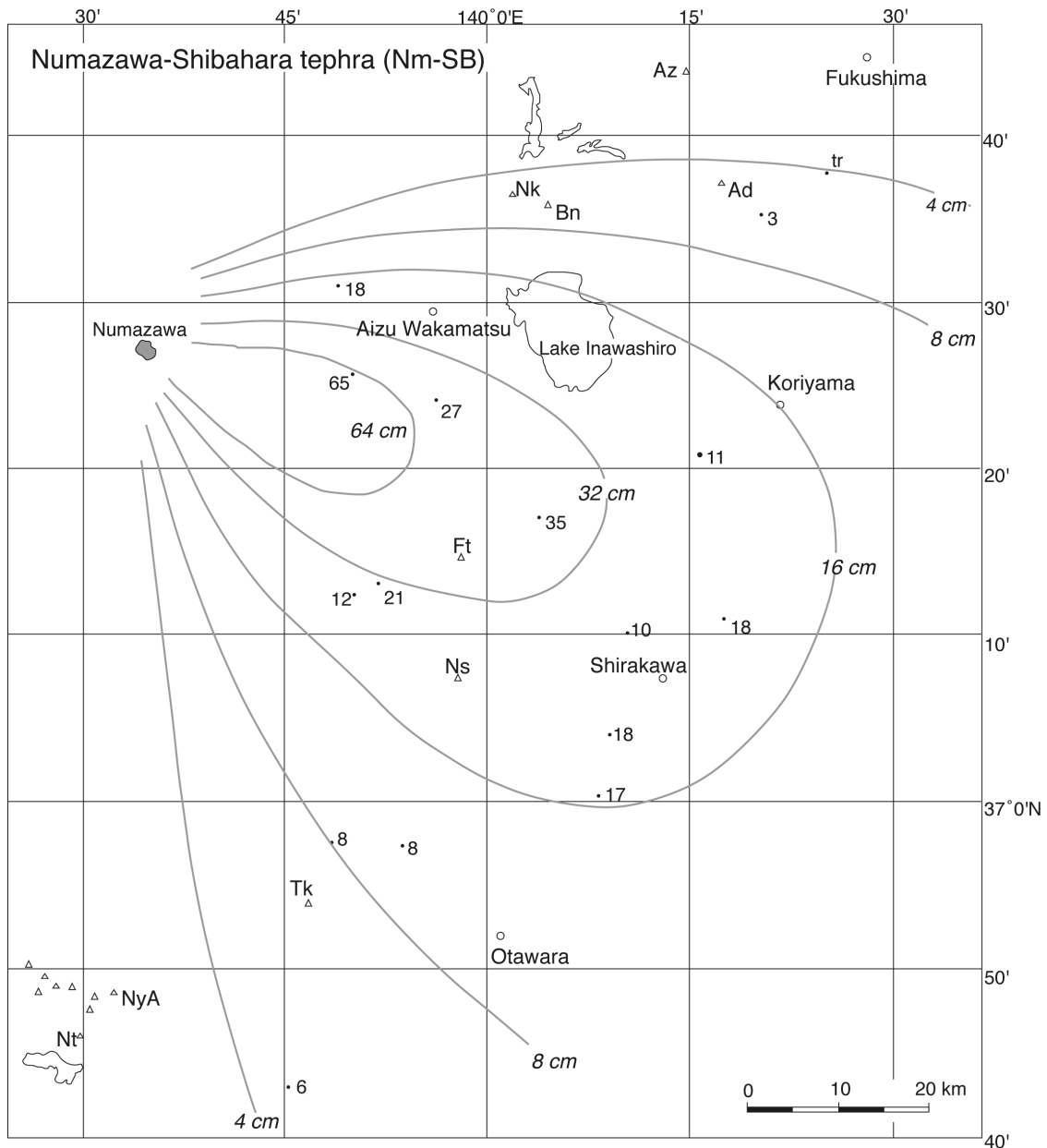
Fig. 27 Distribution of the Numazawa-Mizunuma tephra (Nm-MZ), Unit II. Numerals are measured thickness of the pyroclastic fall deposit in centimeters. Ad = Adataro volcano; Az = Azuma volcano; Bn = Bandai volcano; Ft = Futamatayama volcano; Nm = Numazawa volcano. Modified from Yamamoto (2003).

れている。ユニット II の降下火砕堆積物の等層厚線と面積の関係から遠方部の層厚分布を外挿して (Fig. 26), その体積を積算すると約  $3 \times 10^{11} \text{ km}^3$  (堆積物の平均密度を  $800 \text{ kg/m}^3$  として岩石換算体積は約  $1 \times 10^{11} \text{ km}^3$  DRE, 質量は約  $3 \times 10^{11} \text{ kg}$ ) となった。この値は 4-8-16-32 cm 等層厚線が囲む面積 (Table 4) を用いた降下火砕堆積物の最小体積約  $2 \times 10^{11} \text{ km}^3$  の 1.5 倍である。同様にユニット III・IV の降下火砕堆積物の等層厚線と面積の関係から遠方部の層厚分布を外挿して (Fig. 26), その体積を積算すると約  $2 \times 10^{11} \text{ km}^3$  (堆積物の平均密度を  $1300 \text{ kg/m}^3$  として岩石換算体積は約  $1 \times 10^{11} \text{ km}^3$  DRE, 質量は約  $3 \times 10^{11} \text{ kg}$ )・約  $2 \times 10^{11} \text{ km}^3$  (堆積物の平均密度を  $900 \text{ kg/m}^3$  として岩石換算体積は約  $6 \times 10^{10} \text{ km}^3$  DRE, 質量は約  $1 \times 10^{11} \text{ kg}$ ) となった。これらの値も等層厚線が囲む面積 (Table 4) を用いた降下火砕堆積物の最小体積約  $1 \times 10^{11} \text{ km}^3$  の倍である。各降下火砕堆積物の岩石換算体積は火砕流堆積物のそれよりも一桁小さく、結局、噴出量の総岩石換算体積は約  $2 \times 10^{10} \text{ km}^3$  DRE (質量は約  $6 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) で山元 (2003) と同じである。

## 7.2 沼沢水沼テフラ (Nm-MZ)

山元 (1995) 命名。模式地は、福島県大沼郡金山町水沼の只見川右岸の岸壁。ただし同郡三島町早戸の国道 252 号線早戸トンネル側道沿いの露頭 (Loc. 47) のほうが観察は容易である。本テフラは沼沢火山で約 5 万年前に発生したプリニー式噴火・火砕流噴火の産物で、山元 (1995) により下位からユニット I ~ III に区分されている。本テフラの本質物は、斑晶として斜長石、石英、普通角閃石及びカミングトン閃石、鉄鋳、黒雲母を含み、その量比はこの順で少なくなる (Table 2)。またその  $\text{SiO}_2$  含有量は 69 wt%,  $\text{K}_2\text{O}$  含有量は 1.8 ~ 2.0 wt% である (Yamamoto, 2007)。鈴木・早田 (1994) の沼沢—金山テフラは、山元 (1995) や本報告の水沼火砕堆積物と基本的に同じものである。

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



第 28 図 沼沢芝原テフラ (Nm-SB) の分布。

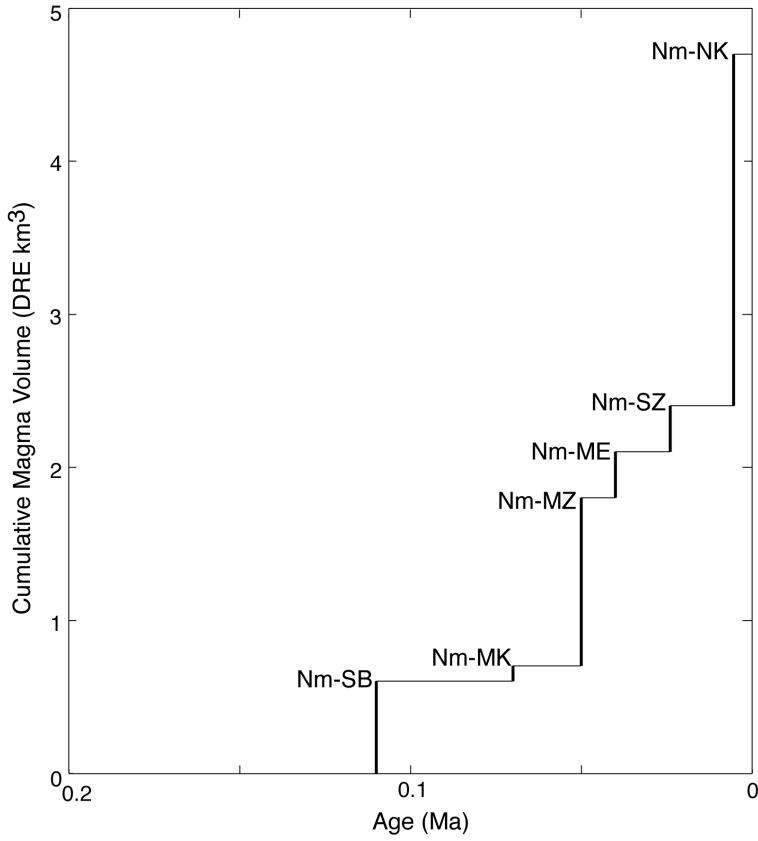
数字は降下火砕堆積物の層厚で、単位は cm。Ad = 安達太良火山; Az = 吾妻火山; Bn = 磐梯火山; Ft = 二岐山火山; Nk = 猫魔火山 Nm = 沼沢火山; Ns = 那須火山群; Nt = 男体火山; NyA = 女峰赤薙火山; Tk = 高原火山。山元 (2003) を一部改変。

Fig. 28 Distribution of the Numazawa-Shibahara tephra (Nm-SB).

Numerals are measured thickness of the pyroclastic fall deposit in centimeters. Ad = Adataro volcano; Az = Azuma volcano; Bn = Bandai volcano; Ft = Futamatayama volcano; Nk = Nekoma volcano; Nm = Numazawa volcano; Ns = Nasu volcanoes; Nt = Nantai volcano; NyA = Nyoho-Akanagi volcano; Tk = Takahara volcano. Modified from Yamamoto (2003).

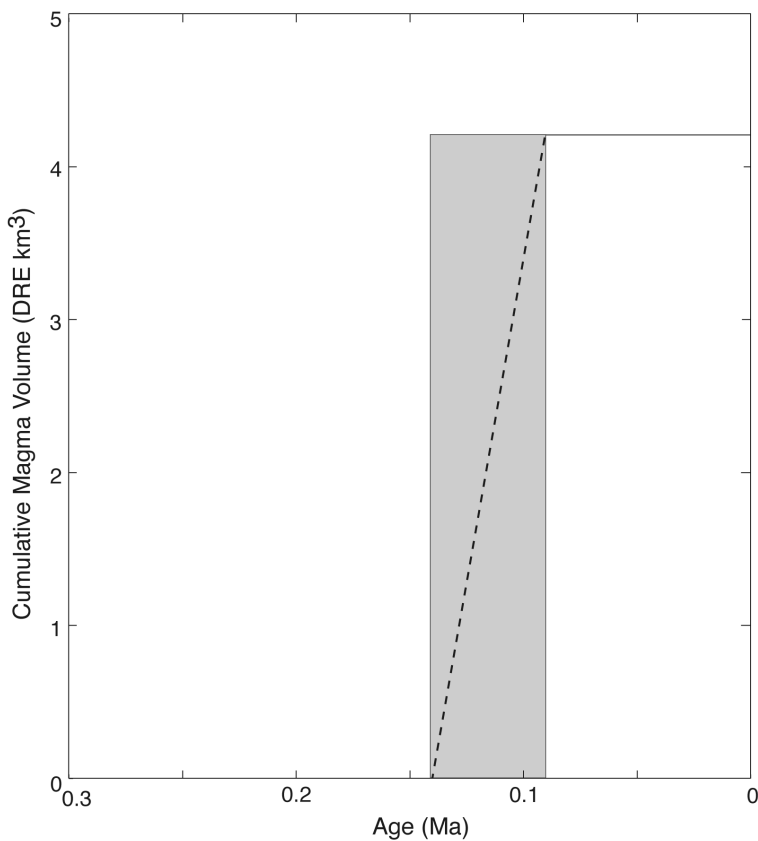
周辺で 40 cm 以上、20 km 東方の地点でも数 cm 以上である。ユニット II は、逆級化構造を持つデイサイト軽石の細粒—粗粒火山礫降下堆積物からなる。分布の主軸は沼沢湖付近から東に向き (Fig. 27), 会津盆地周辺の高位・中位段丘の被覆風成火山灰土 (Locs. 20, 22, 32 & 45;

Figs. 7 & 8) や、赤埴—櫛ヶ峰山体の上位 (Loc. 24; Fig. 7), 伏拝・山崎岩屑なだれ堆積物の上位 (Locs. 13 & 17; Figs. 5 & 6), 白河火砕流群の上位 (Locs. 28 & 35; Figs. 7 & 8), 阿武隈山地内の高位・中位段丘の被覆風成火山灰土 (Locs. 3 & 4; Fig. 3) 中の、Ag-OK・DKP 間に挟まれ



第29図 沼沢火山噴出物の時間積算マグマ体積。  
*Nm-ME* = 沼沢前山溶岩；*Nm-MK* = 沼沢木冷沢溶岩；*Nm-MZ* = 沼沢水沼テフラ；*Nm-NK* = 沼沢沼沢湖テフラ。山元(2003)を一部改変。

Fig. 29 Cumulative magma volume versus age for the products of Numazawa volcano. *Nm-ME* = Numazawa-Maeyama lava; *Nm-MK* = Numazawa-Mukurezawa lava; *Nm-MZ* = Numazawa-Mizunuma tephra; *Nm-NK* = Numazawa-Numazawako tephra; *Nm-SB* = Numazawa-Shibahara tephra; *Nm-SO* = Numazawa-Sozan lava. Modified from Yamamoto (2003).



第30図 二岐山火山噴出物の時間積算マグマ体積。

Fig. 30 Cumulative magma volume versus age for the products of Futamatayama volcano.

ているほか、中通りの郡山層河川堆積物 (Loc. 19; Fig. 6) 中に挟まれている。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、火山中心から 6 km の河谷沿いに分布している。特に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 (Loc. 47)。

ユニットⅡの降下火砕堆積物の等層厚線と面積の関係から遠方部の層厚分布を外挿して (Fig. 26), その体積を積算すると約  $9 \times 10^{-1} \text{ km}^3$  (堆積物の平均密度を  $1100 \text{ kg/m}^3$  として岩石換算体積は約  $4 \times 10^{-1} \text{ km}^3$  DRE, 質量は約  $1 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) となる。この値は 4-8-16-32-64 cm 等層厚線が囲む面積 (Table 4) を用いた降下火砕堆積物の最小体積約  $7 \times 10^{-1} \text{ km}^3$  とほぼ同等である。ユニットⅢの火砕流については、これが只見川本流を 10 km 程度流れ下ったとすると、谷埋め堆積は  $1 \text{ km}^3$  強で、おそらく  $2 \text{ km}^3$  を越えることはなかったと推定されている。火砕流堆積物の非溶結・溶結部の密度から概算するとユニットⅢの岩石換算体積は約  $7 \times 10^{-1} \text{ km}^3$  DRE (質量は約  $2 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) となり、テフラ全体では約  $1 \times 10^0 \text{ km}^3$  DRE (質量は約  $3 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) と見積もられる (山元, 2003)。

### 7.3 沼沢芝原テフラ (Nm-SB)

鈴木 (1992) 命名。模式地は福島県西白河郡西郷村大字真船芝原付近。沼沢火山で、約 11 万年前に発生したプリニー式噴火の産物で (山元, 1999b), 給源近傍の火砕サージ堆積物 (Loc. 48; 山元・駒澤, 2004) と南東へ向かう降下火砕堆積物からなる (Fig. 28)。本テフラの岩質は、カミングトン閃石含有普通角閃石黒雲母流紋岩で、石英や黒雲母の斑晶が肉眼でよく目立つ。降下火砕堆積物は会津盆地周辺の塔寺層・高位段丘の被覆風成火山灰土 (Locs. 34, 36; Fig. 8) や、下郷層・白河火砕流群の上位 (Locs. 28, 35 & 39; Figs. 7, 8 & 9), 高原火山体の上位 (Loc. 42; Fig. 9), 伏拝・山崎・鶴ヶ池・黒磯岩屑なだれ堆積物の上位 (Locs. 13, 18, 29 & 38; Figs. 5, 6, 8 & 9), 福島中通りから栃木県北部の中位段丘の厚い被覆風成火山灰土 (Locs. 20 & 44; Figs. 7 & 10) 中の Ad-DK・Nk-MA 間に挟まれている。降下火砕堆積物の 16-32 cm 等層厚線が囲む面積 (Table 4) を用いた降下火砕堆積物の最小体積は約  $2 \times 10^{-1} \text{ km}^3$  (堆積物の平均密度を  $900 \text{ kg/m}^3$  として岩石換算最小体積は約  $6 \times 10^{-1} \text{ km}^3$  DRE, 最小質量は約  $1 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) である。火口近傍の火砕サージ堆積物の推定体積は、これよりも一桁小さい (山元, 2003)。

### 7.4 沼沢火山のマグマ噴出量

沼沢火山のマグマ噴出量の時間変化については、山元 (2003) が既に明らかにしている。しかしながら、前述のように一部の噴出物の噴出年代には暦年校正が必要で、その結果を Fig. 29 に反映させている。ただし、前半よりも後半の噴出率が大きい特徴は山元 (2003) の指摘通り

