福島県, 会津盆地中西部地下における第四紀後期テフラの層序

鈴木毅彦^{*1, a}・斎藤はるか^{*1}・笠原天生^{*1}・栗山悦宏^{*2}・今泉俊文^{*3}

東北日本弧南部, 福島県会津坂下町で得た 3 本のボーリングコアからテフラを検出し, これらの認定を行い会津盆地中西部地下のテフラ層序を確立した。また放射性炭素年代測定も実施し, それらの結果と合わせて盆地堆積物の年代と堆積速度を求めた。地下約 100 m 以浅の堆積物はシルト・泥炭・砂を主体とし, ところにより礫層やテフラを挟む。認定したテフラは上位から Nm-NM (5.4 ka), AT (30 ka), DKP (55~66 ka), Nm-KN, Ag-OK (<85.1 ka), TG (129 ka), Sn-MT (180~260 ka) である。最長コアから得た堆積速度は, 地表/DKP 間で 0.46~0.55 m/kyrs, DKP/TG 間で 0.19~0.23 m/kyrs である。

キーワード: ボーリングコア, 会津盆地, 始良 Tn テフラ, 大山倉吉テフラ, 沼沢金山テフラ, 田頭テフラ

I. はじめに

東北日本の奥羽脊梁山脈西方には, 会津盆地や山形盆地など, 周囲に比べて相対的沈降域である内陸盆地が南北に連なる。これらの内陸盆地は, その東西縁が活断層によって区切られる場合が多く (今泉, 1999 など), 内陸盆地列南端に位置する会津盆地においても, 西縁に明瞭な活断層である会津盆地西縁断層帯 (活断層研究会, 1991; 福島県, 2000, 2001, 2002; 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (以下, 推本と略), 2008) が存在し, 会津盆地とその西側の会津盆地西縁丘陵との境を成している (図 1)。

中新世以降の会津盆地の発達史は, 鈴木ほか (1977) や山元ほか (2006) などにより議論されており, また会津盆地西縁断層帯の最近数万年間の活動については推本 (2008) により報告されている。しかし中期更新世以降の盆地発達史や断層帯の活動史の詳細は, それらを明らかにする上で重要な盆地地下の堆積物の知見が限られるために十分に明らかでない。

会津盆地の南西側には沼沢火山や砂子原カルデラなどの第四紀火山が存在し, それらを給源とする中期更新世

以降のテフラの知見が蓄積されてきた (山元, 1999, 2012; 鈴木ほか, 2004 など)。これらテフラを盆地地下の堆積物中に認定できれば堆積物深度と年代の関係が明らかとなり, 盆地発達史や断層帯の活動史を復元する上で有用な基礎資料となる。本研究では会津盆地西部会津坂下町において盆地内の既存ボーリングコア 1 本と新規に掘削した 2 本のボーリングコアから多数のテフラを検出し, それらを記載し, 対比した。また堆積物に含まれる泥炭・有機質シルトに対し放射性炭素年代測定を実施した。これらの結果に基づき会津坂下町周辺地下におけるテフラ層序を確立し, 盆地堆積物の深度と年代の関係を明らかにした。本論文ではこれらについて報告する。

II. 調査地域とボーリング地点の概要

調査地域周辺は, 会津盆地西縁断層帯を境界として, 西側の会津盆地西縁丘陵と東側の会津盆地からなる (図 1)。会津盆地西縁丘陵は標高 300~500 m (盆地底との比高が 150~300 m) の南北に細長く伸びる丘陵である。丘陵の東側には標高 170~250 m の会津盆地が, 西側には只見川の河谷を挟んで越後山地が広がる。会津盆地西縁丘陵と会津盆地の境には, 会津盆地西縁断層帯がほぼ

2014 年 1 月 15 日受付, 2015 年 11 月 28 日受理。

*1 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科地理学教室 〒192-0397 八王子市南大沢 1-1。

*2 宇宙航空研究開発機構 〒182-8522 調布市深大寺東町 7-44-1。

*3 東北大学大学院理学研究科 〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3。

*a Corresponding author : suzuki@tmu.ac.jp

図1 ボーリング地点および関連露頭的位置

陰影図は国土地理院発行の50 m DEMを用いて作成、等高線間隔は20 m。断層位置は、活断層研究会(1991)より引用。

Fig. 1 Locations of drilling sites and related outcrops. Relief map is created by using Digital Map 50 m Grid (Elevation) of Geospatial Information Authority of Japan (GSI). Contour line interval is 20 m. Distribution of faults is after Research Group for Active Faults of Japan (1991).

南北方向に長さ約34 kmで伸びており、西側隆起の逆断層の活動により会津盆地西縁丘陵が盆地に対して相対的に隆起し、盆地と丘陵の地形境界を明瞭にしている(推本, 2008)。

調査地域とその周辺域の地質は山元(1992)や山元ほか(2006)によりまとめられており、それによれば中期更新世以降の堆積物は下位から、塔寺層、段丘礫層、それらを覆うローム層や沖積層からなる。このうち塔寺層は砂礫を主体とし、会津盆地西縁丘陵東縁の幅1.5 km以内の範囲に分布し、およそ南北走向で東側へ急傾斜(10~42°)する。塔寺層は会津盆地地下にも連続すると

され、会津美里町新鶴(図1)付近の地下では、深井戸のボーリング資料から層厚40 mの沖積層の下位に本層の存在が推定されている(鈴木ほか, 1977)。

会津盆地西方の只見川沿いには、沼沢火山と砂子原カルデラが存在し、会津盆地西部における中期更新世以降の重要な指標テフラの給源となっている。両火山起源のテフラは、山元(1999, 2012)や鈴木ほか(2004)により層相・分布・記載岩石学的特徴が報告されているが、名称や個々のテフラの対比・分布、給源火山の推定に理解の不一致がある。とくに鈴木ほか(2004)による後述の田頭、砂子原松ノ下、砂子原逆瀬川の各テフラの認定は、山元(1999, 2012)の報告と異なる点が多い。本研究では、テフラの模式地や試料採取層準が確実に保証できることを理由に、筆者等の一連の研究(鈴木・早田, 1994; 鈴木ほか, 1995, 2004)によるテフラ名称を用いる。それらを以下に示すが、合わせて山元(1999, 2012)との違いについても触れておく。

沼沢火山起源のテフラは上位から沼沢沼沢湖テフラ(Nm-NM)、沼沢金山テフラ(Nm-KN)、沼沢芝原テフラ(Nm-SB)の3枚であり、これらはそれぞれ山元(2012)の沼沢沼沢湖テフラ(Nm-NK)、沼沢水沼テフラ(Nm-MZ)、沼沢芝原テフラ(Nm-SB)とほぼ同等である。砂子原カルデラ起源テフラはすべてNm-SBの下位にあり、砂子原松ノ下テフラ(Sn-MT)、砂子原逆瀬川テフラ(Sn-SK)の2枚、また砂子原カルデラ起源の可能性が高いものとして田頭テフラ(TG)が認定されている(鈴木ほか, 2004)。Sn-MTは山元(2012)の砂子原-久保田テフラ(Sn-KB)や山元・須藤(1996)の砂子原-勝方テフラ(Sn-KC)に相当し、Sn-SKは山元(2012)によるものとほぼ同等である。TGは山元(2012)の燧ヶ岳田頭テフラ(Hu-TG)とほぼ同じであるが、会津盆地西縁付近には分布しないとしており、鈴木ほか(2004)がTGとしたものはSn-KBとしている。また山元(2012)はHu-TGを尾瀬ヶ原北東に位置する燧ヶ岳火山起源としており、給源火山の認定が鈴木ほか(2004)とは異なる。

III. 対象コアと分析方法

1. 対象コアの概要

今回対象とした3本のコアの採取地点は、いずれも会津盆地中西部の会津坂下町に位置し、会津西縁断層帯の相対的低下側となる東側にある(図2)。2本のコアは2012年5~7月に株式会社サンコアにより実施されたオールコアボーリング(コア径68 mm)により得られた

図 2 ボーリング地点位置詳細図

背景の地図と地形区分は都市圏活断層図「若松」(宮内ほか, 2004) による。

Fig. 2 Detailed map of drilling sites

Base map and landform classification are after the Active Fault Map in Urban Area “Wakamatsu” by Miyauchi *et al.* (2004).