で、これはマグマ発生域での部分溶融度の上昇の結果と考えられている (Yamamoto, 2007)。

## 8. 二岐山火山

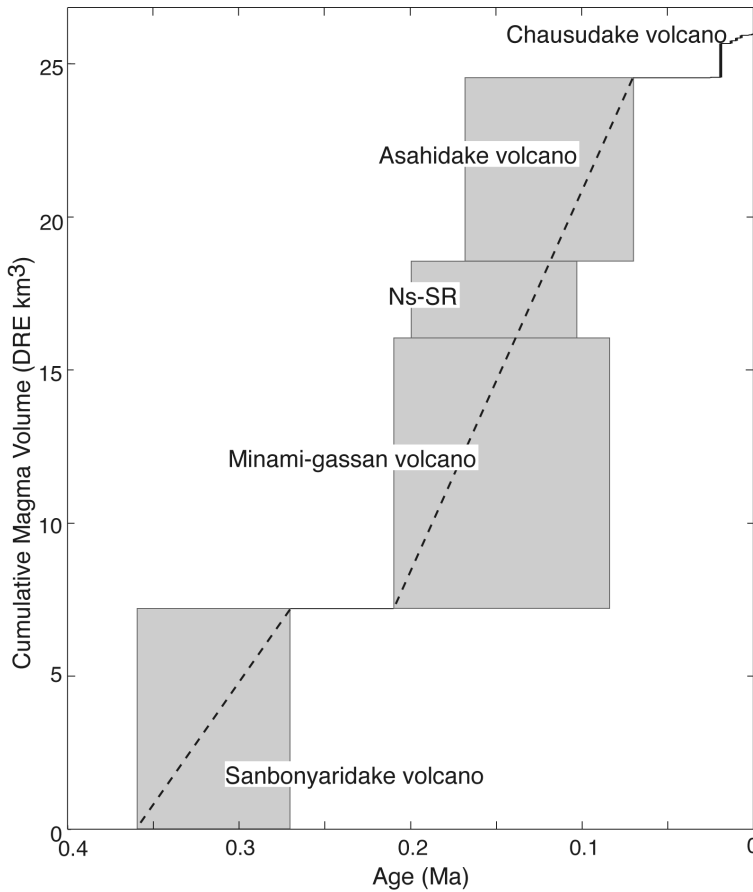
本火山は福島県南部の下郷町・天栄村境界部に位置する二岐山をピークに持つ小型の安山岩質成層火山である。噴出物は複数の安山岩溶岩流からなる岩山溶岩とこれを覆う二俣火砕流堆積物と二岐山溶岩で構成されている (山元, 1999a)。二岐山東方 1.5 km の地点の岩山溶岩からは  $0.14 \pm 0.02 \text{ Ma}$  の K-Ar 年代値が報告され (伴・高岡, 1995), 二俣火砕流堆積物の直上からは約 9 万年前の Aso4 の存在が確認されている (山元, 1999a)。これらのことから本火山の活動時期は、中期更新世末から後期更新世初頭と判断されている。

本火山起源とみられる降下火砕堆積物は、東山麓の天栄村 (Loc. 28; Fig. 7) から、須賀川市にかけて少なくとも 5 層確認でき、下位から二岐山羽鳥 1-5 テフラと呼ぶ (Ft-HT1 ~ Ft-HT5)。Ft-HT1 は Hu-NN の直下に、Ft-HT2 と Ft-HT3 は Hu-NN と Nm-SB の間に、Ft-HT4 と Ft-HT5 は Nm-SB と Nm-MZ の間に位置している。いずれも発泡のあまり良くない安山岩スコリアで構成され、斜長石・斜方輝石・単斜輝石・鉄鉱を含んでいる。稀に石英の結晶片が含まれるほか、最上部のテフラは普通角閃石の結晶片を含んでいる。普通角閃石を含有する特徴は山体最上部の二俣火砕流堆積物・二岐山溶岩と共通するものであり、Ft-HT5 はこの噴火の産物である可能性が大きい。

Ft-HT1 ~ Ft-HT5 はいずれも降下火砕堆積物の等層厚線図が作図できてない。しかしながら山体中心から約 10 km 離れた天栄村羽鳥 (Loc. 28; Fig. 7) で各テフラの層厚が 30 ~ 50 cm あることから、羽鳥までのテフラ等層厚面積を  $30 \text{ km}^2$  と仮定すれば、各テフラの概算の最小体積は約  $2 \sim 4 \times 10^{-2} \text{ km}^3$  (堆積物の平均密度を  $1500 \text{ kg/m}^3$  として岩石換算体積は約  $2 \sim 3 \times 10^{-2} \text{ km}^3$  DRE) 程度となる。溶岩を主とする二岐山火山体の体積自体は、 $4.2 \text{ km}^3$  と見積もられており (伴・高岡, 1995), 噴出物全体に占める降下火砕物の寄与はかなり小さい。二岐山火山のマグマ噴出量の時間変化は、Fig. 30 に示している。

## 9. 那須火山群

那須火山群は、栃木県と福島県の境に位置する第四紀の火山群で (Fig. 1), 南から北へ南月山・茶臼岳・朝日岳・三本槍岳・甲子旭岳の順に連なる成層火山の集合体である (伴・高岡, 1995; 山元・伴, 1997)。このうち茶臼岳火山だけが有史以来何回かの噴火記録のある活火山である。最も古い甲子旭岳火山は 50 万年前頃に活動した玄武岩-安山岩の成層火山体で、福島県内に分布の中心がある。この火山は現在著しい開析を受けており、火



第31図 那須火山群噴出物の時間積算マグマ体積。  
Ns-SR = 那須白河テフラ群。  
Fig. 31 Cumulative magma volume versus age for the products of Nasu volcanoes.  
Ns-SR = Nasu-Shirakawa tephra group.

山の原地形をとどめていない。甲子旭岳火山のすぐ南の栃木・福島県境に位置する三本槍火山は、36～27万年前に活動した成層火山で、玄武岩－安山岩の溶岩・火砕岩からなる前期噴出物と安山岩－デイサイトの厚い溶岩からなる後期噴出物に区分される。三本槍火山はこれよりも新しい噴出物に顕著な不整合で覆われており、新期噴出物を除去すると三本槍火山には南東向きに開いた馬蹄形の大きな火口地形が復元できる。那須火山群東山麓の丘陵地から南の那須野ヶ原にかけて分布する約25万年前の黒磯岩屑なだれ堆積物は、この部分が山体崩壊を起こして発生したものと考えられている。次の朝日岳火山は17～7万年前に活動した安山岩の成層火山で、三本槍火山の崩壊地形を埋めて成長した。その南にある南月山火山も、朝日岳火山とほぼ同時期の21～8万年前に活動した成層火山であるが、朝日岳火山とは独立した山体を形成している。那須火山群で最も新しい茶臼岳火山は約1.9万年前(1.6 kaの放射性炭素年代を暦年校正した年代)から活動を開始している(山元, 1997)。

### 9.1 那須白河テフラ群 (Ns-SR)

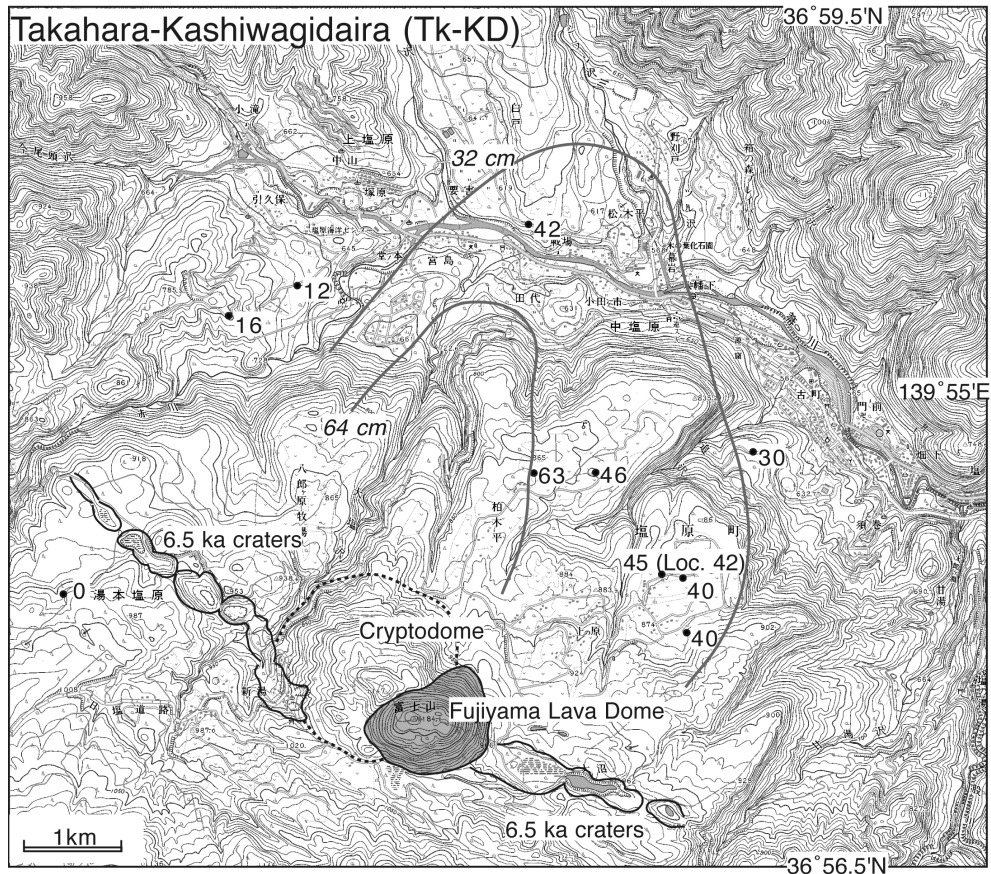
那須火山群の東山麓には、見かけの体積が2.0～0.1 km<sup>3</sup>の12枚のスコリア降下火砕物からなる那須白河テフラ群 (Ns-SR1 から Ns-SR12) が分布する(鈴木, 1992)。

これらのテフラは白河市周辺の白河火砕流堆積物の上位 (Loc. 21 ; Fig. 7) や黒磯岩屑なだれ堆積物の上位 (Locs. 29 & 30 ; Fig. 8) で認められ、その層準はHu-TG直上からKn-KD直上にあり、ほぼ12万年前から20万年前にかけて噴出したものである(山元, 1999b)。この時期には朝日岳火山と南月山火山がほぼ同時に活動していたが(伴・高岡, 1995 ; 山元・伴, 1997)、火山近傍のテフラの層厚分布が不明なこと、テフラの風化が進み岩石学的検討が困難なことから、どのテフラがどちらの火山起源であるのかの判定は出来ていない。

### 9.2 那須火山群のマグマ噴出量

那須火山群のうち茶臼岳火山については、マグマ噴出量の時間変化が明らかにされている(山元, 1997)。ただし、山元(1997)が用いた年代値は暦年校正のされていない放射性炭素年代値であるので、若干の変更が必要である。また、各火山体の体積は、朝日岳山体が6.0 km<sup>3</sup> DRE、南月山山体が11.4 km<sup>3</sup> DRE、三本槍山体が7.2 km<sup>3</sup> DREと見積もられている(伴・高岡, 1995)。更に那須白河テフラ群の総岩石換算体積は2.3 km<sup>3</sup> DREと見積もられている(鈴木, 1992)。朝日岳山体・南月山山体・那須白河テフラ群の活動は重複しているので、これらを一連の活動期と見なし噴出率を平均化すると、火山群全





第 32 図 高原柏木平テフラ (Tk-KD) の分布.

数字は降下火砕堆積物の層厚で、単位は cm.

Fig. 32 Distribution of the Takahara-Kashiwagidaira tephra (Tk-KD).

Numerals are measured thickness of the pyroclastic fall deposit in centimeters.

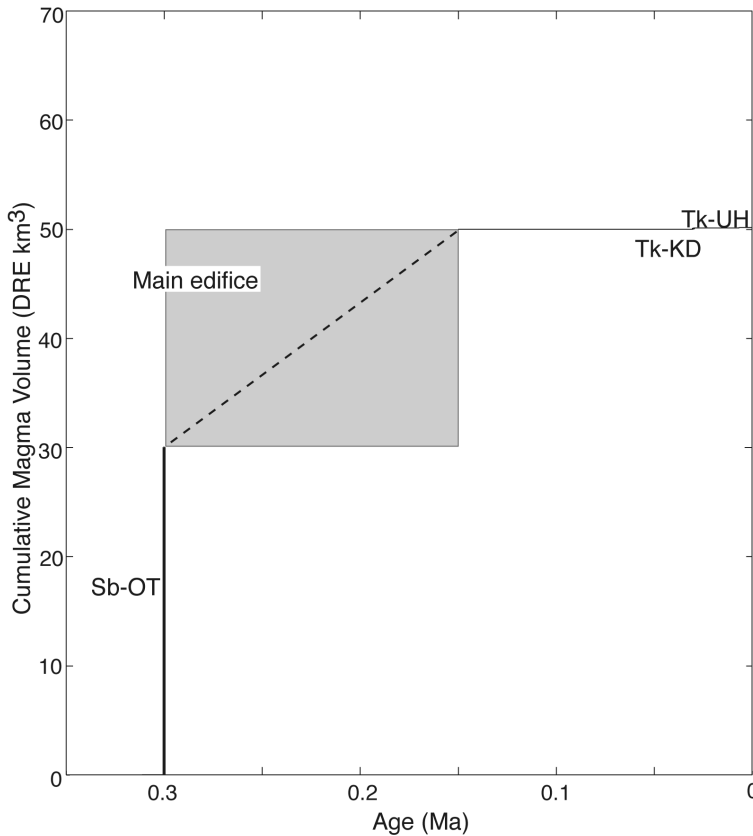
体のマグマ噴出率の時間変化は、Fig. 31 となる。ただし、各火山体の噴出率は一定ではなく、南月山山体に限ってみるとその前期 (21 ~ 18 万年前; 伴・高岡, 1995) のソレライト質マグマの活動で山体の大半が形成されており、実際には活動の強弱があったものと見られる。

## 10. 高原火山

高原火山は、栃木県北部の火山フロント上に位置する成層火山である。成層火山体形成に先立ち大規模な火砕流 (大田原火砕流; Sb-OT) の噴出とカルデラの形成があった (尾上, 1989; 井上ほか, 1994)。大田原火砕流は那須野ヶ原から喜連川丘陵にかけて分布し、噴出年代は層序関係から約 30 万年前と判断されている (鈴木ほか, 2004)。一方、カルデラは塩原カルデラと呼ばれ、成層火山体の北麓にあり、直径約 10 km で、カルデラ内を塩原湖成層が埋積している (尾上, 1989)。玄武岩-デイサイトの溶岩流を主とする成層火山体の形成はカルデラ形成直後から始まり、30-20 万年前の K-Ar 年代値が報告さ

れている (Itaya *et al.*, 1989)。また、この成層火山形成に伴ったとみられる降下火砕物は、那須野ヶ原の黒磯岩層なだれ堆積物の下位と上位にあり (Loc. 40; Fig. 10)、それぞれ戸室山テフラ群 (TM1-TM9; 山元, 1999b) と塩原テフラ群 (SI1-SI4; 鈴木, 1993) と呼ばれている。ただし、これらのテフラはその露出地点が限られ層厚分布を把握できていないので、全てが高原火山起源であるのかどうかは確認できていない。しかしながら、これらのテフラと後述する高原柏木平テフラとの間に明らかな高原火山起源のテフラはないので、少なくとも 15 万年前から約 3 万年の間は、火山活動の休止期間があったものと判断される。

高原火山の最新期の噴出物は、高原火山北山腹で 6.5 千年前に起きた割れ目噴火で、高原上の原テフラ (Tk-UH) と斜方輝石普通角閃石デイサイトの富士山溶岩円頂丘が形成された (Fig. 32; 奥野ほか, 1997)。割れ目噴火方向は西北西-東南東で、長さ約 3 km の火口群が形成され、富士山溶岩円頂丘はその中央に位置している。Tk-UH は石質岩片・火山灰を主体とするものの、1% 以



第 33 図 高原火山噴出物の時間積算マグマ体積。  
*Sb-OT* = 塩原大田原テフラ；*Tk-KD* = 高原柏木平テフラ；*Tk-UH* = 高原上野原テフラ。  
 Fig. 33 Cumulative magma volume versus age for the products of Takahara volcano.  
*Sb-OT* = Shiobara-Otawara tephra; *Tk-KD* = Takahara-Kashiwagidaira tephra; *Tk-UH* = Takahara-Uenohara tephra.

下の微量の斜方輝石普通角閃石デイサイト軽石が含まれるので、溶岩流出に先行したマグマ水蒸気爆発の産物と判断される。Tk-UH の下位にも同様の石質岩片に富んだ粗粒の火砕物が北山腹で確認できたので、これを高原柏木平テフラと呼ぶ。

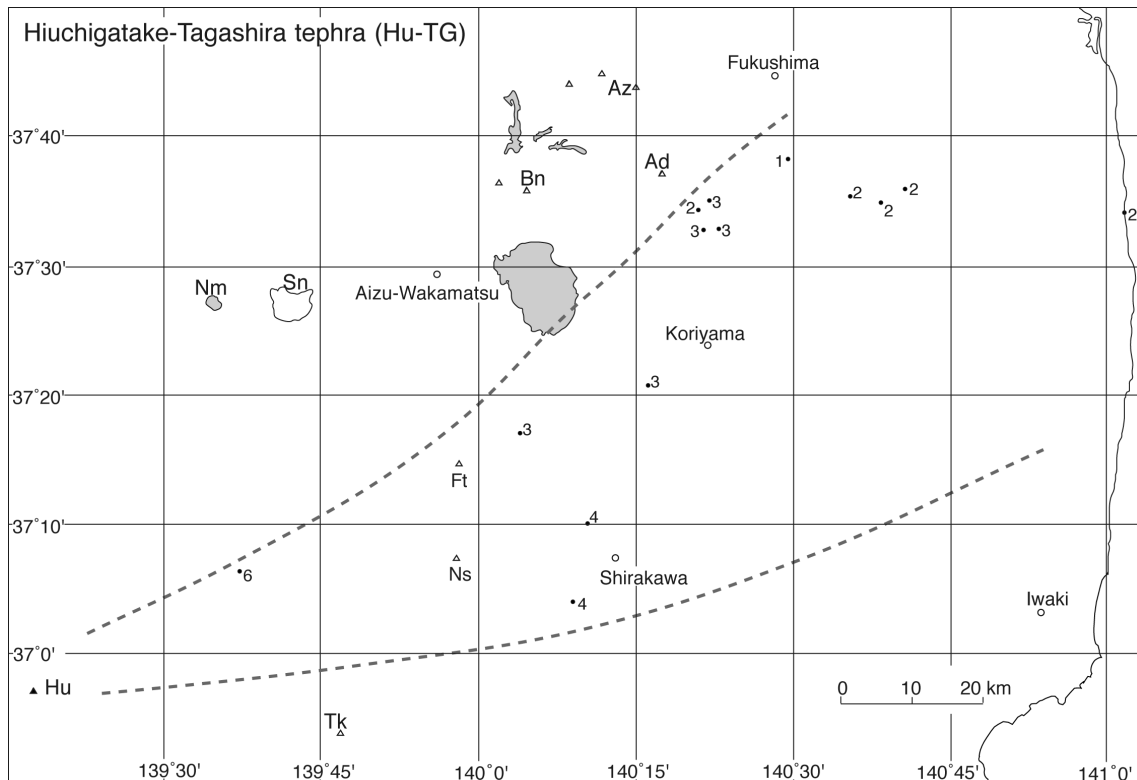
### 10.1 高原柏木平テフラ (Tk-KD)

新称。模式地は、栃木県那須塩原市上の原 (Loc. 42 ; Fig. 9)。本テフラは模式地周辺で、Nt-KU3 と Ag-NM1 間の扶まれる、最大径 60 cm の安山岩石質岩塊をまばらに含む淘汰の悪い火山礫凝灰岩からなる。粗粒岩塊はしばしば下面にインパクト構造をつくり、弾道放出されたものであることを示している。含まれる石質岩片の多くは径 3-4 cm で、粗粒石質火山灰の基質を持つ。上位の Tk-UH とよく似た岩相を示すものの、本テフラは最大径 5 cm の斜方輝石普通角閃石デイサイトの本質岩片を約 10 % 含み、Tk-UH よりも明らかにその含有量が多い。また、この本質岩片は多面体型の緻密なガラス質岩片からなり、形態も Tk-UH の本質物とは異なっている。富士山の北にある柏木平で最も厚く、6.5 千年前の割れ目火口群の北側に分布している (Fig. 32)。層厚分布から推定される給源部には、富士山溶岩円頂丘に覆われて、径約 1 km の潜在円頂丘があり、おそらく本テフラ噴火 (マグマ水蒸気噴火) に伴い形成されたものとみられる。噴

火年代は Nt-KU3 と Ag-NM1 との関係から、約 3 万年前と見積もられる。また、降下火砕堆積物の 32-64 cm 等層厚線が囲む面積 (Table 4) を用いた降下火砕堆積物の最小体積は約  $2 \times 10^{-2} \text{ km}^3$  (本質物の体積はその 1/10 程度) である。一方、潜在円頂丘の体積は約  $1 \times 10^{-1} \text{ km}^3$  と見積もられる。

### 10.2 高原火山のマグマ噴出量

大田原火砕流堆積物 (Sb-OT) の体積は、平均層厚を 50 m として約  $35 \text{ km}^3$  と見積もられている (尾上, 1989)。その大半が中～弱溶結していることから、そのマグマ体積は約  $3 \times 10^1 \text{ km}^3 \text{ DRE}$  とする。成層火山体の体積は概算で約  $2 \times 10^1 \text{ km}^3 \text{ DRE}$  と見積もられ (伴ほか, 1992)、その活動期間はテフラ層序から 30-15 万年と見なされる。Tk-UH については、テフラ中のマグマ含有量は極わずかで、そのマグマ体積を富士山溶岩円頂丘の体積約  $4 \times 10^{-2} \text{ km}^3$  で代表する。Fig. 33 の高原火山におけるマグマ噴出量時間変化はこれらを合計したものである。Tk-KD・Tk-UH は、Sb-OT も含めたそれまでの高原火山噴出物とは異なる石英斑晶に富み、普通角閃石斑晶を含むデイサイトの噴出物である (伴ほか, 1992 ; 井上ほか, 1994)。また、Tk-UH (富士山溶岩) の Rb/Zr 比はそれまでの高原火山噴出物よりも有意に高く (伴ほか, 1992)、起源物質の違いを示唆している。それゆえ、約 3 万年前から新



第 34 図 燧ヶ岳田頭テフラ (Hu-TG) の分布。

数字は降下火砕堆積物の平均最大粒径で, 単位は mm. Ad = 安達太良火山; Az = 吾妻火山; Bn = 磐梯火山; Ft = 二岐山火山; Hu = 燧ヶ岳火山; Nm = 沼沢火山; Ns = 那須火山群; Sn = 砂子原カルデラ; Tk = 高原火山。

Fig. 34 Distribution of the Hiuchigatake-Tagashira tephra (Hu-TG).

Numerals are measured diameter of fallout pumice in millimeters. Ad = Adatarata volcano; Az = Azuma volcano; Bn = Bandai volcano; Ft = Futamatayama volcano; Hu = Hiuchigatake volcano; Nm = Numazawa volcano; Ns = Nasu volcanoes; Sn = Sunagohara caldera; Tk = Takahara volcano.

たに始まった Tk-KD・Tk-UH の活動は, それまでの高原火山のマグマ供給系とは全く別系統のマグマに由来するものとみられる。

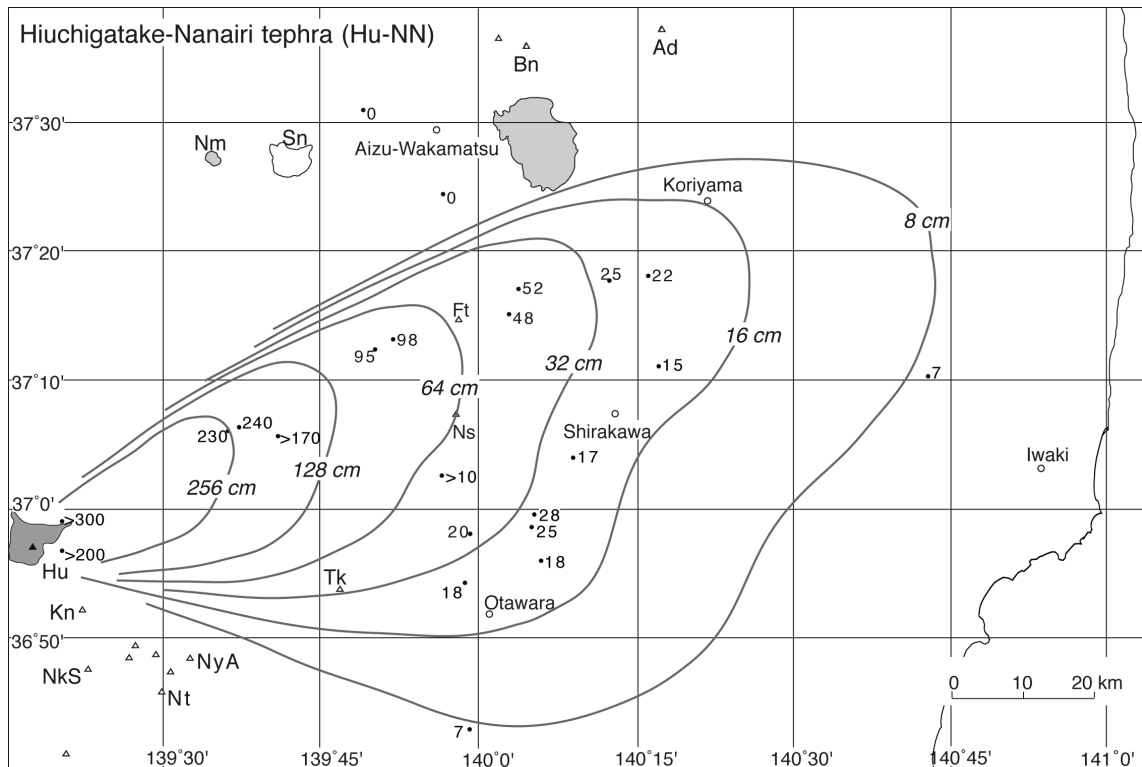
## 11. 燧ヶ岳火山

燧ヶ岳火山は, 福島県南西縁の尾瀬沼の北にある小型の成層火山である (Fig. 1; 渡邊, 1989a)。その最初期の噴出物は 16-17 万年前のデイサイト質の七入軽石・モーカケ火砕流堆積物で, その降下火砕物は栃木県北部から福島県南部に広く分布している (早川ほか, 1997; 山元, 1999a)。モーカケ火砕流堆積物は一部弱溶結し, 最大層厚 150 m で旧谷地形を埋積し, 上面の標高が 1200-1300 m の火砕流台地を構成している (渡邊, 1989a)。その後, 安山岩-デイサイトの厚い舌状の溶岩からなる比高約 1000 m, 底部が 8×6 km の山体が火砕流台地上に形成されている。活動前半 (I・II 期) の噴出物は斜方輝石や単斜輝石斑晶のみからなるが, 後半 (III・IV 期) には輝石以外に普通角閃石・黒雲母・石英斑晶が出現するようになる (渡邊, 1989a; 1989b)。

### 11.1 燧ヶ岳田頭テフラ (Hu-TG)

鈴木 (1992) 命名。模式地は栃木県那須郡那須町矢の目ダム (Loc. 29)。燧ヶ岳火山起源と見られる 12.9 万年前 (青木ほか, 2008) のプリニー式噴火の産物で, 北東へ向かう降下火砕堆積物からなる (Fig. 34)。燧ヶ岳周辺から本テフラの給源近傍相は確認されていないが, 只見川沿いに本テフラ由来のラハール堆積物が分布するのでその上流にある本火山が給源と判断された (山元・駒澤, 2004)。本テフラの岩質は黒雲母普通角閃石斜方輝石単斜輝石デイサイトで, 肉眼では石英や有色鉱物の結晶片が目立っている。降下火砕物は, 南会津の高位段丘の被覆風成火山灰土 (Loc. 50; Fig. 11) や, 山崎・黒磯岩屑なだれ堆積物の上位 (Locs. 16, 17, 18 & 29; Figs. 6 & 8), 白河火砕流群の上位 (Loc. 28; Fig. 7), 阿武隈山地内の高位段丘の厚い被覆風成火山灰土 (Locs. 3, 5 & 12; Figs. 3 & 5) 中の Az-SK・Ag-MzP7 間に挟まれているほか, 浜通りの MIS 5e 海成層塚原層基底部に確認できる (Loc. 2; Fig. 3)。塚原層基底部の本テフラは海進時のラグ堆積物中に円磨された軽石質の碎屑粒子として含まれ, 二次堆積物であることを示している。それゆえ, 本テフラの降下時期





第 35 図 燧ヶ岳七入テフラ (Hu-NN) の分布。

数字は降下火砕堆積物の層厚で、単位は cm。Ad = 安達太良火山；Bn = 磐梯火山；Ft = 二岐山火山；Hu = 燧ヶ岳火山；Kn = 鬼怒沼火山；NkS = 日光白根火山；Nm = 沼沢火山；Ns = 那須火山群；Nt = 男体火山；NyA = 女峰赤薙火山；Sn = 砂小原カルデラ；Tk = 高原火山。山元 (1999b) を一部改変。

Fig. 35 Distribution of the Hiuchigatake-Nanairi tephra (Hu-NN).

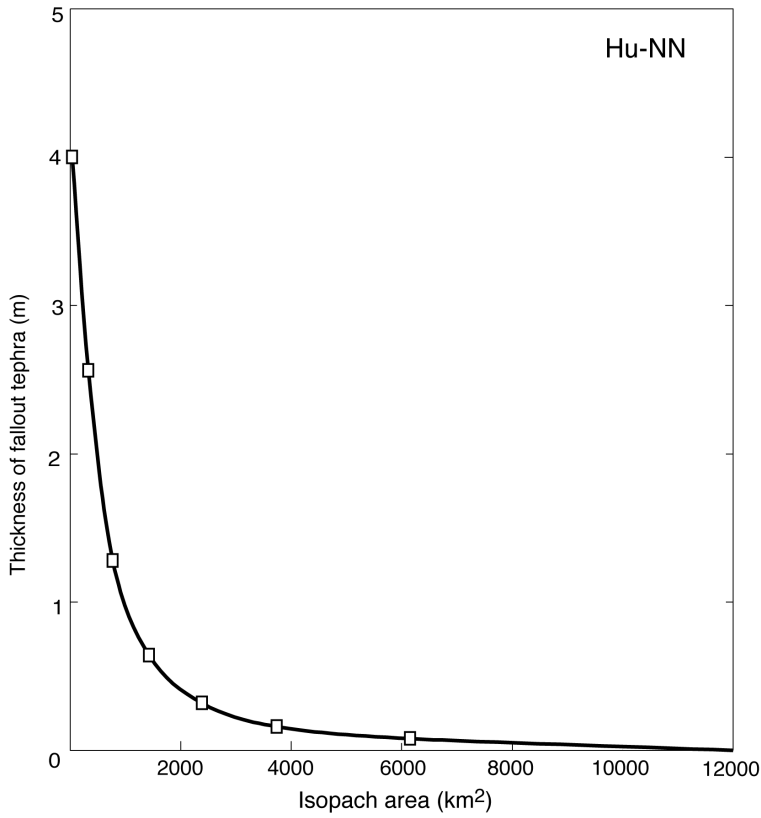
Numerals are measured thickness of the pyroclastic fall deposit in centimeters. Ad = Adataro volcano; Bn = Bandai volcano; Ft = Futamatayama volcano; Hu = Hiuchigatake volcano; Kn = Kininima volcano; NkS = Nikko-Shirane volcano; Nm = Numazawa volcano; Ns = Nasu volcanoes; Nt = Nantai volcano; NyA = Nyoho-A kanagi volcano; Sn = Sunagohara caldera; Tk = Takahara volcano. Modified from Yamamoto (1999b).

は MIS 5e の最大海進時直前で (鈴木, 1999), 茨城県鹿島沖の海底コアの酸素同位体層序から推定された噴出年代 (129.0±3.0 ka; 青木ほか, 2008) との一致が良い。一方、火山灰土中の本テフラは上下の土壌と攪拌されている地点が多く、単層として認定しづらい。それでも火山灰土中に白色軽石や石英斑晶が濃集する層準として、テフラの追跡は可能で、軽石の粒径は南西に向かって大きくなる (Fig. 34)。降下火砕堆積物の 4 cm 等層厚線が囲む面積 (Table 4) を用いた降下火砕堆積物の最小体積は約  $1 \times 10^0 \text{ km}^3$  (堆積物の平均密度を  $800 \text{ kg/m}^3$  として岩石換算体積は約  $4 \times 10^{-1} \text{ km}^3 \text{ DRE}$ , 最小質量は約  $1 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) である。

### 11.2 燧ヶ岳七入テフラ (Hu-NN)

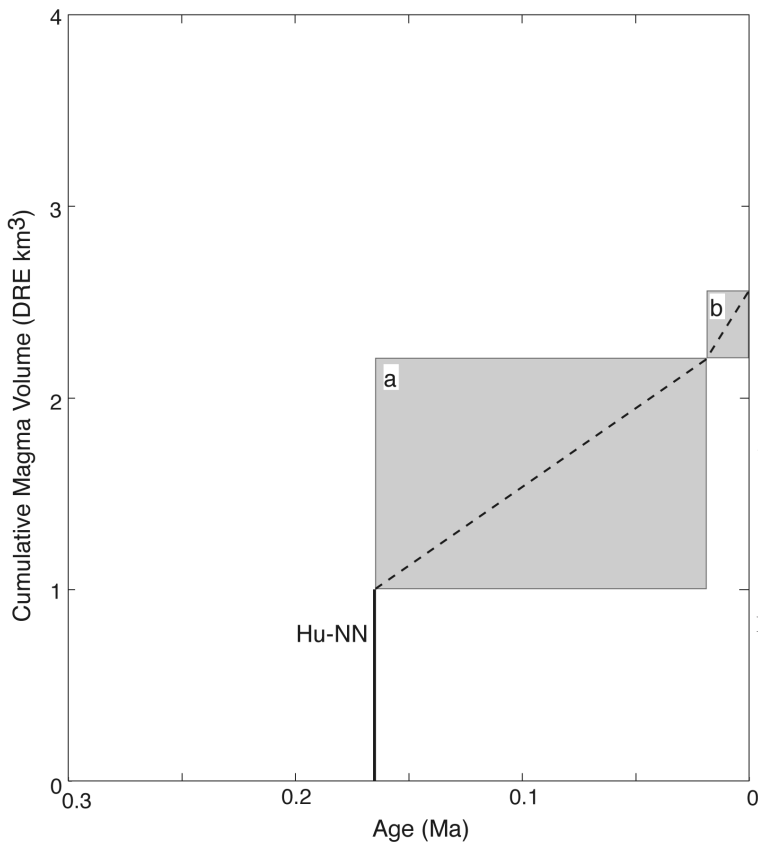
渡邊 (1989a) の七入軽石を、山元 (1999b) が再定義。模式地は福島県南会津郡檜枝岐村七入 (Loc. 57)。燧ヶ岳火山で、16-17 万年前に発生したプリニー式噴火の産物で (山元, 1999b), 給源近傍のモーカケ火砕流堆積物と東北東へ向かう降下火砕堆積物からなる (Fig. 35)。本テ

フラの岩質は、斜方輝石単斜輝石デイサイトで、火山ガラス片の屈折率は 1.503-1.505, 斜方輝石の屈折率は 1.706-1.708 に良く集中する (Table 2)。降下火砕堆積物は南会津の高位段丘の被覆風成火山灰土 (Locs. 49 & 50; Fig. 11) や、鶴ヶ池・黒磯岩層なだれ堆積物の上位 (Locs. 29, 38 & 40; Figs. 8, 9 & 10), 下郷層・白河火砕流群の上位 (Locs. 21, 27, 28 & 39; Figs. 7 & 9), 那須野ヶ原の大田原火砕流堆積物の上位 (Loc. 41; Fig. 9), 阿武隈山地の厚い被覆風成火山灰土 (Loc. 9; Fig. 4) 中の Sn-KB・Hu-TG 間、もしくは Kn-KD・SI3 間に挟まれている。降下火砕堆積物の等層厚線と面積の関係から遠方部の層厚分布を外挿して (Fig. 36), その体積を積算すると約  $4 \times 10^0 \text{ km}^3$  (堆積物の平均密度を  $800 \text{ kg/m}^3$  として岩石換算体積は約  $1 \times 10^0 \text{ km}^3 \text{ DRE}$ , 質量は約  $3 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) となる。この値は 8-16-32-64-128-256 cm 等層厚線が囲む面積 (Table 4) を用いた降下火砕堆積物の最小体積約  $3 \times 10^0 \text{ km}^3$  とほぼ同等である。モーカケ火砕流堆積物については、堆積物平均密度を  $1200 \text{ kg/m}^3$  として、その岩石換算



第 36 図 燧ヶ岳七入テフラ (*Hu-NN*) の降下火砕堆積物の層厚と等層厚線面積の関係。

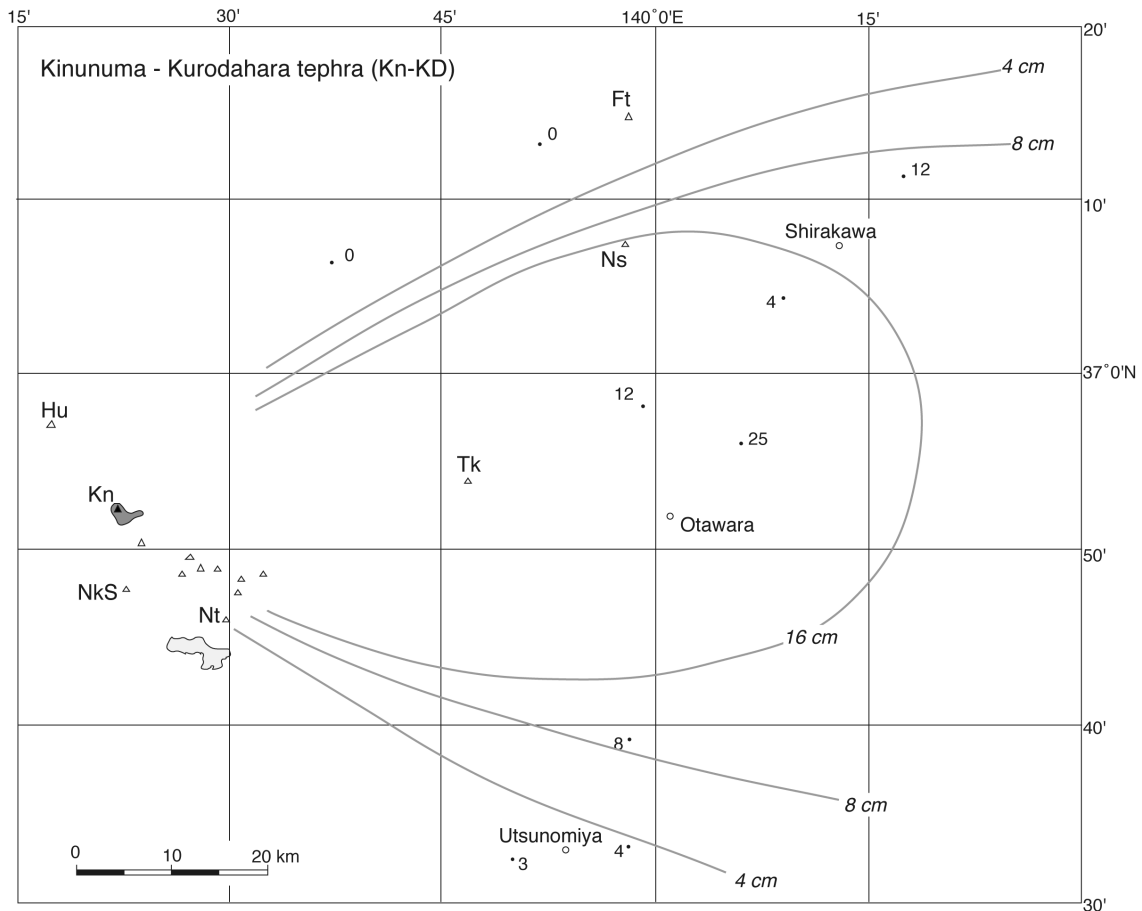
Fig. 36 Thickness versus isopach area for the pyroclastic fall deposits of the Hiuchigatake-Nanairi tephra (*Hu-NN*).