ものであり、以下、AB-12-1 コアと AB-12-2 コアとよぶ。残りの 1 本は会津坂下町が保管していたものであり、中岩田住宅コアとよぶ。

AB-12-1 コア

本コアは断層帯東方約 2.5 km の標高 177.32 m 地点(会津坂下町字上口; 北緯 37°33′37.8″, 東経 139°50′3.6″)において掘削された。掘削地点は旧宮川(鶴沼川)左岸河川敷に隣接する旧町立第一中学校(現在、坂下東小学校)敷地内であり、河川敷との標高差はほぼ無い。本地点は柳田(1979)では氾濫原、宮内ほか(2004)では沖積低地、山元ほか(2006)では沖積層(礫・砂及び泥)の堆積域とされている。掘削深度は 29 m である。

AB-12-2 コア

本コア掘削位置は断層帯東方約 900 m, 標高 179.09 m 地点(会津坂下町字中岩田; 北緯 37°33′44.6″, 東経 139°48′40.8″)であり、AB-12-1 コア掘削地の約 2 km 西方である。1976 年撮影の空中写真から判断すると周囲は以前水田が畑地であったが、掘削時は住宅建設予定の草地であった。本地点は会津坂下町市街地の北東を北流する旧宮川と市街地西側を北流する田沢川の間の微高地西端付近に位置する。この微高地は柳田(1979)によれば三津合層(Nm-NMの一部である沼沢火砕流堆積物の二次堆積物)から構成される三津合面、また宮内ほか(2004)では下位段丘面(図 2)とされ、山元ほか(2006)では礫・砂および泥からなる最低位段丘 I 堆積物(完新世)の堆積域に相当する。掘削深度は 99.5 m である。

中岩田住宅コア

本コアは断層帯から東方約 1 km の町営中岩田住宅(会津坂下町中岩田)の建替事業にともなう地質調査により、2003 年 7 月に掘削された。コア名は No. 15B-10 であるが、以後、中岩田住宅コアとよぶ。掘削地点は

AB-12-2 コアの南南西 280 m に位置し、標高 180.52 m である(北緯 37°33′35.05″, 東経 139°48′38.01″)。旧宮川などの比較的大きな河川からは 1 km 以上離れているが、掘削地点の西側数 10 m には旧宮川と合流する田沢川が北流し、田沢川に合流する栗村堰(人工水路)とは 20 m 程度しか離れていない。またそれらの河床との比高がほとんどなく沖積層が堆積する環境であり、宮内ほか(2004)では沖積低地と区分されている(図 2)。一方、柳田(1979)では三津合面、山元ほか(2006)では礫・砂及び泥からなる最低位段丘 I 堆積物(完新世)の堆積域とされている。ボーリングコアは、総掘進長が 45.45 m であり、1 m 毎の深度区間につき約 50 cm 分が保存されていた。

2. コア観察と分析

AB-12-1 と AB-12-2 コアの観察は掘削後室内にて実施した。最初に肉眼による層相観察を行い柱状図(図 3)を作成した。一方、中岩田住宅コアでは、残されていた 1 m ごとの約 50 cm 分について同様に層相観察し、試料を欠く部分についてはコアと伴に保管されていた柱状図を参考に柱状図を作成した。

コア中にテフラが認められた場合、深度・層厚・粒度・色調・堆積構造などを記載し試料を採取した。採取テフラは、層として認められるものに限らず、砂層やシルト層中に塊状に濃集または散在する火山灰や軽石も含む。採取テフラ試料は粘土分がほぼ除去されるまで超音波洗浄器で洗浄し、その後常温で風乾した。テフラ試料は鉱物組合せと火山ガラスの形状を実体顕微鏡により明らかにした。なお、本研究では実体顕微鏡下での目測による定性的な含有鉱物種の把握に止めた。また火山ガラスの形態分類は岸・宮脇(1996)に基づく。

観察したテフラの中で層厚、粒度、岩片比などの特徴

図 3 AB-12-1, AB-12-2 および中岩田住宅コアの柱状図
a.s.l.: 標高.

Fig. 3 Columnar sections of AB-12-1, AB-12-2, and Nakaiwata Jutaku cores
a.s.l.: above sea level.

から広域に分布すると判断したものについては、火山ガラスと斑晶鉱物の屈折率を測定した。屈折率測定には首都大学東京都市環境学部地理学教室所有の温度変化型屈

折率測定装置 (RIMS2000: 京都フィッシュトラック製) を用いて、1 試料につき 25 粒子以上を測定した。さらに 11 テフラを対象に火山ガラスの主成分化学組成分析

(EDS 分析)を行った。EDS 分析は、上記教室所有の日本電子製走査型電子顕微鏡 JSM-6390 および EDAX 社製エネルギー分散型 X 線分析装置 EDAX-Genesis APEX2 を用いた。EDS 分析における測定条件は、加速電圧 15 kV、試料電流 0.6 nA であり、標準試料を用いた ZAF 補正を行い、1 試料につき 13 以上のガラス片を測定した。また、各試料の分析前後には始良 Tn テフラ (AT: 町田・新井, 2003) の火山ガラスを標準試料として測定し機器の安定性を確認している。本分析の詳細と信頼性は Suzuki *et al.* (2014) に示されている。

コア掘削地点とテフラの供給源の候補との位置関係および、上記の方法により得られたデータをもとに、広域テフラについては町田・新井 (2003)、東南北部に局地的に分布するテフラについては鈴木ほか (1995, 2004) や鈴木・早田 (1994) に示されたテフラの諸特性を参考にして、対比候補テフラを選定した。対比候補テフラは、模式地での層相観察と試料採取を行い、同様な分析を行った (表 1)。対比の検討は、層位、岩相、斑晶鉱物組合せ、火山ガラスや斑晶鉱物の屈折率、火山ガラスの主成分化学組成に基づき行ったが、屈折率と主成分化学組成の分析は対象となる構成粒子が存在する場合のみに実施した。対比候補テフラの模式試料は、Nm-NM と Nm-KN がそれぞれ福島県金山町大栗山西方、同三島町早戸湯ノ平 (鈴木・早田, 1994)、TG と Sn-MT が新鶴村佐賀瀬川西方 (図 1 の WSAK)、Sn-SK が会津坂下町勝方南方 (図 1 の SKAC) (鈴木ほか, 2004) で採取したものを用いた。

ところでこの 4 テフラに含まれる火山ガラスの主成分化学組成 (表 1) は鈴木・早田 (1994) や鈴木ほか (2004) に示されているそれらと若干異なる。その理由は測定機器の違い (以前は日本電子製走査型電子顕微鏡 JSM-5200 および同社製エネルギー分散型 X 線分析装置 JED-2001 を使用) に由来し、従来の測定では測定の再現性は保たれていたものの、CaO 含有量が他の研究機関の測定値に比較して系統的に低いなどの問題があった (Suzuki, 1996)。今回得た測定値は、著者らの従来の測定値に比べてより信頼性が高い分析方法 (Suzuki *et al.*, 2014) で得られたものである。

AB-12-2 コア中の 7 層準の泥炭ないしは有機質シルトに対して ^{14}C 年代測定を行った (図 3, 表 2)。測定は株式会社パレオ・ラボにより加速器質量分析法で実施され、試料調製後、加速器質量分析計 (コンパクト AMS: NEC 製 1.5SDH) により測定された。得られた ^{14}C 濃度について同位体分別効果の補正を行った後、 ^{14}C 年代

と暦年代が算出された。暦年較正では IntCal13 (Reimer *et al.*, 2013) の較正曲線データに基づき OxCal4.1 (Bronk Ramsey, 2009) を使用した。

IV. 堆積物とテフラの記載

1. AB-12-1 コア

本コアで確認した堆積物は、深度 0~0.33 m の盛土、深度 0.33~0.57 m の土壌層を除き、それ以深はシルト、泥炭、砂、礫からなる (図 3)。深度 0.57~0.74 m が灰~褐色シルト層、深度 0.74~2.70 m が粗粒砂・中粒砂を主とする砂層、その下位は最大径約 4 cm の中礫サイズの亜円礫層 (深度 2.70~6.60 m) である。その下位は、明瞭な境界を隔てて深度 18.81 m までおもにシルト~有機質シルトからなり、部分的に層厚 10 cm 以下の泥炭層を含む。深度 18.81~22.87 m は粗粒砂を主とする砂層からなり、部分的に層厚 15 cm 以下の細礫層を挟む。深度 22.87~23.42 m では再び中礫サイズの亜円礫層 (最大径約 4 cm) となる。その下位は明瞭な境界を隔てて深度 26.82 m までおもにシルト~有機質シルトからなる。その下位は 29 cm のコア欠損があり、深度 27.11~28.74 m (コア最深部) は中礫サイズの亜円礫を含む粗粒砂層である。上記の様に、AB-12-1 コアでは 3 層準で礫層ないしは礫を含む粗粒砂層が認められ、その間は主にシルト、泥炭、砂から構成される。