第 37 図 燧ヶ岳火山噴出物の時間積算マグマ体積。  
*Hu-NN* = 燧ヶ岳七入テフラ；*a* = 大櫛沢火山体 + 柴安グラ火山体 + 重兵衛池溶岩；*b* = 熊沢田代溶岩 + 三池岳溶岩 + 赤ナグレ溶岩。早川ほか (1997) を改変。

Fig. 37 Cumulative magma volume versus age for the products of Hiuchigatake volcano. *Hu-NN* = Hiuchigatake-Nanairi tephra; *a* = Oozorizawa edifice + Shibayasugura edifice + Jyubeiike lava; *b* = Kumazawatashiro lava + Miikedake lava + Akanagure lava. Modified from Hayakawa *et al.* (1997).





第 38 図 鬼怒沼黒田原テフラ (Kn-KD) の分布。

数字は降下火砕堆積物の層厚で、単位は cm. Ft = 二岐山火山; Hu = 燧ヶ岳火山; Kn = 鬼怒沼火山; NkS = 日光白根火山; Nt = 男体火山; Tk = 高原火山. 山元 (1999b) を一部改変。

Fig. 38 Distribution of the Kinunuma-Kurodahara tephra (Kn-KD).

Numerals are measured thickness of the pyroclastic fall deposit in centimeters. Ft = Futamatayama volcano; Hu = Hiuchigatake volcano; Kn = Kinunuma volcano; NkS = Nikko-Shirane volcano; Nt = Nantai volcano; Tk = Takahara volcano. Modified from Yamamoto (1999b).

体積は約  $5 \times 10^{11} \text{ km}^3$  DRE (質量は約  $1 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) と見積もられ (山元, 1999b), テフラ全体では約  $2 \times 10^0 \text{ km}^3$  DRE (質量は約  $4 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) となる。

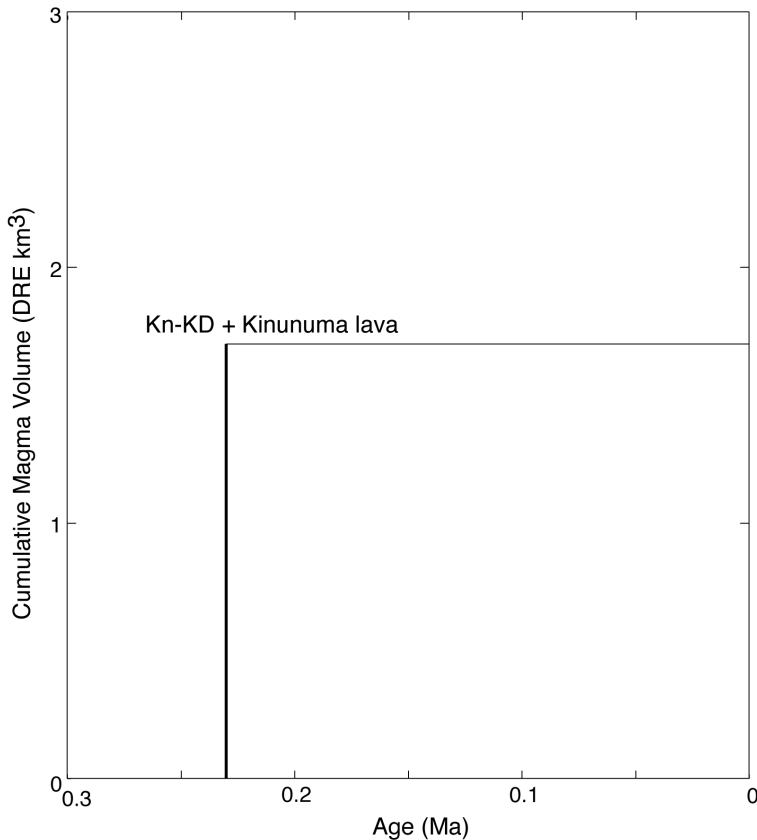
### 11.3 燧ヶ岳火山のマグマ噴出量

本火山のマグマ噴出量の時間変化図は早川ほか (1997) により作成されているものの, Hu-NN の噴出年代を彼らの 35 万年前から 16-17 万年前に修正する必要がある。その理由は, 彼らが 35 万年前の年代の根拠とした那須野ヶ原における大町 APm-U テフラ (鈴木, 1993) の対比が間違っていたためで, このテフラはのちに弓張テフラ (Yum) と再定義された (鈴木ほか, 1998)。早川ほか (1997) によると, Hu-NN 以降の燧ヶ岳火山体は, 大櫛沢火山体, 柴安グラ火山体, 重兵衛池溶岩, 熊沢田代溶岩, 赤ナグレ溶岩, 三池岳溶岩の順で形成され, 熊沢田代溶岩から 16 ka の放射性炭素年代が報告されている。Fig. 37

は, 早川ほか (1997) の火山体体積の見積りをそのままに, 年代を修正して作成したマグマ噴出量の時間変化図である。燧ヶ岳出現時の Hu-NN プリニー式噴火が, 単独の噴火イベントとしては最も規模が大きい。

## 12. 鬼怒沼火山

鬼怒沼火山は尾瀬沼の南東 7km の鬼怒沼付近から噴出した斜方輝石角閃石デイサイトのヒナタオソロシノ滝火砕流堆積物と鬼怒沼溶岩流からなる一輪廻の単成火山である (Fig. 1; 中村・鈴木, 1983; 山元, 1999b)。デイサイト溶岩流は幅 1.4-1.6 km で, 長さが 2.4 km, 厚さが 150 m 前後の一枚の舌状溶岩流からなる。火砕流堆積物は鬼怒川源頭部の沢沿い標高 1400-1600 m の沢沿いに分布し, 溶岩流と岩質の良く似たデイサイト軽石に富む火山礫凝灰岩-凝灰角礫岩からなり, 上部を除くと溶結し



第 39 図 鬼怒沼火山噴出物の時間積算マグマ体積.

*Kn-KD* = 鬼怒沼黒田原テフラ.

Fig. 39 Cumulative magma volume versus age for the products of Kuninima volcano. *Kn-KD* = Kinunuma-Kurodahara tephra.

ている。火砕流堆積物の層厚はヒナタオソロシノ滝付近で約 180 m と最大になる。鬼怒沼溶岩流中のジルコンからは、 $0.24 \pm 0.05$  Ma のフィッシュン・トラック年代値が得られている (山元, 1999b)。

### 12.1 鬼怒沼黒田原テフラ (Kn-KD)

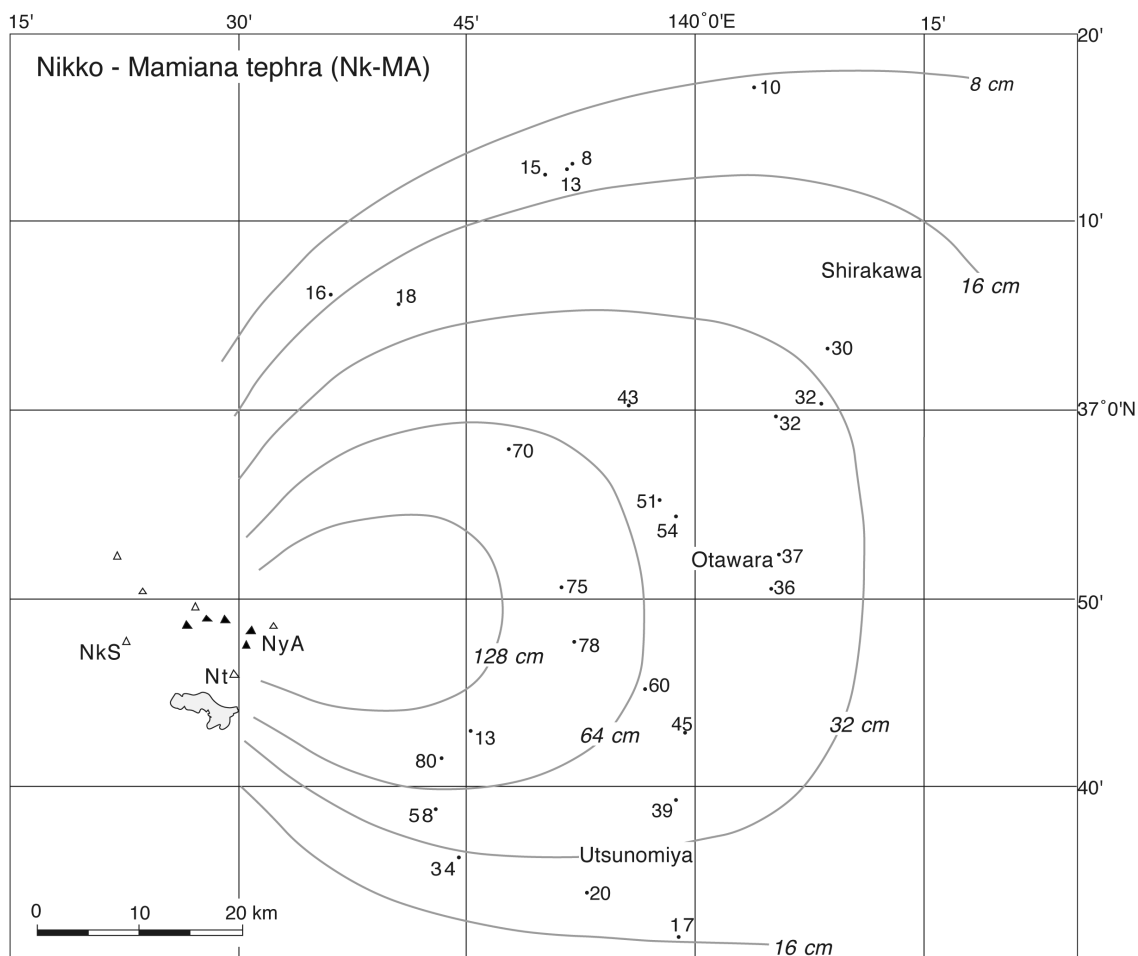
鈴木 (1992; 1993) の黒田原軽石を、山元 (1999b) が再定義。模式地は栃木県那須塩原市樋沢。鬼怒沼火山で、23-24 万年前に発生したプリニー式噴火の産物で (山元, 1999b), 給源近傍のヒナタオソロシノ滝火砕流堆積物と東へ向かう降下火砕堆積物からなる (Fig. 38)。本テフラの岩質は斜方輝石普通角閃石デイサイトで、石英と有色鉱物の斑晶が目立つ (Table 2)。降下火砕物は、黒磯岩屑なだれ堆積物の上位 (Locs. 29 & 40; Figs. 8 & 10), 白河火砕流群の上位 (Loc. 21; Fig. 7), 鬼怒川沿いの高位段丘の厚い被覆風成火山灰土中の Hr-MZ・Hu-NN 間に挟まれているほか、茨城県大洗町の MIS 7.3 層中にその再堆積物が確認できる (山元, 2007)。降下火砕堆積物の 16 cm 等層厚線が囲む面積 (Table 4) を用いた降下火砕堆積物の最小体積は約  $2 \times 10^0 \text{ km}^3$  (堆積物の平均密度を  $800 \text{ kg/m}^3$  とし、岩石換算最小体積は約  $6 \times 10^{-1} \text{ km}^3 \text{ DRE}$ , 最小質量は約  $1 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) である。大半が溶結したヒナタオソロシノ滝火砕流堆積物の体積も約  $6 \times 10^{-1} \text{ km}^3 \text{ DRE}$  (質量は約  $1 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) であるので (山元, 1999b), テフラの総体積は約  $1 \times 10^0 \text{ km}^3 \text{ DRE}$  (質量は約  $2 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) となる。

### 12.2 鬼怒沼火山のマグマ噴出量

前述のように鬼怒沼火山は、Kn-KD のテフラ噴火とこれに連続した鬼怒沼溶岩流の流出イベントのみからなる単成火山である。鬼怒沼溶岩流の体積は、約  $5 \times 10^{-1} \text{ km}^3 \text{ DRE}$  であるので (山元, 1999b), テフラと合わせた本火山の総マグマ噴出量は約  $2 \times 10^0 \text{ km}^3 \text{ DRE}$  となる (Fig. 39)。

## 13. 日光火山群

日光火山群は、栃木県北西部の日光市付近から栃木—群馬県境付近にかけての地域に分布する第四紀火山群の総称である (山崎, 1958; 佐々木, 1994)。日光火山群の活動は、まず東部で 60 万年前頃から女峰赤薙成層火山の活動が始まり、次に噴出中心が西方に移動して丹勢・大真名子・小真名子・太郎・山王帽子などの溶岩円頂丘群が形成され、その後約 2 万年前以降に男体・三ッ岳・日光白根の諸火山が噴出した (佐々木, 1994)。女峰赤薙火山に続く溶岩ドーム群の活動時期は特定されていないものの、日光火山群の東山麓には約 8 万年前よりも古い多くの降下火砕堆積物が分布することがこれまでの研究で明らかにされている (村本, 1992; 鈴木, 1993)。本報告では、その中でも規模が大きく、調査地域内の複数地点で確認され分布図が作成できた日光満美穴、日光早乙女、日光行川、日光矢板の各テフラについて記載する。



第40図 日光満美穴テフラ (Nk-MA) の分布。  
 数字は降下火砕堆積物の層厚で、単位は cm。NkS = 日光白根火山; Nt = 男体火山; NyA = 女峰赤薙火山。  
 山元 (1999b) を一部改変。

Fig. 40 Distribution of the Nikko-Mamiana tephra (Nk-MA).  
 Numerals are measured thickness of the pyroclastic fall deposit in centimeters. NkS = Nikko-Shirane volcano; Nt = Nantai volcano; NyA = Nyoho-Akanagi volcano. Modified from Yamamoto (1999b).

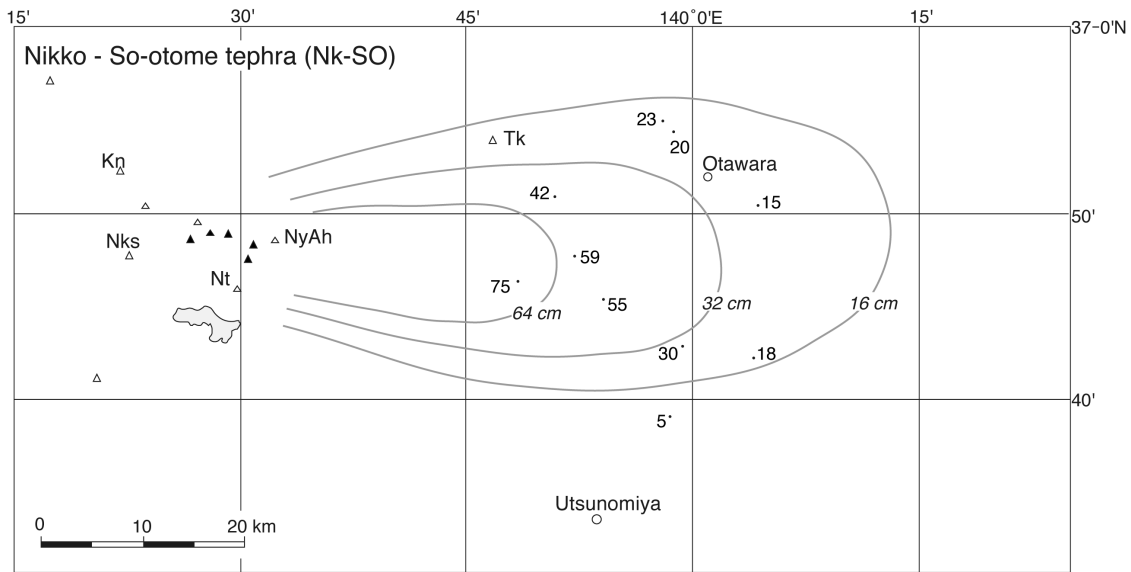
### 13-1. 日光<sup>まみあな</sup>満美穴テフラ (Nk-MA)

阿久津 (1957) 命名。模式地は栃木県塩谷郡塩谷町荻久保の高原牧場 (Loc. 43; Fig. 10)。日光火山群で約 10 万年前に発生したプリニー式噴火の産物で、北東から南東へ広く分布が追跡できる降下火砕堆積物からなる (Fig. 40; 山元, 1999b)。ただし、日光火山群のどの山体から噴出したのかは確定していない。本テフラの岩質は斜方輝石単斜輝石安山岩である (Table 2)。模式地での層厚は 78 cm で、粒度の異なる複数のユニットからなる。その基底部 17 cm は良く発泡したオレンジ色-赤褐色の軽石火山礫、その上位に厚さ 25 cm でやや発泡の良い赤褐色スコリア火山礫、層厚 21 cm で発泡のやや悪い暗褐色スコリア細粒火山礫、層厚 15 cm の成層した粗粒火山灰が重なっている。降下火砕物は、南会津の高位段丘の被覆風成火山灰土 (Locs. 49 & 50; Fig. 11) や、高原火山体の上位 (Loc. 42; Fig. 9)、鶴ヶ池・黒磯・尚仁沢岩屑など

れ堆積物の上位 (Locs. 30, 38 & 43; Figs. 8, 9 & 10)、下郷層・白河火砕流群の上位 (Locs. 28 & 39; Figs. 7 & 9)、大田原火砕流堆積物の上位 (Loc. 41; Fig. 9)、那珂川・鬼怒川沿いの高位・中位段丘の厚い被覆風成火山灰土中 (Locs. 31, 44 & 51; Figs. 8, 10 & 11) の Nm-SB・On-Pm1 間に挟まれている。日光火山群の中央部から噴出したと仮定して、降下火砕堆積物の 16-32-64-128 cm 等層厚線が囲む面積 (Table 4) を用いた降下火砕堆積物の最小体積は約  $3 \times 10^0 \text{ km}^3$  (堆積物の平均密度を  $1000 \text{ kg/m}^3$  とし、岩石換算最小体積は約  $1 \times 10^0 \text{ km}^3$  DRE, 最小質量は約  $3 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) である。

### 13.2 日光<sup>そおとめ</sup>早乙女テフラ (Nk-SO)

村本 (1992)・鈴木 (1993) 命名。模式地は栃木県塩谷郡塩谷町荻久保の高原牧場 (Loc. 43; Fig. 10)。日光火山群で約 13 万年前に発生したプリニー式噴火の産物で、東



第 41 図 日光早乙女テフラ (Nk-SO) の分布。

数字は降下積堆積物の層厚で、単位は cm。Kn = 鬼怒沼火山；NkS = 日光白根火山；Nt = 男体火山；NyAh = 女峰赤薙火山；Tk = 高原火山。

Fig. 41 Distribution of the Nikko-So-otome tephra (Nk-SO).