テフラは深度 14.68~14.72 m に 1 枚を検出した。本テフラは約 50 cm の泥炭層に挟まれる層厚 4 cm の塊状の淘汰の良い中粒砂サイズの白色ガラス質火山灰層である。本テフラは上下の泥炭層とは明瞭な境界で接し、平均粒径 0.2~0.4 mm、最大粒径 0.6 mm の無色透明なバブルウォール型の火山ガラスからなる。その屈折率は $n=1.499\sim1.500$ 、主成分化学組成は平均重量% (以下, wt%) で、 SiO_2 : 78.0 wt%, Al_2O_3 : 12.4 wt%, Na_2O : 3.4 wt%, K_2O : 3.3 wt% である (表 1)。

2. AB-12-2 コア

本コアは、深度 0~1.08 m が盛土であり、その下位は層厚約 32 cm の土壌層で、深度 76.81 m まで全体的に細粒堆積物が卓越する。それ以深はコア基底まで礫層が卓越し、76.81~84.74 m, 88.76~98.59 m に最大径 7 cm 程度の亜円礫を含む礫層が存在する (図 3)。深度 76.81 m 以浅でも深度 33.69~34.04 m, 48.33~50.46 m, 54.49~56.47 m に最大径 3~4 cm の中礫サイズの亜円礫からなる礫層があり、いずれも上位に層厚 1~3 m の平行葉理が発達した砂層や砂・シルト互層をともなう。これらを除くと深度 76.81 m までは泥炭層、砂層、

表 1 コアから得られたテフラとそれに対比可能なテフラの諸特性

Table 1 Petrographic properties of tephra collected from cores and correlative beds

Tephra Core name/ depth	Reference	Type	Thickness cm	Max grain size mm	Composition Mineral Shape of glass shards	Refractive index		Major element compositions (wt%)										Ana- lytical	
						Glass	Mineral	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total	n	
Numazawa-Numazawako: Nm-NM West of Oguniyma, Kaneyama, Fukushima P. AB-12-2/ 3.59-4.09 m	(a)	pfl	>400	150	ho>mt, opx	1.498-1.502	opx:1.706-1.713 ho:1.672-1.678	77.6	0.3	12.4	1.2	0.2	0.3	1.4	3.5	3.2	100.0	97.6	16
	(a)	afaf/pfa	50	10	opx, ho, mt, qt spg	1.500-1.501	opx:1.705-1.712 ho:1.672-1.680	78.0	0.3	12.4	1.1	0.1	0.3	1.2	3.2	3.4	100.0	97.3	16
	(b)	afa	(57)			1.498-1.501 (e)		77.9	0.2	12.5	1.3	0.1	0.2	1.1	3.5	3.2	100.0	98.1	26
	(b)	afa	-	-		1.499-1.501		78.0	0.2	12.4	1.3	0.1	0.2	1.1	3.4	3.3	100.0	97.0	16
Chigaki, Tateyama, Toyama P. AB-12-1/ 14.68-14.72 m AB-12-2/ 17.00-17.05 m		afa	4	0.6	bw	1.498-1.501		0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.8	
		afa	5	0.6	bw	1.498-1.501		77.9	0.2	12.4	1.3	0.1	0.2	1.2	3.4	3.3	100.0	98.1	18
	(b)	pfa	-	-	ho, opx, (bi)	1.503-1.512 (f)	opx:1.700-1.711 (f) ho:1.673-1.683 (f)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		afa	7	0.8	ho>opx, mt (bi) spg>>>fib	1.505-1.511	opx:1.701-1.708 ho:1.676-1.684	74.4	0.3	14.4	1.6	0.1	0.5	1.9	4.1	2.7	100.0	98.2	16
Numazawa-Kanayama (Nm-KN) Yunotaira, Hayato, Mishima-town, Fukushima P. AB-12-2/31.10-31.63 m	(a)	pfa	115	65	ho>cum>mt	1.499-1.502	ho:1.670-1.675 cum:1.657-1.665	77.8	0.2	12.6	1.0	0.1	0.3	1.1	3.3	3.6	100.0	98.1	16
	(a)	pfa	53	12	ho, mt>cum, qt	1.499-1.501	ho:1.670-1.676 cum:1.658-1.662	77.7	0.2	12.6	1.0	0.1	0.3	1.2	3.3	3.5	100.0	96.2	16
		?	12	10	ho,cum>>bi, qt spg	1.499-1.501	ho:1.668-1.676 cum:1.658-1.663	77.6	0.2	12.6	1.0	0.1	0.3	1.2	3.4	3.5	100.0	96.1	15
	(c)	pfa	30	50	opx>opx, mt spg	1.508-1.510	opx:1.709-1.713	75.1	0.4	13.9	2.1	0.1	0.6	2.7	3.2	2.0	100.0	93.9	19
AB-12-2/ 36.79-38.82 m	(c)	afa	3	2	opx, cp, mt spg	1.509-1.513	opx:1.706-1.713	75.4	0.4	13.4	2.1	0.1	0.6	2.7	3.4	2.0	100.0	93.4	19
	(d)	afaf/pfa	33	20	ho>cum, mt, bi, qt spg	1.497-1.499	ho:1.674-1.689 cum:1.661-1.666	77.3	0.2	13.3	0.8	0.2	0.2	0.7	4.0	3.2	100.0	97.2	15
	(d)	pfa/pfa	43	20	bi (mt), qt sfr	1.496-1.499		77.4	0.2	13.4	0.8	0.2	0.2	0.5	4.1	3.2	100.0	97.6	16
	(d)	?	117	7	bi sfr, spg, fib	1.496-1.499		77.4	0.2	13.4	0.7	0.2	0.2	0.5	4.1	3.4	100.0	99.0	13
Nakaiwata Jutaku Lower Tephra 36.15-44.90 m		?	875	6	(bi) fib, spg	1.496-1.499		77.3	0.2	13.4	0.7	0.2	0.2	0.5	4.1	3.3	100.0	94.3	16
	(d)	afa	50	2	bi, mt (ho); qt fib, spg	1.498-1.499		0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.7	
	(d)	pfl?afa?	343	20	bi, qt fib, spg	1.495-1.498		77.6	0.2	13.1	0.8	0.3	0.2	0.3	4.1	3.4	100.0	98.6	16
		afa	1	0.9	bi, qt spg	1.497-1.499		0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.6	
Sunagohara-Sakasegawa (Sn-SK) South of Kachikata	(d)	afa	160	3	bi, qt fib, spg	1.496-1.497		78.0	0.2	13.2	1.0	0.3	0.2	0.3	4.0	2.9	100.0	96.5	16

Tephra name by previous study is shown in reference, (a): Suzuki & Soda (1994), (b): Machida & Arai (2003), (c): Suzuki et al. (1995), (d): Suzuki et al. (2004). afa: ash fall deposit, pfa: pumice fall deposit, pfl: pyroclastic flow deposit, opx: orthopyroxene, cpx: clinopyroxene, ho: hornblende, cum: cummingtonite, mt: titanomagnetite, bi: biotite, qt: quartz. Shape of glass shards, bw: bubble-wall, fib: fiber type, sp: small bubble type, str: stripe type, spg: sponge type. Phenocryst found rarely is shown in parenthesis. Refractive index, gl: glass (n), opx: orthopyroxene (n_x), cum: cummingtonite (n_c). Determined with RIMS2000 except (e) by Machida & Arai (2003) and (f) by Furusawa & Umeda (2002). Analyses recalculated to 100% on a volatile-free basis and presented as a mean and standard deviation of n shard analyses. Determined by JSM-6390 and EDAX-Genesis APEX2 energy dispersive X-ray spectrometry using a 0.6 nA current at 15 kV.