Numerals are measured thickness of the pyroclastic fall deposit in centimeters. Kn = Kininima volcano; NkS = Nikko-Shirane volcano; Nt = Nantai volcano; NyAh = Nyoho-Akanagi volcano; Tk = Takahara volcano.

へ向かう降下火砕堆積物からなる (Fig. 41)。ただし、日光火山群のどの山体から噴出したのかは確定していない。本テフラの岩質は普通角閃石含有斜方輝石単斜輝石安山岩である (Table 2)。模式地での層厚は 59 cm で、粒度の異なる複数のユニットからなる。その基底部 32 cm は良く発泡したオレンジ色軽石火山礫、その上位に厚さ 19 cm でやや発泡の良い暗褐色スコリア火山礫、層厚 8 cm の粗粒火山灰と発泡のやや悪い暗褐色スコリア細粒火山礫が重なっている。降下火砕物は、尚仁沢岩屑なだれ堆積物の上位 (Loc. 43; Fig. 10)、大田原火砕流堆積物の上位 (Loc. 41; Fig. 9)、那珂川・鬼怒川沿いの高位・中位段丘の厚い被覆風成火山灰土中 (Loc. 31; Fig. 8) の Nk-NM・Ag-MzP9-10 間に挟まれており、層序的に約 13 万年前の噴出物と判断される。日光火山群の中央部から噴出したと仮定して、降下火砕堆積物の 16-32-64 cm 等層厚線が囲む面積 (Table 4) を用いた降下火砕堆積物の最小体積は約  $7 \times 10^{11} \text{ km}^3$  (堆積物の平均密度を  $1000 \text{ kg/m}^3$  として岩石換算最小体積は約  $3 \times 10^{11} \text{ km}^3$  DRE, 最小質量は約  $7 \times 10^{11} \text{ kg}$ ) である。

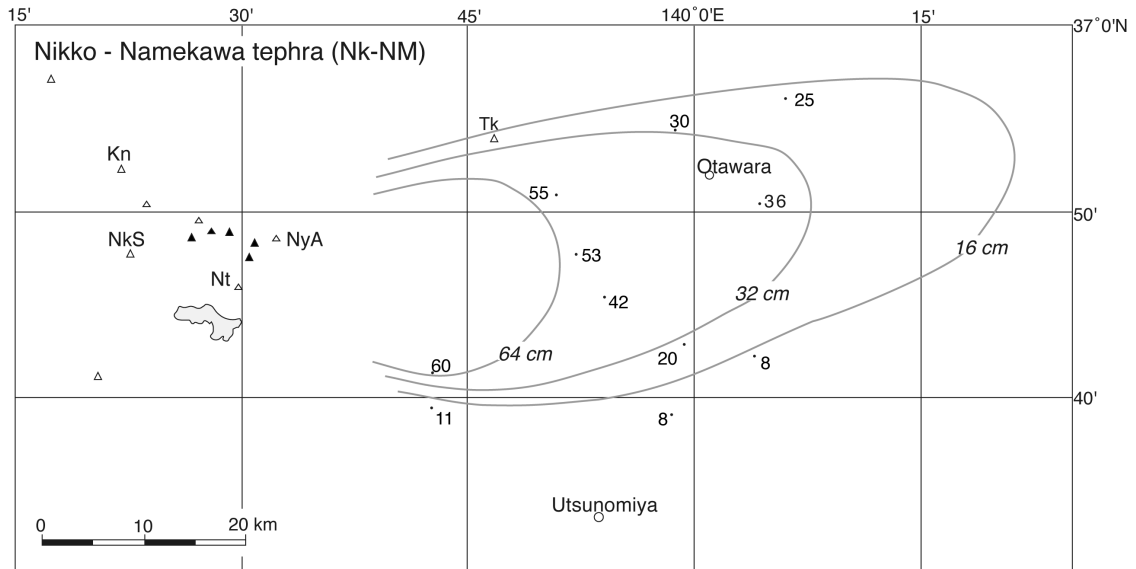
### 13.3 日光行川テフラ (Nk-NM)

鈴木 (1993) 命名。模式地は栃木県塩谷郡塩谷町荻久保の高原牧場 (Loc. 43; Fig. 10)。日光火山群で約 14 万年前に発生したプリニー式噴火の産物で、東へ向かう降下火砕堆積物からなる (Fig. 42)。ただし、日光火山群のどの山体から噴出したのかは確定していない。本テフラ

の岩質は普通角閃石含有斜方輝石単斜輝石安山岩である (Table 2)。模式地での層厚は 53 cm で、粒度の異なる複数のユニットからなる。その基底部 23 cm は淘汰の良い赤褐色—暗灰色スコリア火山礫、その上位に厚さ 10 cm で赤褐色スコリア細粒火山礫、層厚 10 cm の粗粒火山灰、層厚 10 cm の暗褐色スコリア火山礫混じり粗粒火山灰が重なっている。降下火砕物は、尚仁沢岩屑なだれ堆積物の上位 (Loc. 43; Fig. 10)、大田原火砕流堆積物の上位 (Loc. 41; Fig. 9)、那珂川・鬼怒川沿いの高位・中位段丘の厚い被覆風成火山灰土中 (Locs. 31 & 51; Figs. 8 & 11) の Nk-YT・Nk-SO 間に挟まれており、層序的に約 14 万年前の噴出物と判断される。日光火山群の中央部から噴出したと仮定して、降下火砕堆積物の 16-32-64 cm 等層厚線が囲む面積 (Table 4) を用いた降下火砕堆積物の最小体積は約  $1 \times 10^{10} \text{ km}^3$  (堆積物の平均密度を  $1000 \text{ kg/m}^3$  として岩石換算最小体積は約  $4 \times 10^{11} \text{ km}^3$  DRE, 最小質量は約  $1 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) である。

### 13.4 日光矢板テフラ (Nk-YT)

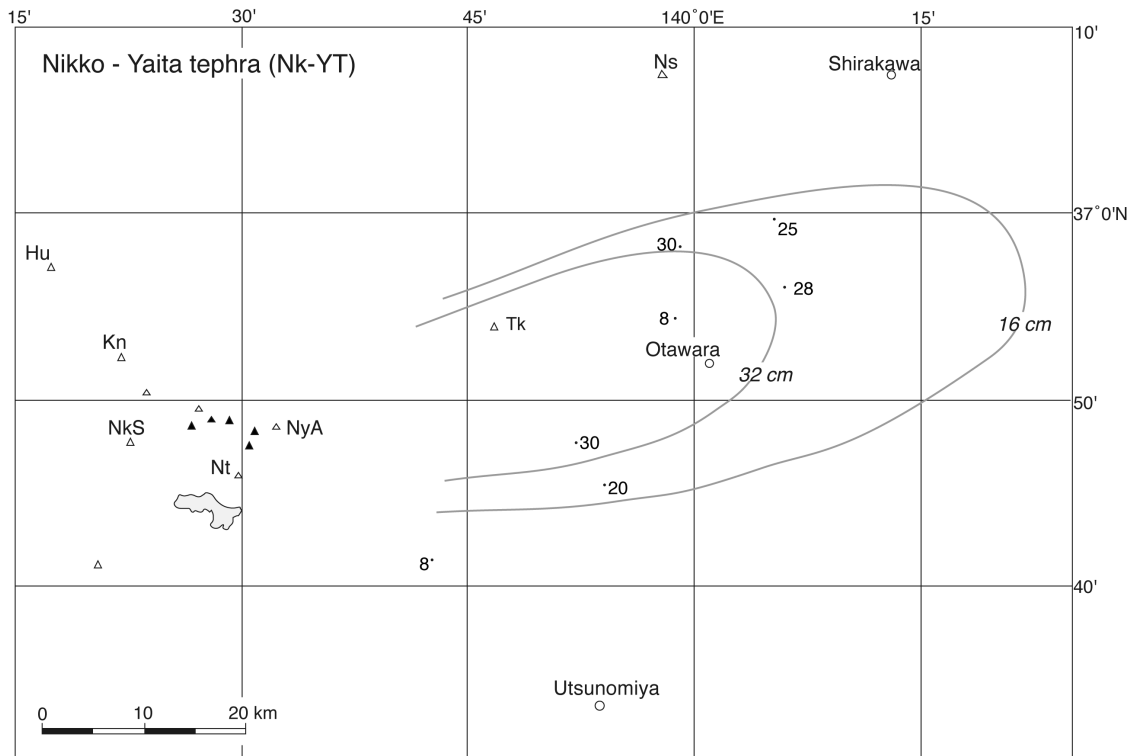
鈴木 (1993) 命名。模式地は栃木県塩谷郡塩谷町荻久保の高原牧場 (Loc. 43; Fig. 10)。日光火山群で約 14 万年前に発生したプリニー式噴火の産物で、東北東へ向かう降下火砕堆積物からなる (Fig. 43)。ただし、日光火山群のどの山体から噴出したのかは確定していない。本テフラの岩質は普通角閃石含有斜方輝石単斜輝石安山岩である (Table 2)。模式地での層厚は 21 cm で、良く発泡した



第 42 図 日光行川テフラ (Nk-NM) の分布 .

数字は降下積物の層厚で、単位は cm. Kn = 鬼怒沼火山 ; NkS = 日光白根火山 ; Nt = 男体火山 ; NyA = 女峰赤薙火山 ; Tk = 高原火山.

Fig. 42 Distribution of the Nikko-Namekawa tephra (Nk-NM). Numerals are measured thickness of the pyroclastic fall deposit in centimeters. Kn = Kininima volcano; NkS = Nikko-Shirane volcano; Nt = Nantai volcano; NyA = Nyoho-Akanagi volcano; Tk = Takahara volcano.



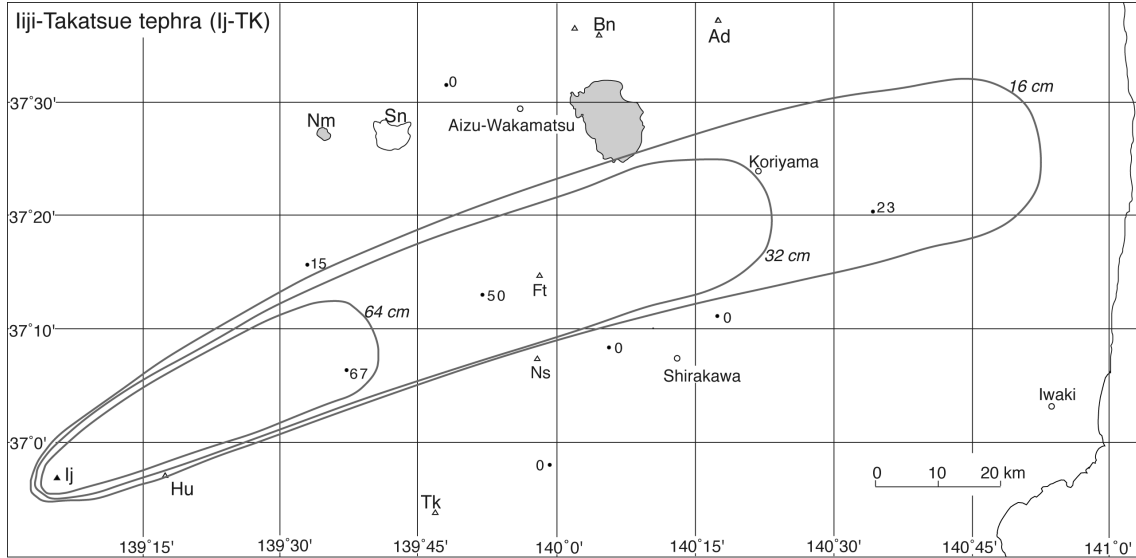
第 43 図 日光矢板テフラ (Nk-YT) の分布 .

数字は、Hu = 燧ヶ岳火山 ; Kn = 鬼怒沼火山 ; NkS = 日光白根火山 ; Ns = 那須火山群 ; Nt = 男体火山 ; NyA = 女峰赤薙火山 ; Tk = 高原火山.

Fig. 43 Distribution of the Nikko-Yaita tephra (Nk-YT).

Numerals are measured thickness of the pyroclastic fall deposit in centimeters. Hu = Hiuchigatake volcano; Kn = Kininima volcano; NkS = Nikko-Shirane volcano; Ns = Nasu volcanoes; Nt = Nantai volcano; NyA = Nyoho-Akanagi volcano; Tk = Takahara volcano.



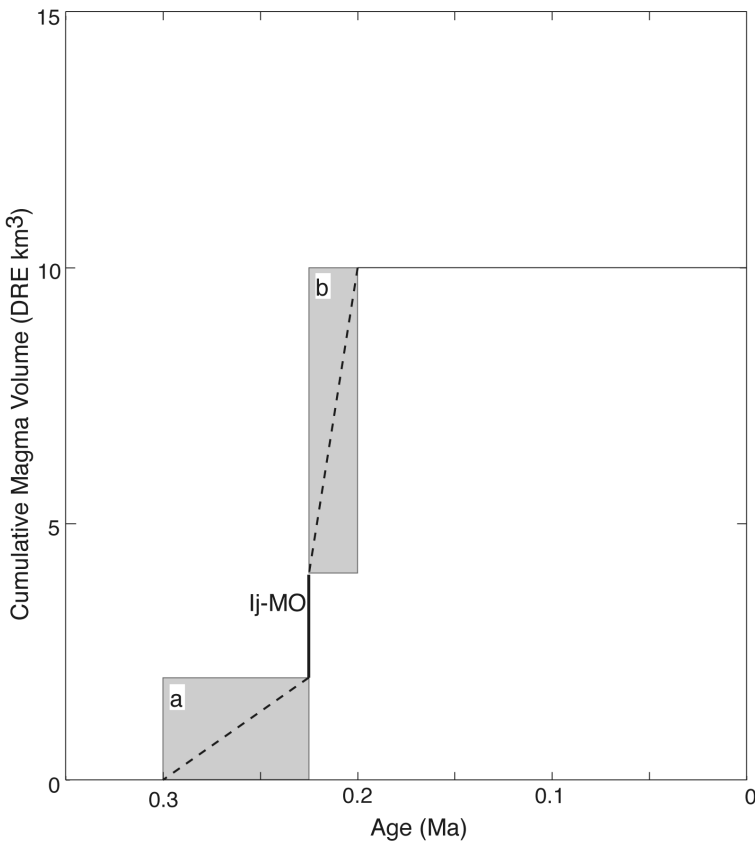


第 44 図 飯士高杖テフラ (Ij-TK) の分布.

数字は降下火砕堆積物の層厚で、単位は cm. Ad = 安達太良火山; Bn = 磐梯火山; Ft = 二岐山火山; Hu = 燧ヶ岳火山; Ij = 飯士火山; Nm = 沼沢火山; Ns = 那須火山群; Sn = 砂小原カルデラ; Tk = 高原火山. 山元 (1999b) を一部改変.

Fig. 44 Distribution of the Iiji-Takatsue tephra (Ij-TK).

Numerals are measured thickness of the pyroclastic fall deposit in centimeters. Ad = Adataro volcano; Bn = Bandai volcano; Ft = Futamatayama volcano; Hu = Hiuchigatake volcano; Ij = Iiji volcano; Nm = Numazawa volcano; Ns = Nasu volcanoes; Sn = Sunagohara caldera; Tk = Takahara volcano. Modified from Yamamoto (1999b).



第 45 図 飯士火山噴出物の時間積算マグマ体積.

Ij-MO = 飯士真岡テフラ; a = 前期; b = 後期.

Fig. 45 Cumulative magma volume versus age for the products of Iiji volcano.

Ij-MO = Iiji-Moka tephra; a = Early stage; b = Late stage.

赤褐色スコリア火山礫からなる。降下火砕物は、黒磯・尚仁沢岩層なだれ堆積物の上位 (Locs. 40 & 43; Fig. 10), 大田原火砕流堆積物の上位 (Loc. 41; Fig. 9), 那珂川・鬼怒川沿いの高位・中位段丘の厚い被覆風成火山灰土中の Iz-KTa・Nk-NM 間に挟まれており、層序的に約 14 万年前の噴出物と判断される。日光火山群の中央部から噴出したと仮定して、降下火砕堆積物の 16-32 cm 等層厚線が囲む面積 (Table 4) を用いた降下火砕堆積物の最小体積は約  $8 \times 10^{-1} \text{ km}^3$  (堆積物の平均密度を  $1000 \text{ kg/m}^3$  として岩石換算最小体積は約  $4 \times 10^{-1} \text{ km}^3$  DRE, 最小質量は約  $8 \times 10^{11} \text{ kg}$ ) である。

### 13.5 日光火山群のマグマ噴出量

日光火山群起源の降下火砕物体積の時間変化については、村本 (1992) が既に明らかにしている。ただし、村本 (1992) でも Yum (鈴木ほか, 1998) を APm と誤認しているため、10 万年前よりも古いテフラの年代を若く修正する必要がある。それでも、Nk-YT 以降テフラ噴火が繰り返され、Nk-MA が他よりも大きい傾向などは、本研究と大きく違うものではない。テフラだけでなく溶岩も含めた日光火山群のマグマ噴出量を知るためには、大真名子・小真名子・太郎などの溶岩円頂丘群の噴出年代を特定する必要があるが、その編年は進んでおらず、今後の課題として残されている。

## 14. 飯士火山

飯士火山は新潟県南部の魚野川右岸に位置し、火山フロントから約 60km 背弧側にある第四紀火山である (Fig. 1; 茅原ほか, 1981)。火山体はカルクアルカリ系列の安山岩-デイサイトの厚い溶岩流と溶岩ドームの集合からなり、約 30 ~ 20 万年前の K-Ar 年代値が報告されている (赤石, 1997)。山体南部の魚野川沿いに露出する越後湯沢火砕流堆積物は 22-23 万年前に起きたデイサイトの爆発的噴火の産物で、その降下火砕堆積物 (飯士真岡テフラ: Ij-MO) は給源から南東に分布している (山元, 2007)。本火山を給源とするテフラは、これ以外にも以下の飯士高杖テフラが知られている。

### 14.1 飯士高杖テフラ (Ij-TK)

山元 (1999b) 命名。模式地は福島県南会津郡南会津町高杖スキー場 (Loc. 50; Fig. 11)。飯士火山で 25-28 万年前に発生したプリニー式噴火の産物で、東北東に向かう降下火砕堆積物からなる (Fig. 44; 山元, 2007)。本テフラの岩質はカミングトン閃石普通角閃石デイサイトである (Table 2)。模式地での層厚は 67cm で、平均最大粒径 8 mm の白色軽石や長径 5 mm の針状普通角閃石結晶片を含む淘汰の良い降下火砕堆積物からなる (Loc. 50; Fig. 11)。このほか、鶴ヶ池岩層なだれ堆積物の上位 (Loc.

38; Fig. 9) や、阿武隈山地の高位段丘の厚い被覆風成火山灰土中 (Loc. 8; Fig. 4) で、Sn-KB の下位に挟まれている。降下火砕堆積物の 16-32-64 cm 等層厚線が囲む面積 (Table 4) を用いた降下火砕堆積物の最小体積は約  $2 \times 10^0 \text{ km}^3$  (堆積物の平均密度を  $800 \text{ kg/m}^3$  として岩石換算最小体積は約  $7 \times 10^{-1} \text{ km}^3$  DRE, 最小質量は約  $2 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) である。

### 14.2 飯士火山のマグマ噴出量

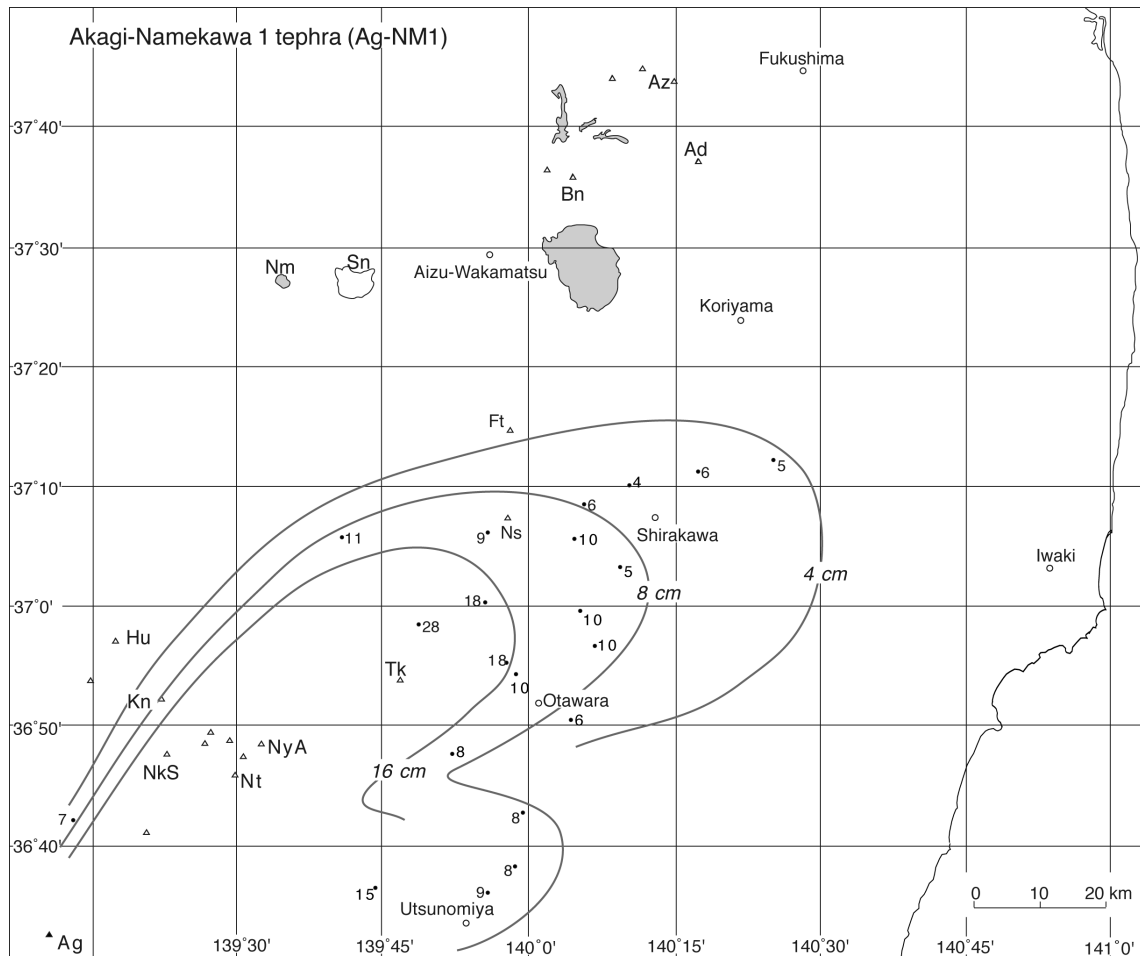
飯士火山の活動期は Ij-MO を挟んで、前期 (湯元溶岩・立柄山溶岩・Ij-TK) と後期 (主火山体溶岩群・奥添地火砕流堆積物・飯士山溶岩) に区分される (山元, 2007)。それぞれのマグマ噴出量は、前期が約  $2 \times 10^0 \text{ km}^3$  DRE, 降下火砕物と火砕流堆積物を合わせた Ij-MO の総量が約  $2 \times 10^0 \text{ km}^3$  DRE, 後期が約  $6 \times 10^0 \text{ km}^3$  DRE で、その時間変化は Fig. 45 のようになる。明らかに前期よりも Ij-MO を含む後期の方が、噴出率が大きく、そのマグマ噴出量の時間変化は同じく背弧域の沼沢火山のそれ (Fig. 29) と類似している。

## 15. 赤城火山

赤城火山は、群馬県北東部に位置する東西 20 km, 南北 30 km におよぶ大型の成層火山である (Fig. 1)。苦鉄質の薄い溶岩流と火砕岩からなる古期成層火山体の活動は 30 万年前以前までさかのぼれる可能性が高く、その後、13-14 万年前からは珪長質の大規模な爆発的噴火が盛んになり、その活動は 4.4 万年前の赤城鹿沼テフラ (Ag-KP) まで続いている (守屋, 1968; 鈴木, 1990; 青木ほか, 2008)。赤城火山からみて北東から東北東の調査地域に主に分布するテフラは、以下の赤城行川 1・赤城追貝・赤城水沼 5・赤城水沼 7 テフラである。

### 15.1 赤城行川 1 (Ag-NM1)

鈴木 (1990) 命名。模式地は群馬県桐生市黒保根町水沼 (鈴木, 1990)。赤城火山で約 5 万年前に発生したプリニー式噴火の産物で、東北東に向かう降下火砕堆積物からなる (Fig. 46)。本テフラの岩質は普通角閃石斜方輝石単斜輝石デイサイトである。火山ガラスの屈折率には 1.496-1.498, 1.502-1.507, 1.512-1.517 の複数のモードが認められる (Table 2)。降下火砕堆積物は南会津の高位・中位段丘の被覆風成火山灰土 (Loc. 49; Fig. 11) や、高原火山体の上位 (Loc. 42; Fig. 9), 白河火砕流群の上位 (Loc. 21; Fig. 7), 黒磯・尚仁沢岩層なだれ堆積物の上位 (Locs. 30 & 43; Figs. 8 & 10), 大田原火砕流堆積物の上位 (Loc. 41; Fig. 9), 那珂川・鬼怒川・片品川沿いの高位・中位段丘の厚い被覆風成火山灰土中 (Locs. 31, 44, 51, 52 & 54; Figs. 8, 10 & 11) の Ag-NM2・Hr-HP 間に挟まれており、層序的に約 5 万年前の噴出物と判断される。降下火砕堆積物の 8 cm 等層厚線が囲む面積 (Table 4) を用いた降下



第 46 図 赤城行川 1 テフラ (Ag-NM1) の分布。

数字は降下火砕堆積物の層厚で、単位は cm。Ad = 安達太良火山；Ag = 赤城火山；Az = 吾妻火山；Bn = 磐梯火山；Ft = 二岐山火山；Hu = 髯ヶ岳火山；Kn = 鬼怒沼火山；NkS = 日光白根火山；Nm = 沼沢火山；Ns = 那須火山群；Nt = 男体火山；NyA = 女峰赤薙火山；Sn = 砂小原カルデラ；Tk = 高原火山。

Fig. 46 Distribution of the Akagi-Namekawa 1 tephra (Ag-NM1).

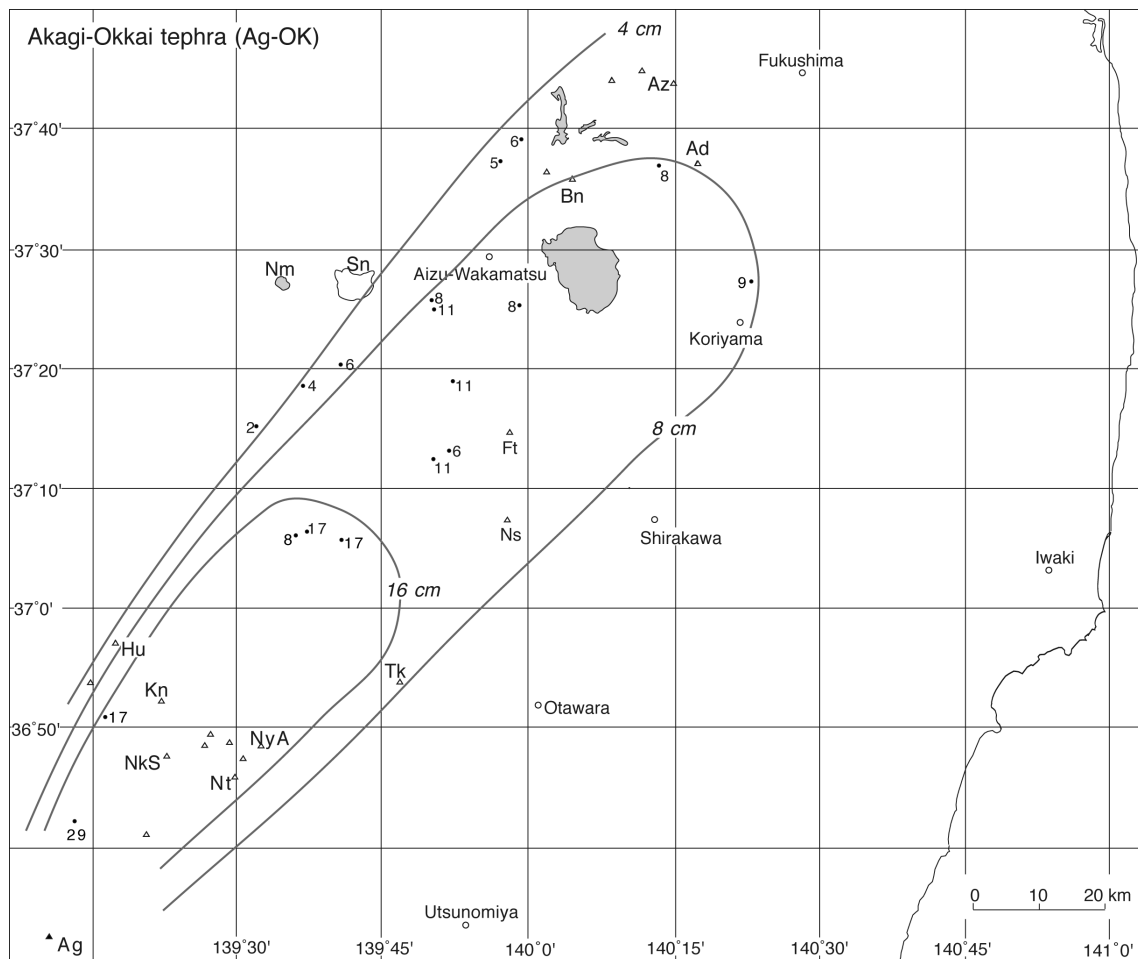
Numerals are measured thickness of the pyroclastic fall deposit in centimeters. Ad = Adataro volcano; Ag = Akagi volcano; Az = Azuma volcano; Bn = Bandai volcano; Ft = Futamatayama volcano; Hu = Hiuchigatake volcano; Kn = Kininima volcano; NkS = Nikko-Shirane volcano; Nm = Numazawa volcano; Ns = Nasu volcanoes; Nt = Nantai volcano; NyA = Nyoho-Akanagi volcano; Sn = Sunagohara caldera; Tk = Takahara volcano.

火砕堆積物の最小体積は約  $1 \times 10^0 \text{ km}^3$  (堆積物の平均密度を  $800 \text{ kg/m}^3$  とし、岩石換算最小体積は約  $4 \times 10^{-1} \text{ km}^3$  DRE, 最小質量は約  $1 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) である。

## 15.2 赤城追貝テフラ (Ag-OK)

新井 (1962) 命名。模式地は群馬県沼田市追貝 (Loc. 54; Fig. 11)。赤城火山で約 7 万年前に発生したプリニー式噴火の産物で、北東に向かう降下火砕堆積物からなる (Fig. 47)。本テフラの岩質は普通角閃石含有斜方輝石単斜輝石デイサイトである。火山ガラスの屈折率は、1.509-1.512 に集中する (Table 2)。模式地での層厚は 29 cm で、良く発泡した白色の軽石火山礫 (最大平均径 5.4 cm) からなる。降下火砕堆積物は南会津の高位・中位段

丘の被覆風成火山灰土 (Locs. 37 & 49; Figs. 9 & 11) や、安達太良・猫魔火山体の上位 (Loc. 32; Fig. 8)、下郷層・白河火砕流群の上位 (Locs. 35 & 39; Figs. 8 & 9)、鶴ヶ池岩屑なだれ堆積物の上位 (Loc. 38; Fig. 9)、片品川沿いの中位段丘の厚い被覆風成火山灰土中 (Loc. 54; Fig. 11) の On-NG・Nm-MZ 間に挟まれているほか、中通りの郡山層河川堆積物 (Loc. 19; Fig. 6) 中に挟まれている。これらの層序関係から約 7 万年前の噴出物と判断されよう。降下火砕堆積物の 8-16 cm 等層厚線が囲む面積 (Table 4) を用いた降下火砕堆積物の最小体積は約  $1 \times 10^0 \text{ km}^3$  (堆積物の平均密度を  $800 \text{ kg/m}^3$  とし、岩石換算最小体積は約  $4 \times 10^{-1} \text{ km}^3$  DRE, 最小質量は約  $1 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) である。



第 47 図 赤城追貝テフラ (Ag-OK) の分布.

数字は降下火砕堆積物の層厚で、単位は cm. Ad = 安達太良火山; Ag = 赤城火山; Az = 吾妻火山; Bn = 磐梯火山; Ft = 二岐山火山; Hu = 燧ヶ岳火山; Kn = 鬼怒沼火山; NkS = 日光白根火山; Nm = 沼沢火山; Ns = 那須火山群; Nt = 男体火山; NyA = 女峰赤薙火山; Sn = 砂小原カルデラ; Tk = 高原火山.

Fig. 47 Distribution of the Akagi-Okkai tephra (Ag-OK).

Numerals are measured thickness of the pyroclastic fall deposit in centimeters. Ad = Adataro volcano; Ag = Akagi volcano; Az = Azuma volcano; Bn = Bandai volcano; Ft = Futamatayama volcano; Hu = Hiuchigatake volcano; Kn = Kininima volcano; NkS = Nikko-Shirane volcano; Nm = Numazawa volcano; Ns = Nasu volcanoes; Nt = Nantai volcano; NyA = Nyoho-Akanagi volcano; Sn = Sunagohara caldera; Tk = Takahara volcano.

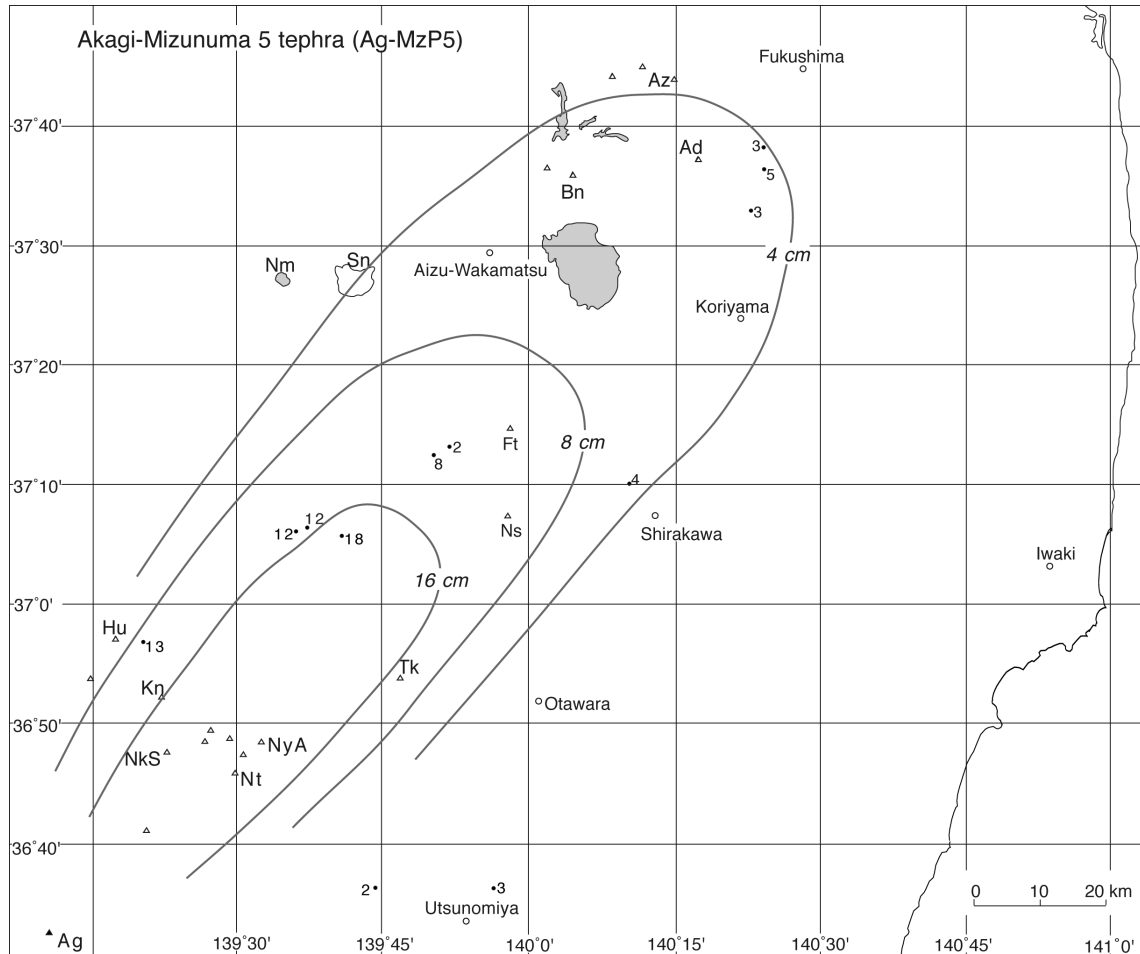
### 15.3 赤城水沼 5 テフラ (Ag-MzP5)

守屋 (1968) の P5 を鈴木 (1990) が再定義. 山元 (1999a) が会津地域で「中山峠テフラ」と呼んでいたものと同一のテフラである (吉川ほか, 2010). 模式地は群馬県桐生市黒保根町水沼 (鈴木, 1990). 赤城火山で約 9 万年前に発生したプリニー式噴火の産物で、北東に向かう降下火砕堆積物からなる (Fig. 48). 本テフラの岩質は普通角閃石含有斜方輝石単斜輝石デイサイトである. 火山ガラスの屈折率は、1.498-1.508 に分散する (Table 2). しばしば、褐色の気泡壁型火山ガラスが混在するが、これは直下にある Aso4 に由来するものである. 降下火砕堆積物は南会津の高位・中位段丘の被覆風成火山灰土 (Locs. 49 & 50; Fig. 11) や、伏拝・鶴ヶ池岩屑なだれ堆積物の上

位 (Locs. 13 & 38; Figs. 5 & 9), 鬼怒川沿いの高位・中位段丘の厚い被覆風成火山灰土中 (Locs. 51 & 52; Fig. 11) の Aso4・On-NG 間に挟まれており、層序的に約 9 万年前の噴出物と判断される. 降下火砕堆積物の 4-8 cm 等層厚線が囲む面積 (Table 4) を用いた降下火砕堆積物の最小体積は約  $2 \times 10^0 \text{ km}^3$  (堆積物の平均密度を  $800 \text{ kg/m}^3$  としして岩石換算最小体積は約  $8 \times 10^{-1} \text{ km}^3$  DRE, 最小質量は約  $2 \times 10^{12} \text{ kg}$ ) である.