表 2 AB-12-2 コアから得られた泥炭～有機質シルトの ^{14}C 年代測定値
Table 2 ^{14}C dates of peat and organic silt collected from the AB-12-2 core

Sample number	Depth (m)	Measured ^{14}C age (yrs BP)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Conventional age ^{14}C age (yrs BP)	Calibrated age 2σ (cal BP)	Laboratory code
AB-12-2-A	6.73 - 6.75	8024 $\pm$ 27	-18.20 $\pm$ 0.20	8025 $\pm$ 25	8777 - 9010 (67.0%)	PLD-26144
AB-12-2-B	10.72 - 10.74	18408 $\pm$ 53	-31.06 $\pm$ 0.20	18410 $\pm$ 50	22055 - 22461	PLD-26145
AB-12-2-C	11.44 - 11.46	19834 $\pm$ 73	-30.20 $\pm$ 0.33	19830 $\pm$ 70	23623 - 24110	PLD-26146
AB-12-2-D	18.65 - 18.68	30667 $\pm$ 118	-29.46 $\pm$ 0.15	30670 $\pm$ 120	34300 - 34887	PLD-26147
AB-12-2-E	24.71 - 24.73	39654 $\pm$ 258	-30.34 $\pm$ 0.17	39650 $\pm$ 260	42851 - 43891	PLD-26148
AB-12-2-F	30.27 - 30.29	43852 $\pm$ 330	-29.81 $\pm$ 0.22	43850 $\pm$ 330	46205 - 47970	PLD-26149
AB-12-2-G	31.63 - 31.65	38714 $\pm$ 203	-29.48 $\pm$ 0.20	38710 $\pm$ 200	42340 - 43010	PLD-26150

テフラ層を頻繁に挟むシルト層が卓越する。顕著な泥炭層は 64.29 m 以浅で 8 層準認められる (図 3)。AB-12-2 コアで認定した 8 枚のテフラを以下に産出する深度ごとに記載する。

深度 3.59～4.09 m

層厚少なくとも 50 cm のテフラ層で、下位の泥炭層とは明瞭な境界で接する。上部は 7 cm のコア欠損があるため上位の火山灰質砂質シルト層との境界は観察できず、層厚が最大で 57 cm の可能性がある。テフラ層は、下部が層厚 9 cm の極粗粒砂サイズの軽石質火山灰層 (平均粒径約 1 mm, 最大粒径約 5 mm)、3 cm の欠損を隔て、中部は層厚 6 cm の軽石層 (平均粒径約 2～6 mm, 最大粒径 10 mm)、上部は層厚 32 cm の極細粒砂サイズの淡桃色火山灰層 (平均粒径約 0.1 mm, 最大粒径 0.3 mm) からなる。中部の軽石層は発泡の悪い最大粒径 1 cm の青色ラピリや白色軽石からなり、基質を欠く。上下の火山灰層は軽石粒子などを含まず淘汰がよい。下部の火山灰層と中部の軽石層に含まれる主な斑晶鉱物は斜方輝石、ホルンブレンド、チタン磁鉄鉱、石英である。斜方輝石とホルンブレンドの屈折率はそれぞれ $n=1.705\sim1.712$, $n_2=1.672\sim1.680$ である (表 1)。また上部の火山灰層は細粒なスポンジ状軽石型火山ガラスを多く含み、その主成分化学組成は、 SiO_2 : 78.0 wt%, Al_2O_3 : 12.4 wt%, Na_2O : 3.2 wt%, K_2O : 3.4 wt% である。

深度 17.00～17.05 m

泥炭層に挟まれる層厚 5 cm の塊状で淘汰の良い中粒砂サイズの白色ガラス質火山灰層 (平均粒径 0.2～0.4 mm, 最大粒径 0.6 mm) である。本テフラは上下の泥炭層とは明瞭な境界で接し、最大粒径 0.6 mm の無色透明なバブルウォール型の火山ガラスを主とする。火山ガラスの屈折率は $n=1.498\sim1.501$, 主成分化学組成は、 SiO_2 : 77.9 wt%, Al_2O_3 : 12.4 wt%, Na_2O : 3.4

wt%, K_2O : 3.3 wt% である (表 1)。

深度 30.05～30.12 m

泥炭層中に最大で層厚 7 cm の塊状の白色ガラス質火山灰層が挟まる。下位の泥炭層とは明瞭な境界で接するが、上位の泥炭層との境界は漸移的で数 cm 程度の凹凸がある。本テフラはスポンジ状軽石型の火山ガラス (粒径 0.8 mm 以下)、ホルンブレンド、斜方輝石、チタン磁鉄鉱、微量の黒雲母からなり、斜方輝石は (100) 面が発達した特徴をもつ。火山ガラスの屈折率は $n=1.505\sim1.511$, ホルンブレンドと斜方輝石のそれは、それぞれ $n_2=1.676\sim1.684$, $\gamma=1.701\sim1.708$ である。火山ガラスの主成分化学組成は、 SiO_2 : 74.4 wt%, Al_2O_3 : 14.4 wt%, Na_2O : 4.1 wt%, K_2O : 2.7 wt% であり、 SiO_2 の組成幅が今回検討したテフラの中では最も広い (図 4, 表 1)。

深度 31.10～31.63 m

上記の白色ガラス質火山灰層の下位約 1 m の深度 31.10～31.63 m では、層厚 53 cm の軽石層 (平均粒径 3～8 mm, 最大粒径 12 mm) が観察された。上下のシルト層とは明瞭な境界で接する。本軽石層には明瞭な成層構造はなく逆級化する。また基質が認められず淘汰がよい。軽石は円磨度が低く亜角～角礫を呈する。本テフラは斑晶鉱物に富んだ発泡の悪い白～灰色軽石を主体とし、軽石はホルンブレンド、チタン磁鉄鉱、石英のほか微量のカミングトン閃石を含む。ホルンブレンド、カミングトン閃石、火山ガラスの屈折率は、それぞれ $n_2=1.670\sim1.676$, $n_2=1.658\sim1.662$, $n=1.499\sim1.501$ である。火山ガラスの主成分化学組成は、 SiO_2 : 77.7 wt%, Al_2O_3 : 12.6 wt%, Na_2O : 3.3 wt%, K_2O : 3.5 wt% である (表 1)。

深度 36.79～36.82 m

層厚 3 cm の粗粒砂サイズ (平均粒径 0.4～1.0 mm, 最大粒径 2 mm) の淘汰良好な軽石質火山灰層である。

図4 AT, DKP および Ag-OK の火山ガラス主成分化学組成

Fig. 4 Chemical compositions of glass shards in AT, DKP, and Ag-OK tephra

本層は上下の泥炭層と明瞭な境界で接するが、上位の泥炭層中には本層に由来すると考えられる火山灰が5 cm にわたり散在する。本火山灰層はスポンジ状軽石型火山ガラス、斜方輝石、単斜輝石、チタン磁鉄鉱からなり、火山ガラスと斜方輝石の屈折率はそれぞれ、 $n=1.509\sim 1.513$, $\gamma=1.706\sim 1.713$ である。火山ガラスの主成分化学組成は、 SiO_2 : 75.4 wt%, Al_2O_3 : 13.4 wt%, Na_2O : 3.4 wt%, K_2O : 2.0 wt%である(図4, 表1)。

深度 44.58~45.75 m

層厚 117 cm の白～青灰色を呈する火山灰層である。下位の粗粒砂層とは明瞭な境界な境界で接し、上位の有機質シルト層とも比較的明瞭な境界で接するが、この有機質シルト層は本火山灰層上端から約 55 cm にかけては火山灰質である。不明瞭であるが、数 cm から 10 cm 毎に粒径変化が認められ、粗粒な部分で粗粒砂サイズ、細粒な部分で細粒砂サイズである。45.35 m 付近では粒

径約 7 mm の軽石が含まれていたが、これを除くと火山礫サイズの軽石は検出されなかった。全体的に平行型の火山ガラスを多く含み、スポンジ状や繊維状の火山ガラスもみられ、わずかに黒雲母も含む。火山ガラスの屈折率は $n=1.496\sim1.499$ ，またその主成分化学組成は、 SiO_2 : 77.4 wt%， Al_2O_3 : 13.4 wt%， Na_2O : 4.1 wt%， K_2O : 3.4 wt% である (図 5, 表 1)。

深度 84.91~88.34 m

層厚 3.43 m のテフラ層で、下位の有機質シルト層と

の境界をなす本テフラ層基底は平坦で明瞭であるが、上端は 17 cm 分のコア欠損があるため上位層との境界が確認できず、欠損部の上位は礫層である。本テフラ最下部の 19 cm は細粒砂サイズから粗粒砂サイズの成層した火山灰からなり全体的に逆級化し、数 mm の亜角～角礫状の軽石を含む上部は淘汰が悪い。また下位層をわずかに削り込む斜交層理をもつ。その直上は弱い平行葉理をもつ層厚 13 cm の淘汰のよい粗粒砂サイズの火山灰層 (平均粒径 0.3~0.8 mm, 最大粒径 2 mm) である。

図 5 沼沢・砂子原カルデラ起源テフラの火山ガラスの主成分化学組成

Fig. 5 Chemical compositions of glass shards in tephra derived from Numazawa and Sunagohara calderas