### 15.4 赤城水沼 7 テフラ (Ag-MzP7)

鈴木 (1990) 命名. 模式地は群馬県桐生市黒保根町水沼 (鈴木, 1990). 赤城火山で約 12 万年前に発生したプリニー式噴火の産物で、北東に向かう降下火砕堆積物から



第 48 図 赤城水沼 5 テフラ (Ag-NM5) の分布。

数字は降下火砕堆積物の層厚で、単位は cm。Ad = 安達太良火山；Ag = 赤城火山；Az = 吾妻火山；Bn = 磐梯火山；Ft = 二岐山火山；Hu = 懸ヶ岳火山；Kn = 鬼怒沼火山；NkS = 日光白根火山；Nm = 沼沢火山；Ns = 那須火山群；Nt = 男体火山；NyA = 女峰赤薙火山；Sn = 砂小原カルデラ；Tk = 高原火山。

Fig. 48 Distribution of the Akagi-Mizunuma 5 tephra (Ag-MzP5).

Numerals are measured thickness of the pyroclastic fall deposit in centimeters. Ad = Adataro volcano; Ag = Akagi volcano; Az = Azuma volcano; Bn = Bandai volcano; Ft = Futamatayama volcano; Hu = Hiuchigatake volcano; Kn = Kininima volcano; NkS = Nikko-Shirane volcano; Nm = Numazawa volcano; Ns = Nasu volcanoes; Nt = Nantai volcano; NyA = Nyoho-Akanagi volcano; Sn = Sunagohara caldera; Tk = Takahara volcano.

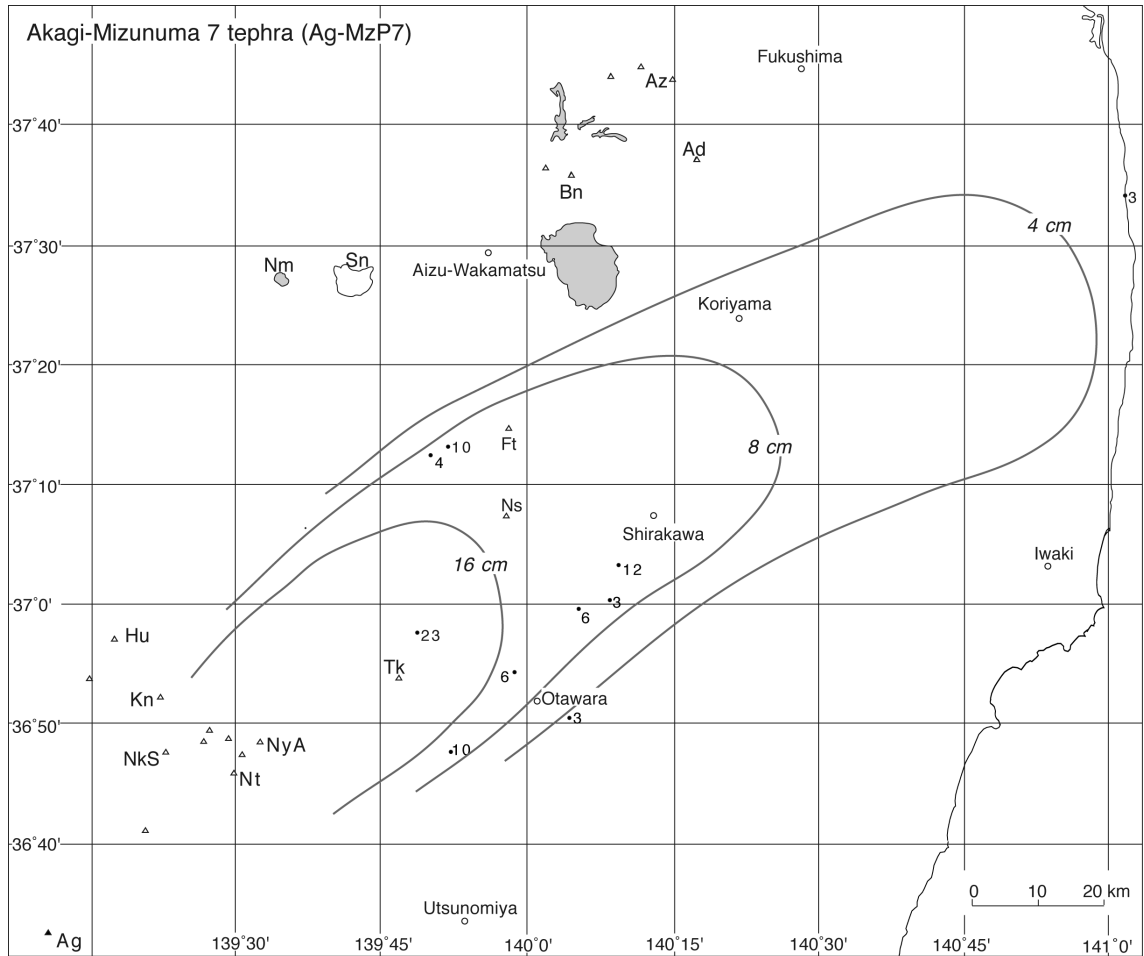
なる (Fig. 49)。本テフラの岩質は普通角閃石斜方輝石デイサイトである (Table 2)。降下火砕堆積物は高原火山体の上位 (Locs. 42 & 43; Figs. 9 & 10) や、下郷層の上位 (Loc. 39; Fig. 9)、鶴ヶ池・黒磯・尚仁沢岩屑なだれ堆積物の上位 (Locs. 29, 30 & 38; Figs. 8 & 9)、大田原火砕流堆積物の上位 (Loc. 41; Fig. 9)、那珂川沿いの中位段丘の厚い被覆風成火山灰土中 (Loc. 31; Fig. 8)、MIS 5e 末に離水した浜通りの小浜段丘 (鈴木, 1999) の被覆風成火山灰土 (Loc. 2; Fig. 3) 中の Hu-TG・Ad-DK 間に挟まれており、層的に約 12 万年前の噴出物と判断される。また、鬼怒川沿いの下野大沢段丘の河川堆積物直上には、本テフラ由来のラハール堆積物が重なっている (Loc. 44; Fig. 10)。降下火砕堆積物の 4-8-16 cm 等層厚線が囲む面積

(Table 4) を用いた降下火砕堆積物の最小体積は約  $1 \times 10^0$  km<sup>3</sup> (堆積物の平均密度を 800 kg/m<sup>3</sup> とし、岩石換算最小体積は約  $4 \times 10^{-1}$  km<sup>3</sup> DRE, 最小質量は約  $1 \times 10^{12}$  kg) である。

### 15.5 赤城火山のマグマ噴出量

赤城火山群起源の 13-14 万年前以降の降下火砕物堆積の時間変化については、鈴木 (1990) が既に明らかにしている。今回明らかにした Ag-NM1・Ag-OK・Ag-MzP5・Ag-MzP7 の層厚分布と体積は鈴木 (1990) の成果を補足するものであり、これと大きな矛盾はない。赤城火山のマグマ噴出量時間変化を明らかにするためには、山体を構成する溶岩や火砕流堆積物 (竹本, 1998) の体積も見積もる必要があるが、これは今後の課題である。





第 49 図 赤城水沼 7 テフラ (Ag-NM7) の分布。

数字は降下火砕堆積物の層厚で、単位は cm。Ad = 安達太良火山；Ag = 赤城火山；Az = 吾妻火山；Bn = 磐梯火山；Ft = 二岐山火山；Hu = 燧ヶ岳火山；Kn = 鬼怒沼火山；NkS = 日光白根火山；Nm = 沼沢火山；Ns = 那須火山群；Nt = 男体火山；NyA = 女峰赤薙火山；Sn = 砂小原カルデラ；Tk = 高原火山。

Fig. 49 Distribution of the Akagi-Mizunuma 7 tephra (Ag-MzP7).

Numerals are measured thickness of the pyroclastic fall deposit in centimeters. Ad = Adataara volcano; Ag = Akagi volcano; Az = Azuma volcano; Bn = Bandai volcano; Ft = Futamatayama volcano; Hu = Hiuchigatake volcano; Kn = Kininima volcano; NkS = Nikko-Shirane volcano; Nm = Numazawa volcano; Ns = Nasu volcanoes; Nt = Nantai volcano; NyA = Nyoho-Akanagi volcano; Sn = Sunagohara caldera; Tk = Takahara volcano.

## 16. まとめ

福島—栃木地域の 54 露頭で確認された吾妻火山、安達太良火山、磐梯火山、砂子原カルデラ、沼沢火山、二岐山火山、那須火山群、高原火山、燧ヶ岳火山、鬼怒沼火山、日光火山群、飯士火山、赤城火山起源の 30 万年前以降のテフラについて、その層序・分布・構成物・噴火年代・マグマ体積の再記載を行った。その結果、調査地域内のマグマ体積が約  $1 \times 10^{11} \text{ km}^3$  DRE 以上のテフラについては全てリストアップすることが出来た。また、吾妻火山、安達太良火山、磐梯火山、砂子原カルデラ、沼沢火山、二岐山火山、那須火山群、高原火山、燧ヶ岳火山、

鬼怒沼火山、飯士火山については、マグマ噴出量の時間変化を明らかにしている。残る日光火山群と赤城火山については、テフラ層と山体を構成する溶岩・火砕岩との対応が十分に解明されていないため、マグマ噴出量の時間変化を示していない。この点は、今後の課題である。

**謝辞：**本研究は、これまでの地質図幅の調査研究で得られた成果を取りまとめ直したものである。歴代の地質図幅研究の責任者の方々には、様々な便宜を図って頂き、感謝いたします。

文 献

- 赤石和幸 (1997) 東北日本弧南部背弧域四火山 (守門火山, 浅草火山, 枳形火山, 飯士火山) の年代学的・岩石学的研究, および東北日本弧第四紀火山の時空分布についての考察. 東北大学博士論文, 154p.
- 阿久津 純 (1955) 宇都宮周辺の関東火山灰層と河成段丘. 宇都宮大学学芸学部研究論集, vol.4, p.33-46.
- 阿久津 純 (1957) 宇都宮付近の関東ローム (火山灰) 層. 地球科学, vol.33, p.1-11.
- 青木かおり・入野智久・大場忠道 (2008) 鹿島沖海底コア MD01-2421 の後期更新世テフラ層序. 第四紀研究, vol.47, p.391-407.
- 新井房夫 (1962) 関東盆地北西部地域の第四紀編年. 群馬大学紀要自然科学編, no.10, p.1-79.
- 伴 雅雄・高岡宣雄 (1995) 東北日本弧, 那須火山群の形成史. 岩鉱, vol.90, p.195-214.
- 伴 雅雄・山中孝之・井上道則・吉田武義・林 信太郎・青木謙一郎 (1992) 東北本州弧, 高原火山噴出物の地球化学. 核理研研究報告, vol.25, p.199-226.
- 茅原一也・小松正幸・島津光夫・久保田喜裕・塩川 智, 1981, 越後湯沢地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅), 地質調査所, 108p.
- 中馬教允・吉田 義 (1982) 磐梯山南麓の地質について. 福島大特定研, 猪苗代湖の自然, 研究報告, no.3, p.21-32.
- 千葉茂樹・木村純一・佐藤美穂子・富塚玲子 (1994) 福島県磐梯火山のテフラ-ローム層序と火山活動史. 地球科学, vol.48, p.223 - 240.
- Fairbanks, R.G., Mortlock, R.A., Chiu, T.-C., Cao, L., Kaplan, A., Guilderson, T.P., Fairbanks, T.W., Bloom, A.L., Grootes, P.M. and Nadeau, M.-J. (2005) Radiocarbon calibration curve spanning 0 to 50,000 years BP based on paired  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  and  $^{14}\text{C}$  dates on pristine corals. *Quaternary Sci. Rev.*, vol.24, p.1781-1796.
- 藤縄明彦・鎌田光春 (2005) 安達太良火山の最近 25 万年間における山体形成史とマグマ供給系の変遷. 岩石鉱物科学, vol.34, p.35-58.
- 藤縄明彦・鴨志田 毅 (1999) 吾妻火山. フィールドガイド日本の火山 4 東北の火山, 築地書館, p.89-104.
- 藤縄 明彦・林 信太郎・梅田 浩司 (2001) 安達太良火山の K-Ar 年代: 安達太良火山形成史の再検討. 火山, vol.46, p.95-106.
- Hayakawa, Y. (1985) Pyroclastic geology of Towada volcano. *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, no.60, p.507-592.
- 早川由紀夫 (1995) マスターテフラによる日本の 100 万年噴火史編年. 火山, vol. 40, p.S1-S15.
- 早川由紀夫・新井房夫・北爪智啓 (1997) 燧ヶ岳火山の噴火史. 地学雑, vol.106, p.660-664.
- 井上道則・吉田武義・藤縄宏和・伴 雅雄 (1994) 東北本州弧, 高原火山群における山体形成史とマグマの成因. 核理研研究報告, vol.27, p.169-198.
- Itaya, T., Okada, T., Onoe, T. and Issiki, N. (1989) K-Ar ages of the Middle Pleistocene Takahara volcano, and argon release processes in cooling lava. *Mass Spectroscopy*, vol.37, p.365-374.
- Kimura, J. (1996) Near-synchronicity and periodicity of back-arc propagation of Quaternary explosive volcanism in the southern segment of northeastern Honshu arc: a study facilitated by tephrochronology. *Quaternary International*, vol.34-36, p.99-105.
- 久保和也・柳沢幸夫・吉岡敏和・山元孝広・滝沢文教 (1990) 原町及び大甕地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 155p.
- Legros, F. (2000) Minimum volume of tephra fallout deposit estimated from a single isopach. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, vol.96, p.25-32.
- 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, vol.46, p.339-347.
- 町田 洋・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.
- 町田 洋・新井房夫 (1992) 火山灰アトラス. 東京大学出版会, 276p.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 新編火山灰アトラス - 日本列島とその周辺. 東京大学出版会, 336p.
- 町田 洋・鈴木正男 (1971) 火山灰の絶対年代と第四紀後期の編年 - フィッション・トラック法による試み -. 科学, vol.41, p.263-270.
- 町田 洋・新井房夫・百瀬 貢 (1985) 阿蘇 4 火山灰 - 分布の広域性と後期更新世指標層としての意義 -. 火山, vol.30, p.49-70.
- 増淵佳子・石崎泰男 (2011) 噴出物の構成物組成と本質物質の全岩及び鉱物組成から見た沼沢火山の BC3400 カルデラ形成噴火 (沼沢湖噴火) のマグマ供給系. 地質雑, vol.117, p.357-376.
- 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. Jpn.*, vol.40, p.534-564.
- Miall, A.D. (1978) Lithofacies types and vertical profiles models in braided river deposits: a summary. In Miall, A.D., ed., *Fluvial Sedimentology. Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.*, no.5, 597-604.
- 宮地直道 (1988) 新富士火山の地質. 地質雑, vol.94, p.433-452.
- 水垣桂子 (1993) 砂子原カルデラの構造と火山活動史. 地質雑, vol.99, p.721-737.
- 守屋以智雄 (1968) 赤城火山の地形と地質. 前橋営林局,

- 64p.
- 守屋以智雄 (1978) 空中写真による火山の地形判読. 火山, vol.23, p.199-214.
- 村本芳英 (1992) 日光火山群東方地域に分布する中・後期更新世テフラ: 日光火山群の噴火史. 静岡大地球科学研究報告, no.18, p.59-91.
- Nakamura, K. (1964) Volcano-Stratigraphic Study of Oshima Volcano, Izu. *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, vol.42, p.649-728
- Nakamura, Y. (1978) Geology and petrology of Bandai and Nekoma volcanoes. *Sci. Rept. Tohoku Univ., Ser. III*, vol.14, p.67-119.
- 中村洋一・鈴木陽雄 (1983) 奥鬼怒の地質と岩石. 宇都宮大境界学部紀要, no. 34, p. 63-77.
- NEDO[新エネルギー総合開発機構] (1985) 地熱開発促進調査報告書, no.8, 奥会津地域. 811p.
- NEDO[新エネルギー総合開発機構] (1991) 磐梯山地域火山地質図及び磐梯山地域地熱地質編図, 同説明書.
- 奥野 充・守屋以智雄・田中耕平・中村俊夫 (1997) 北関東, 高原火山の約 6500 cal yr BP の噴火. 火山, vol.42, p.393-402.
- 尾上 亨 (1989) 栃木県塩原産更新世植物化石群による古環境解析. 地質調査所報告, no.269, p.1-207.
- Pyle, D. M. (1989) The thickness, volume and grain size of tephra fall deposits. *Bull. Volcanol.*, vol.51, p.1-51.
- 阪口圭一 (1995) 二本松地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 79p.
- 佐々木 実 (1994) 日光火山群の岩石学. 月刊地球, vol. 16, p. 221-230.
- 佐々木 実・鱒坂富夫・岡本 昭 (1958) 那須野原の地質と地下水. 地学雑, vol.67, p.59-73.
- 鈴木毅彦 (1990) テフロクロノロジーからみた赤城火山最近 20 万年間の噴火史. 地学雑, vol.99, 2, p.60-75.
- 鈴木毅彦 (1992) 那須火山のテフロクロノロジー. 火山, vol.37, p.251-263.
- 鈴木毅彦 (1993) 北関東那須野原周辺に分布する指標テフラ層. 地学雑, vol.102, p.73-90.
- 鈴木毅彦 (1996) 栃木県那須野原に分布する後期更新世テフラ-日光, 赤城火山起源のテフラと広域テフラ. 日本第四紀学会第四紀露頭編集委員会編, 第四紀露頭集-日本のテフラ. 日本第四紀学会, p.169-169.
- 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, vol.108, p.216-230.
- 鈴木毅彦 (2001) 海洋酸素同位体ステージ 5-6 境界に降下した飯綱上樽テフラ群とその編年学的意義. 第四紀研究, vol.40, p.29-41.
- 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-金山テフラ. 第四紀研究, vol.33, p.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ッシュ・トラック年代. 第四紀研究, vol.37, 95-106.
- 鈴木毅彦・藤原 治・檀原 徹 (2004) 東北南部, 会津地域周辺における中期更新世テフラの層序と編年. 地学雑, vol.113, p.38-61.
- 竹本弘幸 (1998) 赤城火山. フィールドガイド日本の火山 1 関東・甲信越の火山 I, 築地書館, p.52-73.
- 竹本弘幸・百瀬 貢・平林 潔・小林武彦 (1987a) 新期御岳テフラ層の層序と年代-中部日本における編年上の意義-. 第四紀研究, vol.25, p.337-352.
- 梅田浩司・林 信太郎・伴 雅雄・佐々木 実・大場 司・赤石和幸 (1999) 東北日本, 火山フロント付近の 2.0 Ma 以降の火山活動とテクトニクスの推移. 火山, vol.44, p.233-249.
- 渡邊久芳 (1989a) 尾瀬燧ヶ岳火山の地質. 岩鉱, vol.84, p.55-69.
- 渡邊久芳 (1989b) 尾瀬燧ヶ岳火山の岩石記載及び全岩化学組成. 岩鉱, vol.84, p.301-320.
- 山元孝広 (1992) 会津盆地, 塔寺層の火山性碎屑物堆積相から見た砂子原カルデラ火山の中期更新世火山活動. 地質雑, vol.98, p.855-866.
- 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, vol.40, p.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, vol.103, p.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, vol.50, p.743-767.
- 山元孝広 (2003) 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. 地質調査研究報告, vol.54, p.323-340.
- 山元孝広 (2005) 福島県, 吾妻火山の最近 7 千年間の噴火史: 吾妻-浄土平火山噴出物の層序とマグマ供給系. 地質雑, vol.111, p.94-110.
- Yamamoto, T. (2005) The rate of fluvial incision during the Late Quaternary period in the Abukuma Mountains, northeast Japan, deduced from tephrochronology. *Island Arc*, vol.14, p.199-212.
- 山元孝広 (2006) 宇都宮市宝積寺段丘を貫く UT05 コアの層序記載と鬼怒川の堆積侵食履歴. 地質調査研究報告, vol.57, p.217-228.
- Yamamoto, T. (2007) A rhyolite to dacite sequence of volcanism directly from the heated lower crust: Late

- Pleistocene to Holocene Numazawa volcano, NE Japan.  
*Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, vol.167, p.119-133.
- 山元孝広 (2007) テフラ層序からみた新潟県中期更新世飯  
士火山の形成史：関東北部での飯士真岡テフラと  
MIS7 海面変動の関係. 地質調査研究報告, vol.58,  
p.117-132.
- 山元孝広 (2011) 磐梯火山最初期噴出物におけるマグマ  
組成の時間変化：裏磐梯高原コアの化学分析結果.  
火山, vol. 56, p.189 -200.
- 山元孝広・伴 雅雄 (1997) 那須火山地質図. 火山地質図  
9, 地質調査所, 8p.
- 山元孝広・駒澤正夫 (2004) 宮下地域の地質. 地域地質研  
究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 産総研地質調査総合  
センター, 71p.
- 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,  
vol.106, no.12, p.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, vol.47, p.335-359.
- 山元孝広・吉岡敏和・牧野雅彦・住田達哉 (2006) 喜多方  
地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図  
幅), 産総研地質調査総合センター, 63p.
- 山崎正男 (1958) 日光火山群. 地球科学, vol.36, p. 28-  
35.
- 柳沢幸夫・山元孝広・坂野靖行・田沢純一・吉岡敏和・  
久保和也・滝沢文教 (1996) 相馬中村地域の地質.  
地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査  
所, 144p.
- 吉田 義・伊藤七郎・鈴木敬治 (1968) 福島 - 郡山間の第  
四系. 第四紀, no.13, p.10-29.
- 吉川敏之・山元孝広・中江 訓 (2010) 「宇都宮」地域の  
地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 産  
総研地質調査総合センター, 79p.

(受付：2011 年 12 月 20 日；受理：2012 年 7 月 25 日)



付録1：各露頭の注釈

- Loc. 1. 柳沢ほか (1996) の第 53 図と同一露頭。2010 年 3 月時点で露頭は観察可能。
- Loc. 2. 久保ほか (1990) の第 85 ~ 87 図と同一露頭。Hu-TG と塚原 t5 は久保ほか (1990) の t1 と t5 に、それぞれ対応する。塚原 t5 の火山ガラス主成分化学組成の分析結果は、付録 2 に示している。2010 年 3 月時点で露頭は観察可能。
- Loc. 3. Yamamoto (2005) の Loc. 2 と同一露頭。2010 年 3 月時点で露頭は観察可能。
- Loc. 4. Yamamoto (2005) の Loc. 15 と同一露頭。2010 年 3 月時点で露頭は観察可能。
- Loc. 5. Yamamoto (2005) の Loc. 3 と同一露頭。2010 年 3 月時点で露頭は観察可能。
- Loc. 6. Yamamoto (2005) の Loc. 21 と同一露頭。2010 年 3 月時点で露頭は観察可能。
- Loc. 7. Yamamoto (2005) の Loc. 29 と同一露頭。露頭は植生に覆われ観察不能。
- Loc. 8. Yamamoto (2005) の Loc. 57 と同一露頭。Yamamoto (2005) では TK104 を Iz-KTa に対比したが、構成物の特徴から Ij-TK に対比を修正した。2010 年 3 月時点で露頭は観察可能。
- Loc. 9. 初出。露頭は植生に覆われ観察不能。
- Loc. 10. Yamamoto (2005) の Loc. P5 と同一露頭。露頭は植生に覆われ観察不能。
- Loc. 11. 初出。宅地化により露頭は消失。吉田ほか (1968) で伏拝火砕流堆積物とされていたものは、阪口 (1995) の伏拝岩屑なだれ堆積物と本報告の蓬莱火砕流堆積物に分けられる。この蓬莱火砕流堆積物は逆帯磁しており、 $1.8 \pm 0.3$  Ma のジルコン・フィッシュオントラック年代値を得ている (山元, 未公表)。
- Loc. 12. Yamamoto (2005) の Loc. P3 と同一露頭。2010 年 3 月時点で露頭は観察可能。
- Loc. 13. 山元・阪口 (2000) の Loc. 27 と同一露頭。Ag-MzP5 は山元・阪口 (2000) の NT に対応する。露頭は水没し、観察不能。
- Loc. 14. 初出。2010 年 3 月時点で露頭は観察可能。
- Loc. 15. 山元・阪口 (2000) の Loc. 9 と同一露頭。2009 年 10 月時点で露頭は観察可能。
- Loc. 16. 山元・阪口 (2000) の Loc. 34 と同一露頭。On-NG は山元・阪口 (2000) の SK に対応する。この対比の結果、山元・阪口 (2000) の Bn-HP2, Ad-EB2, Ad-EB1 を、本報告で Bn-HP2, Ad-EB2, Ad-EB1 に修正した。2009 年 10 月時点で露頭は観察可能。
- Loc. 17. 山元・阪口 (2000) の Loc. 40, Yamamoto (2005) の Loc. P7 と同一露頭。2009 年 10 月時点で露頭は部分的に観察可能。
- Loc. 18. 山元・阪口 (2000) の Loc. 39 と同一露頭。2009 年 10 月時点で露頭は観察可能。
- Loc. 19. 山元 (2003) の Loc. 22 と同一露頭。露頭は植生に覆われ観察不能。
- Loc. 20. 山元 (2003) の Loc. 24 と同一露頭。現在の露頭状況は不明。
- Loc. 21. 山元 (1999b) の Loc. 16 と同一露頭。当初、Iz4 としていたテフラ (603-1-2) を、山元 (2006) は斑晶組成と屈折率の類似から榛名宮沢テフラに対比した。しかし、対比の元になった榛名火山における火砕流堆積物認定に間違いがあったことがその後判明している。本報告では、このテフラを戸室山第 1 テフラ (TM1; 山元, 1999b) に対比し直した。また、山元 (1999b) の Ag-NM2 は、その後のテフラ分析により Ag-NM1 に修正した。現在の露頭状況は不明。
- Loc. 22. 初出。現在の露頭状況は不明。
- Loc. 23. 山元・阪口 (2000) の Loc. 1 と同一露頭。2009 年 10 月時点で露頭は観察可能。
- Loc. 24. 山元・須藤 (1996) の Loc. 7 と同一露頭。露頭は植生に覆われ観察不能。
- Loc. 25. 山元・須藤 (1996) の Loc. 8 と同一露頭。露頭は植生に覆われ観察不能。
- Loc. 26. 山元・須藤 (1996) の Loc. 10 と同一露頭。露頭は植生に覆われ観察不能。
- Loc. 27. 山元 (1999b) の Loc. 17 と同一露頭。現在の露頭状況は不明。
- Loc. 28. 山元 (1999a) の第 35 図地点 7, 山元 (1999b) の Loc. 17 と同一露頭。露頭は植生に覆われ観察不能。
- Loc. 29. 山元 (1999b) の Loc. 29 と同一露頭。山元 (1999b) の Kt? は、その後の対比により Ns-SR1 に修正した。現在の露頭状況は不明。
- Loc. 30. 山元 (1999b) の Loc. 30 と同一露頭。山元 (1999b) の Ag-NM2 は、その後のテフラ分析により Ag-NM1 に修正した。現在の露頭状況は不明。
- Loc. 31. 初出。2006 年 10 月時点で露頭は観察可能。
- Loc. 32. 初出。2009 年 5 月時点で露頭は観察可能。
- Loc. 33. 山元 (1992) の地点 F と同一露頭。2009 年 5 月時点で露頭は観察可能。
- Loc. 34. 山元 (2003) の Loc. 14 と同一露頭。2009 年 5 月時点で露頭は観察可能。
- Loc. 35. 山元 (2003) の Loc. 15 と同一露頭。2009 年 5 月時点で露頭は観察可能。
- Loc. 36. 山元 (2003) の Loc. 16 と同一露頭。現在の露頭状況は不明。
- Loc. 37. 山元 (1999a) の第 35 図地点 5 と同一露頭。現在の露頭状況は不明。
- Loc. 38. 山元 (1999a) の第 35 図地点 2, 山元 (1999b) の Loc. 21 と同一露頭。Ag-MzP5 は山元 (1999a) ・山元 (1999b) の NT に対応する。2011 年 7 月時点で露頭は観察可能であるが、露頭面が更に大きく掘削されたため (Fig. 2), 当初記載時とは若干異なる岩相が露頭に現れている。例えば Ij-TK と鶴ヶ池岩屑なだれ堆積物間の礫層はもはや観察できない。
- Loc. 39. 山元 (1999a) の第 35 図地点 1 と同一露頭。Ag-MzP5 は山元 (1999a) の NT に対応する。現在の露頭状況は不明。
- Loc. 40. 山元 (1999b) の Loc. 37 と同一露頭。山元 (1999b) の Kt, Ns-SR7, Si1, Si2-3, Ns-SR7 は、その後の対比により Nk-YT, Si2, Si3, Si4, YG に、それぞれ



修正した。露頭は消失。

- Loc. 41. 初出。地点は那須塩原市の国際医療福祉大学病院で、Nk-MA よりも上位については病院建屋南側の露頭、Nk-MA よりも下位については病院建屋東側の露頭を接合している。建屋南側の露頭は鈴木 (1996) の写真の露頭と同一。2006 年 10 月時点で露頭は観察可能。
- Loc. 42. 初出。露頭は植生に覆われ観察不能。
- Loc. 43. 初出。現在の露頭状況は不明。
- Loc. 44. 吉川ほか (2010) の第 6.8 図 Loc. 1 と同一露頭。露頭は水没し観察不能。
- Loc. 45. 山元 (2003) の Loc. 12 と同一露頭。露頭は植生に覆われ観察不能。
- Loc. 46. 山元 (1999b) の Loc. 13 と同一露頭。2009 年 5 月時点で露頭は観察可能。
- Loc. 47. 山元 (2003) の Loc. 9 と同一露頭。露頭はコンクリートに覆われ観察不能。
- Loc. 48. 山元 (2003) の Loc. 1 と同一露頭。露頭は植生に覆われ観察不能。
- Loc. 49. 初出。現在の露頭状況は不明。
- Loc. 50. 山元 (1999b) の Loc. 25 と同一露頭。Ag-MzP5 は山元 (1999b) の NT に対応する。2011 年 7 月時点で露頭は観察可能。

- Loc. 51. 吉川ほか (2010) の第 6.8 図 Loc. 3 と同一露頭。2011 年 7 月時点で露頭は観察可能。
- Loc. 52. 吉川ほか (2010) の第 6.8 図 Loc. 4 と同一露頭。2011 年 7 月時点で露頭は観察可能。
- Loc. 53. 山元 (1999b) の Loc. 43 と同一露頭。2011 年 7 月時点で露頭は観察可能。
- Loc. 54. 初出。現在の露頭状況は不明。

**付録 2：塚原 t5 の火山ガラス主成分化学分析結果**

塚原 t5 テフラについては、エネルギー分散型 X 線マイクロアナライザー (EDX) を用いた火山ガラスの主成分分析を行っている。分析は、(株)古澤地質に依頼した。EDX 測定では、4 μm 四方の範囲を約 150 nm のビーム径にて走査させている。結果を Table A に示している。分析結果のまともは良く、純度の高いテフラ試料であったことを示している。この主成分化学組成と一致し、対比可能なテフラは、これまで確認していない。しかしながら多くの広域テフラと比較して、塚原 t5 テフラの K<sub>2</sub>O 濃度は明らかに低いので、その給源はおそらく火山フロント沿いの火山であると予想されよう。

第 A 表 塚原 t5 テフラ中の火山ガラスの EDX による主成分分析結果。

Ave. = 平均; S.D. = 標準偏差。

Table A. Major element contents of volcanic glass shards in the Tsukahara t5 tephra by EDX measurements.

Ave. = average; S.D. = standard deviation.

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Ave.	S.D.
SiO <sub>2</sub>	72.20	71.12	71.87	72.18	72.78	71.53	72.07	72.94	72.04	72.99	73.02	71.81	71.07	71.47	71.02	72.01	0.69
TiO <sub>2</sub>	0.29	0.36	0.35	0.29	0.36	0.37	0.42	0.38	0.32	0.20	0.40	0.38	0.32	0.40	0.48	0.35	0.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.05	12.93	13.10	12.99	12.81	12.73	12.93	12.95	13.16	13.06	12.86	13.07	12.86	12.86	13.48	12.99	0.18
FeO	2.34	2.21	2.02	2.05	1.90	2.13	2.05	1.87	2.04	2.04	2.20	2.14	2.36	1.98	2.53	2.12	0.18
MnO	0.07	0.05	0.11	0.19	0.18	0.00	0.27	0.03	0.03	0.06	0.17	0.00	0.00	0.22	0.04	0.09	0.09
MgO	0.61	0.59	0.44	0.50	0.60	0.64	0.60	0.61	0.65	0.53	0.60	0.56	0.48	0.62	0.82	0.59	0.09
CaO	2.79	2.81	2.86	2.79	2.81	2.91	2.87	2.81	2.82	2.82	2.73	2.85	2.62	2.71	3.20	2.83	0.13
Na <sub>2</sub> O	3.69	3.82	3.62	3.84	3.87	3.98	3.73	3.74	3.82	3.90	3.77	3.73	3.70	3.76	3.84	3.79	0.09
K <sub>2</sub> O	1.51	1.50	1.64	1.63	1.59	1.55	1.62	1.61	1.48	1.65	1.59	1.70	1.59	1.57	1.48	1.58	0.07
Total	96.55	95.39	96.01	96.46	96.90	95.84	96.56	96.94	96.36	97.25	97.34	96.24	95.00	95.59	96.89	96.35	

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Ave.	S.D.
SiO <sub>2</sub>	74.78	74.56	74.86	74.83	75.11	74.63	74.64	75.24	74.76	75.05	75.02	74.62	74.81	74.77	73.30	74.73	0.44
TiO <sub>2</sub>	0.30	0.38	0.36	0.30	0.37	0.39	0.43	0.39	0.33	0.21	0.41	0.39	0.34	0.42	0.50	0.37	0.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.52	13.55	13.64	13.47	13.22	13.28	13.39	13.36	13.66	13.43	13.21	13.58	13.54	13.45	13.91	13.48	0.18
FeO	2.42	2.32	2.10	2.13	1.96	2.22	2.12	1.93	2.12	2.10	2.26	2.22	2.48	2.07	2.61	2.20	0.19
MnO	0.07	0.05	0.11	0.20	0.19	0.00	0.28	0.03	0.03	0.06	0.17	0.00	0.00	0.23	0.04	0.10	0.09
MgO	0.63	0.62	0.46	0.52	0.62	0.67	0.62	0.63	0.67	0.54	0.62	0.58	0.51	0.65	0.85	0.61	0.09
CaO	2.89	2.95	2.98	2.89	2.90	3.04	2.97	2.90	2.93	2.90	2.80	2.96	2.76	2.84	3.30	2.93	0.12
Na <sub>2</sub> O	3.82	4.00	3.77	3.98	3.99	4.15	3.86	3.86	3.96	4.01	3.87	3.88	3.89	3.93	3.96	3.93	0.09
K <sub>2</sub> O	1.56	1.57	1.71	1.69	1.64	1.62	1.68	1.66	1.54	1.70	1.63	1.77	1.67	1.64	1.53	1.64	0.07
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