その上位の約 3.1 m は最下部に 2 cm の白色軽石が 1 粒子検出されたことを除くと、大半が粒径 7 mm 以下の亜角～角礫状の白色軽石が散在し、極粗粒砂サイズの火山灰からなる基質が卓越する。中部の 86.00～86.52 m 付近は軽石に乏しく、基質がシルトサイズの火山灰である。本テフラは繊維状とスポンジ状の軽石型火山ガラス、黒雲母、石英を含む。火山ガラスの屈折率は $n=1.495\sim 1.498$ 、またその主成分化学組成は、 $\text{SiO}_2: 77.5\text{ wt\%}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3: 13.2\text{ wt\%}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}: 4.2\text{ wt\%}$ 、 $\text{K}_2\text{O}: 3.5\text{ wt\%}$ である (図 5, 表 1)。

深度 99.25～99.26 m

層厚 1 cm の中粒砂サイズの白色ガラス質火山灰層 (平均粒径 0.2～0.6 mm, 最大粒径 0.9 mm) である。本層は下位の泥炭層、上位の火山灰質シルト層とは明瞭な境界で接する。本テフラは、スポンジ状軽石型火山ガラス、黒雲母、石英を含む。火山ガラスの屈折率は $n=1.497\sim 1.499$ 、また主成分化学組成は、 $\text{SiO}_2: 77.8\text{ wt\%}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3: 13.0\text{ wt\%}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}: 4.3\text{ wt\%}$ 、 $\text{K}_2\text{O}: 3.0\text{ wt\%}$ である (図 5, 表 1)。

3. 中岩田住宅コア

ボーリング掘削時の柱状図によると、中岩田住宅コアでは、深度 0.80 m までの盛土を除くと、掘削深度の 45.45 m までは砂、シルト、砂礫、腐植土からなる (図 3)。大半はシルト～有機質シルトないしは細砂と記載されている部分からなり、砂礫層は深度 5.60～7.30 m にのみ存在する。柱状図でシルトとされている部位は腐植物を多く含み、有機質シルトとされている部分には多量の腐植物が認められ泥炭層の薄層も挟まれている。細砂とされている部分は部分的に細礫や腐植物を含むが、堆積構造は試料の保存状態が悪く不明である。深度 5.60～7.30 m の砂礫層は径 4 cm 程度の角～亜円礫を主体とし、基質は細粒砂からなる。砂やシルトの部分で柱状図に凝灰質と記された部位は 29.00～29.95 m と 36.15～44.90 m にあるが、明確に火山灰や軽石と記載された部位はない。しかし、本研究でのコア観察により、本コアに含まれる 2 枚のテフラ層を新たに記載した。これらの中岩田住宅上部テフラ (NJU)、同下部テフラ (NJL) とよぶ。

中岩田住宅上部テフラ (NJU)

NJU は微細砂と記載された砂層中に挟在し、深度 29.54～29.66 m に 12 cm の厚さで産出する。コア試料の乾燥と攪乱により上下の堆積物との境界やその特徴は不明であるが、本テフラの上部は斑晶が目立つ白色軽石 (平均粒径 2～6 mm, 最大粒径 1 cm) を含む。また正級

化するようにもみえるが、未固結なためコア採取中に攪乱している可能性もあり本来の層相は不明である。本層上位の砂層中に軽石が散在し、本層下位からは軽石が観察されない。NJU の鉱物組合せは、ホルンブレンド、カミングトン閃石、黒雲母、石英である (表 1)。また、スポンジ状の火山ガラスを多量に含み、その屈折率は $n=1.499\sim 1.501$ を示す。ホルンブレンド、カミングトン閃石の屈折率は、 $n_2=1.668\sim 1.676$ 、 $n_2=1.658\sim 1.663$ である。火山ガラスの主成分化学組成は $\text{SiO}_2: 77.6\text{ wt\%}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3: 12.6\text{ wt\%}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}: 3.4\text{ wt\%}$ 、 $\text{K}_2\text{O}: 3.5\text{ wt\%}$ である。

中岩田住宅下部テフラ (NJL)

NJL は、8.75 m の厚さで深度 36.15～44.90 m に位置する。本テフラ基底は、下位にある硬い有機質シルト層と明瞭な境界をなし、上位は層厚約 1 m の泥炭層に覆われるが、その境界の状態は不明である。NJL の最下部 15 cm は淘汰のよい白色軽石 (平均粒径 2～4 mm, 最大粒径 6 mm) からなる塊状の軽石層であり、含まれる軽石は亜角～角礫状である。一方、本テフラ上部の 8.6 m は、残されたコア試料 (1 m 毎の深度区間につき約 50 cm 分) が主に軽石を含まない火山灰質の細粒物からなるため便宜的に単一のテフラとして扱うが、時間間隙を含まない 1 枚のテフラ層ではない。すなわち掘削時の柱状図によれば上位から、均質な凝灰質シルト混じり細砂 (層厚 1.35 m)、複数のシルト薄層を挟む凝灰質微細砂 (層厚 2 m)、所々細砂を含む凝灰質シルト (層厚 1 m)、そして部分的にシルト質細砂、径 1 cm 以下の礫、極薄い砂礫層が含まれる凝灰質細砂 (層厚 4.25 m) である。

NJL 最下部の軽石は黒雲母を少量含む以外の斑晶鉱物はほとんど認められない。また多量に含まれる繊維状とスポンジ状の火山ガラスの屈折率は $n=1.496\sim 1.499$ と低い値を示す (表 1)。火山ガラスの主成分化学組成は $\text{SiO}_2: 77.3\text{ wt\%}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3: 13.4\text{ wt\%}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}: 4.1\text{ wt\%}$ 、 $\text{K}_2\text{O}: 3.3\text{ wt\%}$ である (図 5, 表 1)。

V. ^{14}C 年代測定結果

AB-12-2 コア中の 7 層準の泥炭ないしは有機質シルトから ^{14}C 年代測定値を得た (図 3, 表 2)。上位から較正年代 (2σ) を示すと 8,777～9,010 cal BP (深度 6.73～6.75 m)、22,055～22,461 cal BP (深度 10.72～10.74 m)、23,623～24,110 cal BP (深度 11.44～11.46 m)、34,300～34,887 cal BP (深度 18.65～18.68 m)、42,851～43,891 cal BP (深度 24.71～24.73 m)、46,205～

47,970 cal BP (深度 30.27~30.29 m), 42,340~43,010 cal BP (深度 31.63~31.65 m) であった。深度 30.27~30.29 m までの 6 つの年代値は概ね深度にともない古くなるが、深度 31.63~31.65 m では逆転する。これについては後述する。

VI. 考 察

1. テフラの認定

3 本のコアから得られたテフラの記載岩石学的特性と層位関係に基づき、以下のようにテフラを認定し、一部は産状からその成因についても検討した。

沼沢沼沢湖テフラ (Nm-NM)

AB-12-2 コアの深度 3.59~4.09 m より検出されたテフラ層は淘汰が良く、中部に粗粒なラピリや軽石 (最大粒径 1 cm) を含み基質を欠く特徴をもつことと、地表に近い層位に位置することから比較的新しい時代に近傍火山からもたらされた降下テフラと考えられる。そのようなテフラとして Nm-NM があげられ、本研究で模式地とした福島県金山町大栗山西方の試料とは斑晶鉱物の組合せ、斜方輝石、ホルンブレンド、火山ガラスの屈折率、主成分化学組成のいずれもよく類似する (図 5, 表 1)。したがって本テフラは Nm-NM と認定できる。

山元 (1995, 2003) は、Nm-NM を下位からユニット I~IV に区分した。このうちユニット II~IV が降下堆積物を含むとされ、いずれも会津坂下町周辺での分布が示されている。しかし本コアで認められたユニットとユニット II~IV との関係は不明である。

始良 Tn テフラ (AT)

AB-12-1 コアの深度 14.68~14.72 m と AB-12-2 コアの深度 17.00~17.05 m にはともに岩相がよく類似した白色ガラス質火山灰層が挟在され、火山ガラスの形状、屈折率、主成分化学組成 (表 1) はいずれも両テフラが同一のものであることを示す。そしてそれらの特徴は、南九州の始良カルデラ起源の AT のそれらと一致し、両テフラは AT と認定できる。

大山倉吉テフラ (DKP)

AB-12-2 コア、深度 30.05~30.12 m のガラス質火山灰層は、細粒なスポンジ状軽石型火山ガラスと有色鉱物からなる。このような特徴は鬱陵隠岐テフラや御岳第 1 テフラなどブリニー式噴火による降下堆積物の遠隔地の特徴 (町田・新井, 2003) を示し、同テフラも遠方火山のブリニー式噴火に起源をもつと考えられる。斑晶鉱物の組合せ、斜方輝石の (100) 面の発達、斜方輝石とホルンブレンドの屈折率 (表 1)、AT の下位にあることから

本テフラの対比候補は山陰に給源をもち、北関東~東南北部での分布が知られている大山倉吉テフラ (DKP, 町田・新井, 1979) である。

陸上産出の DKP の多くは風化により火山ガラスが消失しており、その屈折率や主成分化学組成の報告は限られている。しかし AB-12-2 コア深度 30 m 付近に産する本テフラは火山ガラスが残存し両者の値が得られた (図 4, 表 1)。古澤・梅田 (2002) は、大山山麓にて DKP と大山関金テフラ (DSP) の火山ガラスの屈折率の各層内での鉛直方向変化 (10 cm 間隔) を明らかにした。それによる DKP 全層準での火山ガラス屈折率全レンジは $n=1.503\sim1.512$ 、DSP では層内を 10 層準のうち最上部の 1 層準が $n=1.504\sim1.514$ であるが、それ以外は $n=1.511\sim1.521$ である。また丸山・齋藤 (2014) は、富山県西部の砺波平野地下にて火山ガラスが保存された DKP を検出し、火山ガラスの屈折率は、レンジが $n=1.500\sim1.516$ 、モードが $n=1.510$ 前後であると報告し、 $n=1.508\sim1.512$ の範囲に 30 測定値のうち 24 測定値がクラスターをなすことを図示している。AB-12-2 コア中の本テフラの火山ガラス屈折率 ($n=1.505\sim1.511$) は、大山山麓と砺波平野地下で得られた DKP と DSP 最上部の火山ガラスの屈折率と類似するといえる (表 1)。一方 DSP について長野県伊那谷で測定された斜方輝石の屈折率は $\gamma=1.698\sim1.705$ (竹本ほか, 1987) であり、本テフラ ($\gamma=1.701\sim1.708$) や DKP の値 ($\gamma=1.700\sim1.711$) に比べてやや低い。さらに大山山麓から中部地方にかけての DKP と DSP の分布と斜方輝石の特徴の相違 (町田・新井, 1979) から、AB-12-2 コアの深度 30.05~30.12 m のテフラは DKP に対比される。

沼沢金山テフラ (Nm-KN)

AB-12-2 コアの深度 31.10~31.63 m には、厚く粗粒 (最大粒径 12 mm) な軽石堆積物が先述の DKP に対比されるテフラの約 1 m 下位にある。本層は基質が認められず淘汰がよく、軽石の円磨度が低く亜角~角礫状を呈することから降下軽石堆積物と判断できる。

また本テフラはカミングトン閃石を特徴的に含む斑晶鉱物の組合せとそれらの屈折率、火山ガラスの屈折率と主成分化学組成 (図 5, 表 1) から、従来から DKP 直下に層位をもつ (鈴木・早田, 1994) ことが知られている沼沢カルデラ起源の Nm-KN と一致した特徴をもつ。

これまで Nm-KN は沼沢カルデラから東方にかけて降下軽石堆積物として分布することが知られており (鈴木・早田, 1994)、山元 (2012) でも本調査地点周辺で層厚 32~64 cm の降下堆積物として分布することが

報告されている。このような従来から知られた降下堆積物としての Nm-KN の分布や特徴から AB-12-2 コアの深度 31.10~31.63m のテフラは Nm-KN に対比できる。また NJU も同様な記載岩石学的特性から Nm-KN に同定できる。なお両テフラは Nm-KN より下位の Nm-SB と類似した斑晶鉱物組合せをもつが、火山ガラスの主成分化学組成から明確に識別できる (図 5, 表 1)。

赤城追貝テフラ (Ag-OK)

AB-12-2 コアの深度 36.79~36.82m で検出された層厚 3cm の軽石質火山灰層は、主にスポンジ状軽石型火山ガラスからなり、先の DKP に対比されたテフラ同様に、遠方火山のプリニー式噴火に由来すると考えられる。両輝石を含む特徴は国内のテフラとしては類例が多いが、本テフラの対比候補として福島県西部において Nm-KN の下位で認定されている赤城追貝^{おっかい}テフラ (Ag-OK; 新井, 1962; 鈴木ほか, 1995) があげられる。斑晶鉱物の組合せと斜方輝石の屈折率、火山ガラスの屈折率と主成分化学組成 (図 4, 表 1) が酷似することから両テフラの対比を示唆する。

田頭テフラ (TG)

AB-12-2 コアの深度 44.58~45.75m のテフラおよび NJL は、層厚からみて近傍火山起源と考えられる。わずかな黒雲母を除くと有色鉱物をほとんど含まず、低屈折率の火山ガラスが卓越するなど、砂子原カルデラ起源テフラの特徴 (鈴木ほか, 2004) を有する。同カルデラ起源の TG, Sn-MT, Sn-SK について火山ガラスの主成分化学組成を比較すると、深度 44.58~45.75m テフラおよび NJL は、 Al_2O_3 と CaO の含有量は TG と似るが Sn-SK, Sn-MT より高い。また K_2O では Sn-SK より高く、 FeO が Sn-SK より有意に低い (図 5, 表 1)。以上から AB-12-2 コア深度 44.58~45.75m のテフラと NJL は TG の特徴と一致するといえ、TG に同定できる。

ところで中岩田住宅コア地点での TG (層厚 8.75m) 下部の軽石層は、非火山灰質な下位層と明瞭な境界をなすことと、軽石の淘汰がよく未円磨であることから降下軽石堆積物と判断できる。また上部は礫層に挟まる再堆積層性のテフラと解釈できる。これに対して両地点から約 6km 南方で、盆地底とは約 80m の比高をもつ丘陵上の地点 (図 1 の WSAK) に産出する TG は、上下 2 枚の降下軽石堆積物とそれに挟まる火砕流堆積物と cognimbrite ash fall の組合せからなり全層厚は 43cm であり、これと類似する層厚・層相をもつ TG は他にも付近の丘陵基部 2 地点 (図 1 の SKAC と FSP) で確

認されている (鈴木ほか, 2004)。この違いは地形環境で説明でき、盆地底という相対的低地に位置する中岩田住宅・AB-12-2 コア 2 地点では TG 噴火にともなう再堆積物テフラが厚く堆積し、それよりも地形的に高い丘陵基部ではその様な影響が少なかったと考えられる。

なお既に述べたように山元 (2012) は会津盆地西縁付近に TG は分布しないとしており、例えば SKAC 地点 (図 1) の TG を Sn-KB として認定している (鈴木ほか, 2004; 山元・須藤, 1996)。しかし今回 TG の模式試料を採取した WSAK 地点をはじめ、SKAC や FSP 地点、さらには山元 (2012) が同テフラを認定した福島県南相馬市塚原海岸において、いずれも火山ガラスの主成分化学組成や屈折率を根拠に TG が認定されている (鈴木, 1999; 鈴木ほか, 2004)。また鈴木ほか (2004) が会津盆地西縁付近で TG としてのテフラを Sn-KB とし、その根拠を TG・Sn-KB 間での斑晶鉱物組合せの相異としている。しかし山元 (2012) に示されたこれらデータを詳細にみると、採取地点毎に微妙な違いがあるが、TG で斜方輝石、単斜輝石、黒雲母、ホルンブレンド、カミングトン閃石、石英が、Sn-KB でも同様な斑晶鉱物組合せが示されており、斑晶鉱物組合せから TG と Sn-KB を識別するのは困難に思われる。なお本研究では黒雲母と石英を除くと他の斑晶鉱物は極めて微量であるので表 1 には示していない。

砂子原松ノ下テフラ (Sn-MT)

AB-12-2 コアの深度 84.91~88.34m のテフラは厚層であることから上位の TG 同様に、会津盆地西縁近傍の火山に由来すると考えられる。有色鉱物をほとんど含まない点や低屈折率の火山ガラスを含む点、また火山ガラスの主成分化学組成が TG と類似する (図 5, 表 1)。しかし本テフラの火山ガラスは、 Al_2O_3 と CaO の含有量が TG のそれらに比べてわずかに低い。従来より TG の下位には TG と類似したテフラとして上位から Sn-MT と Sn-SK の存在が知られ、このうち Sn-MT は本地域より南部の会津盆地西縁付近において産出し、 Al_2O_3 と CaO の含有量が TG のそれらに比べてわずかに低いことが知られている (鈴木ほか, 2004)。こうした特徴から本テフラは Sn-MT と考えられる。

Sn-MT は本調査地域南方 5~6km では層厚 60cm の降下火山灰堆積物 (図 1 の WSAK)、あるいは層厚 1.5m 以上の火砕流堆積物 (図 1 の FSP) とそれに覆われる降下テフラとして産出し (山元, 1992; 鈴木ほか, 2004)、南西約 8km の給源となる砂子原カルデラ付近でも層厚 50m 以上である塊状の非溶結火砕流堆積物 (山元, 2012

のSn-KBに相当)からなることが知られている(山元・駒澤, 2004). 従来から報告されているこうしたSn-MTの分布からも, AB-12-2コア中のテフラとSn-MTとの対比は妥当である.

なおAB-12-2コア中の本テフラの大半を占める上部(層厚3.1 m)は, 亜角〜角礫状を呈する白色軽石が散在し, 極粗粒砂サイズの火山灰からなる基質が卓越することから火砕流堆積物である可能性が高く, その下位にある平行葉理をもち淘汰のよい粗粒砂サイズの火山灰層(層厚13 cm)は降下火山灰堆積物の可能性がある.

深度99.25~99.26 mのテフラ

AB-12-2コアの最深部付近にある深度99.25~99.26 mの白色ガラス質火山灰層は, 上位のTG, Sn-MT同様に, 有色鉱物をほとんど含まず, 低屈折率の火山ガラスを含む. また火山ガラスの主成分化学組成もそれらと類似する(図5, 表1). したがって層位的にSn-MTの下位にあり, 上記2テフラと類似することが知られているSn-SKに対比される可能性がある. しかし火山ガラスの主成分化学組成を注意深く比較すると, 本テフラの火山ガラスはSn-SKのそれらに比べて, わずかに Al_2O_3 の含有率が低く, 逆に CaO と Na_2O の含有率が高く, 両テフラを対比することはできない. 深度99.25~99.26 mにある本テフラはこれまで記載されてないテフラであり, Sn-SKはより深い深度に存在する可能性がある.

2. テフラの年代

本調査域における盆地堆積物の堆積速度を考察するため, 今回認定したテフラの年代を検討する. 本研究で認定したテフラのうち詳細に噴出年代が論じられているものは, Nm-NM (BC 3,400 年 $\pm$ 5.4 ka; 山元, 2003), AT (30,009 $\pm$ 0.189 ka $\pm$ 30 ka; Smith *et al.*, 2013), TG (129 $\pm$ 3 ka; 青木ほか, 2008)である. この他推定年代値に幅のあるものとして, DKP (>55 ka; 町田・新井, 2003 など), Nm-KN (山元・長谷部, 2014 による48,480 $\pm$ 580 yBP や50~55 ka; 鈴木・早田, 1994), Ag-OK (66~77 ka; 鈴木ほか, 1995), Sn-MT (180~260 ka; 鈴木ほか, 2004)がある.

本研究ではDKP直下の ^{14}C 年代値として46,205~47,970 cal BPを得た(試料番号AB-12-2-F; 図3, 表2). 中村ほか(1992)はDKPの噴出年代を50~52 kaとしており, 本研究による ^{14}C 年代値は中村ほか(1992)の年代値よりも有意に若い. 中村ほか(1992)は, DKP直下の箱根東京テフラ(竹本ほか, 1987)と上位の本曾川泥流堆積物の ^{14}C 年代値である52,310 $\pm$ 360 yrs BPと49,850 $\pm$ 420 yrs BP(いずれも未校正)に基づいて年

代推定している. 本研究による上記の年代値には何らかの問題点がある可能性がある. 今回得た7点の ^{14}C 年代値を検討すると, DKP層準よりも約1.4 m下位(Nm-KN直下)から42,340~43,010 cal BP, 5.6 m上位から42,851~43,891 cal BPの ^{14}C 年代値が得られるなど(図3, 表2), 4万年前を遡る層準では深度に応じた年代値の増加がなく ^{14}C 年代値が逆転する場合すらあり, ^{14}C 年代値の信頼性が低いことを示唆する. その原因として, 若い炭素の混入により真の年代よりも若くなっている可能性があげられる.

^{14}C 年代測定法以外のDKP噴出年代を間接的に示す年代値としてDKP直下の箱根東京テフラの年代がある. それらは酸素同位体層序による66.0 $\pm$ 5.5 ka(青木ほか, 2008)やルミネッセンス法による67.5 $\pm$ 4.3 ka(Tsukamoto *et al.*, 2010)である. またDKPの噴出年代の上限を示す年代値として, 新潟県津南町にてDKP上位の火山灰土より, 62.3 $\pm$ 11 kaと55.7 $\pm$ 4.0 kaの2つのルミネッセンス年代値が報告されている(Watanuki *et al.*, 2005). さらに町田・新井(2003)はDKPの噴出年代を中部地方における花粉層序での位置から55 kaを遡る可能性を述べた. DKPの噴出年代は今のところ ^{14}C 年代値よりも他の放射年代測定法や酸素同位体層序による推定法が信頼でき, 現段階ではその年代は55~66 kaと考えられる.

なお, 山元・長谷部(2014)は, DKP直下のNm-KN(同論文のNm-MZ)について, 約48 kaの ^{14}C 年代値(暦年校正前)を報告し, ^{14}C 年代値と暦年校正年代のずれやDKPの噴出年代が49~53 ka(根拠はDKPの ^{14}C 年代値が45~48 kaであること)とした上でその噴出年代を53 kaとした. 本研究ではNm-KN直下より42~43 kaの ^{14}C 年代値を得ているが既に述べたようにこの年代値は ^{14}C 年代の限界に近く信頼性が低い. このようにNm-KNの噴出年代を ^{14}C 年代から決定することは困難であると思われる. DKPの噴出年代は既に述べたように55~66 kaにあると考えられ, 層位的関係からは, Nm-KNの噴出年代は55~66 kaよりも若干遡ると考えられる.

Ag-OKについての推定値である66~77 ka(鈴木ほか, 1995)は, 上下の火山灰土中におけるDKPなどとの広域テフラと層位的位置関係から求められたものであり, 基準とした広域テフラの噴出年代値も古い解釈によるので現段階では信頼性は高くない. Ag-OKは御岳奈川テフラ(85.1 ka; 長橋ほか, 2007)の上位にある(鈴木ほか, 1995)ので, その年代は85.1 kaよりも若

図 6 会津盆地中西部における盆地堆積物の堆積速度

Fig. 6 Accumulation rate of the underground sediments in the middle west part of the Aizu Basin

く、DKP よりも古くなると考えられるにとどまる。

また、各テフラの噴出年代と深度の関係を図 6 に示す。TG より下位については Sn-MT の年代推定幅が広いのでここでは言及せず、深度 44.58~45.75 m に産出する TG が浅いについて考察する。

最も古い年代を含む AB-12-2 コアでは、地表と DKP の深度 (30.12 m) と年代 (55~66 ka) から、この間の堆積速度は 0.46~0.55 m/kyr である。地表/DKP 間では測定限界に近い 2 点の ^{14}C 年代値を除くとこの区間では平均的には堆積速度はほぼ一定であることが図 6 から読みとれる。

一方、DKP/TG 間の堆積速度は 0.20~0.25 m/kyr と地表/DKP 間の 1/2 以下と小さくなる。この堆積速度はテフラの層厚を含むが、テフラを除く堆積速度は、地表/DKP 間ではテフラの累積層厚が小さいので堆積速度に大きな違いは生じない。これに対し TG は 117 cm と厚いので、これを考慮すると堆積速度は 0.19~0.23 m/kyr となり、さらに DKP/TG 間の堆積速度の小ささが目立つ。本コアでは、地表/DKP 間はシルト層、砂層、泥炭層からなる細粒堆積物が卓越し礫層が認められないが、DKP/TG 間には薄層ながら礫層 (深度 33.69~34.04 m) が挟まれる。礫が堆積した環境の有無が堆積

速度に影響を与えた可能性がある。

VII. ま と め

本研究では会津盆地西部、会津坂下町で得た 3 本のボーリングコアから 6 枚のテフラを検出しそれらの認定を行った。また 7 試料に対する放射性炭素年代測定を実施した。これらに基づき、盆地地下堆積物の年代と深度の関係について論じた。今後丘陵や盆地地下を構成する地層のより詳細な観察に基づく層相変化とその年代や空間分布を把握し、層相変化と断層活動ないしは古環境との関連を検討することが課題である。またその際、本稿で明らかになったテフラの特徴とその層序を基に丘陵側と盆地地下の地層の比較から、会津盆地西縁断層帯による累積変位量の復元や断層帯の活動史、とくに丘陵と盆地の分化過程を検討する必要がある。

謝辞 会津坂下町建設部建設班 (現在、教育部教育総務班) の遠藤幸喜氏には貴重なボーリング試料の御提供を頂いた。また、ボーリング調査では株式会社サンコアの青野道夫氏にお世話になった。ここに記して深く感謝いたします。本研究におけるボーリング調査は、文部科学省科研費基盤研究 (A)「変動地形マッピングに基づく伏在活断層・活褶曲と地震発生様式の解明」(代表者：今泉俊文、課題番号：21240074)、同基盤研究 (B)「火山灰・古地磁気編年による東北日本弧内陸盆地・海岸域における第四紀地形発達の研究」(代表者：鈴木毅彦、課題番号：25282082) によった。また本研究の一部は、著者の一人である栗山悦宏の首都大学東京大学院都市環境科学研究科 2011 年度修士論文の一部である。

引 用 文 献

- 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, 47, 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, 10, 1-79.
- Bronk Ramsey, C. (2009) Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon, 51, 337-360.
- 福島県 (2000) 平成 11 年度地震関係基礎調査交付金会津盆地西縁断層帯に関する調査成果報告書。164 p, 福島県。
- 福島県 (2001) 平成 12 年度地震関係基礎調査交付金会津盆地西縁断層帯に関する調査成果報告書。58 p, 福島県。

- 福島県 (2002) 平成 13 年度地震関係基礎調査交付金会津盆地西縁断層帯に関する調査成果報告書. 82 p, 福島県.
- 古澤 明・梅田浩司 (2002) 大山最下部および下部火山灰には含まれるテフラの岩石記載的特徴. 第四紀研究, 41, 413-420.
- 今泉俊文 (1999) 活断層の分布から見た東北地方の地形起伏—いくつかの疑問. 月刊地球, 号外 27, 113-117.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2008) 会津盆地西縁・東縁断層帯の長期評価の一部改訂について. 34 p, 地震調査研究推進本部地震調査委員会, http://www.jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/24_aizu-bonchi_2.pdf, 2013 年 12 月 16 日引用.
- 活断層研究会 (1991) 新編日本の活断層—分布と資料. 437 p, 東京大学出版会.
- 岸 清・宮脇理一郎 (1996) 新潟県柏崎平野周辺における鮮新世—更新世の褶曲形成史. 地学雑誌, 105, 88-112.
- 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. 地学雑誌, 88, 33-50.
- 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]. 336 p, 東京大学出版会.
- 丸山 正・齋藤 勝 (2014) 富山県南砺市法林寺地区のボーリングコアにおける火山ガラスを含む大山倉吉テフラ (DKP) の認定とその北陸地域の活断層の活動性評価における意義. 地質調査研究報告, 65, 1-9.
- 宮内崇裕・今泉俊文・越後智雄・後藤秀昭・澤 祥・八木浩司 (2004) 1:25000 都市圏活動断層図「若松」. 国土地理院技術資料 D1-No. 435.
- 長橋良隆・佐藤孝子・竹下欣宏・田原敬治・公文富士夫 (2007) 長野県, 高野層ボーリングコア (TKN-2004) に挟在する広域テフラ層の層序と編年. 第四紀研究, 46, 305-325.
- 中村俊夫・岡 重文・坂本 亨 (1992) 東京軽石流堆積物中の炭化木片の加速器質量分析計による放射性炭素年代. 地質学雑誌, 98, 905-908.
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hafflidason, H., Hajdas, I., Hatte, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S.M. and van der Plicht, J. (2013) IntCal 13 and Marine 13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0-50,000 Years cal BP. Radiocarbon, 55, 1869-1887.
- Smith, V.C., Staff, R.A., Blockley, S.P.E., Bronk Ramsey, C., Nakagawa, T., Mark, D.F., Takemura, K., Danhara, T. and Suigetsu 2006 Project Members (2013) Identification and correlation of visible tephra in the Lake Suigetsu SG06 sedimentary archive, Japan : Chronostratigraphic markers for synchronising of east Asian/west Pacific Pacific palaeoclimatic records for 150 ka. Quaternary Science Reviews, 61, 121-137.
- 鈴木敬治・真鍋健一・吉田 義 (1977) 会津盆地における後期新生代層の層位学的研究と会津盆地の発達史. 地質学論集, 14, 17-44.
- Suzuki, T. (1996) Chemical analysis of volcanic glass by energy dispersive X-ray spectrometry with JEOL JED-2001 and JSM-5200 : analytical procedures and application. Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University, 31, 27-36.
- 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. 地学雑誌, 108, 216-230.
- 鈴木毅彦・早田 勉 (1994) 奥会津沼沢火山から約 5 万年前に噴出した沼沢—金山テフラ. 第四紀研究, 33, 233-242.
- 鈴木毅彦・木村純一・早田 勉・千葉茂樹・小荒井衛・新井房夫・吉永秀一郎・高田将志 (1995) 磐梯火山周辺に分布する広域テフラ. 地学雑誌, 104, 551-560.
- 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. 地学雑誌, 113, 38-61.
- Suzuki, T., Kasahara, A., Nishizawa, F. and Saito, H. (2014) Chemical characterization of volcanic glass shards by energy dispersive X-Ray spectrometry with EDAX Genesis APEX2 and JEOL JSM-6390. Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University, 49, 1-12.
- 竹本弘幸・百瀬 貢・平林 潔・小林武彦 (1987) 新期御岳テフラ層の層序と時代—中部日本における編年上の意義—. 第四紀研究, 25, 337-352.
- Tsukamoto, S., Duller, G.A.T., Wintle, A.G. and Frechen, M. (2010) Optical dating of a Japanese marker tephra using plagioclase. Quaternary Geo-

- chronology, 5, 274-278.
- Watanuki, T., Murray, A.S. and Tsukamoto, S. (2005) Quartz and polymineral luminescence dating of Japanese loess over the last 0.6 Ma : Comparison with an independent chronology. *Earth and Planetary Science Letters*, 240, 774-789.
- 山元孝広 (1992) 会津盆地, 塔寺層の火山性碎屑物から見た砂子原カルデラ火山の中期更新世火山活動. *地質学雑誌*, 98, 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*, 40, 67-81.
- 山元孝広 (1999) 福島-栃木地域に分布する 30-10 万年前のプリニー式降下火砕堆積物: 沼沢・髭ヶ岳・鬼怒川・砂子原火山を給源とするテフラ群の層序. *地質調査所月報*, 50, 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*, 54, 323-340.
- 山元孝広 (2012) 福島-栃木地域における過去約 30 万年前のテフラの再記載と定量化. *地質調査研究報告*, 63, 35-91.
- 山元孝広・長谷部忠夫 (2014) 福島県只見町叶津の埋没化石林の放射性炭素年代: 沼沢火山水沼噴火年代の再検討. *地質学雑誌*, 120, 1-9.
- 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)*, 71 p, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 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. *地質調査所月報*, 47, 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)*, 63 p, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 柳田 誠 (1979) 阿賀野川中流域の地形発達史. *地理学評論*, 52, 689-705.

Late Quaternary tephrostratigraphy of underground sediments in the middle west part of Aizu Basin, Fukushima, northeast Japan

Takehiko Suzuki^{*1, a}, Haruka Saito^{*1}, Amao Kasahara^{*1},
Etsuhiro Kuriyama^{*2} and Toshifumi Imaizumi^{*3}

Tephra layers were identified from three boring cores in Aizubange Town, middle west part of the Aizu Basin, one of the tectonic basins in the south part of Northeast Japan. Ages of seven horizons were determined by radiocarbon dating. These results clarified the tephrostratigraphy, chronology, and accumulation rates of subsurface sediments in the study area. Sediments with a depth less than *ca.* 100 m are mainly composed of silt, peat, and sand with

several intercalations of gravel beds and tephra layers. These tephra layers can be correlated with Nm-NM (5.4 ka), AT (30 ka), DKP (55-66 ka), Nm-KN, Ag-OK (<85.1 ka), TG (129 ka), and Sn-MT (180-260 ka). Estimated accumulation rates determined for the longest core are 0.46-0.55 m/kyrs after the deposition of DKP to present, whereas they are 0.19-0.23 m/kyr at the depth between the horizons of DKP and TG.

Keywords : boring core, Aira-Tn tephra, Daisen-Kurayoshi tephra, Numazawa Kanayama tephra, Tagashira tephra

*1 Department of Geography, Tokyo Metropolitan University, 1-1 Minamiosawa, Hachioji, Tokyo, 192-0397, Japan.

*2 Japan Aerospace Exploration Agency, 7-44-1 Jindaiji-higashimachi, Chofu, Tokyo, 182-8522, Japan.

*3 Department of Geoscience, Tohoku University, 6-3 Aoba, Aramaki, Aoba-ku, Sendai, Miyagi, 980-8578, Japan.

*a Corresponding author : suzuki@tmu.ac.jp