

会津盆地で掘削された複数のオールコアの分析結果
Analysis results of multiple sediment core samples
drilled in the Aizu Basin, Northeast Japan

石原武志¹・鈴木毅彦²
ISHIHARA Takeshi¹ and SUZUKI Takehiko²

¹ 産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター

¹ Renewable Energy Advanced Research Center, AIST

² 東京都立大学 都市環境学部

² Department of Geography, Tokyo Metropolitan University

キーワード：会津盆地，オールコア，テフラ，¹⁴C年代，花粉化石，古地磁気

説明

産総研再生可能エネルギー研究センターは、再生可能エネルギー熱の一つである地中熱（吉岡・内田，2022）の利用可能性（ポテンシャル）を評価するため、国内各地の平野・盆地において水文地質構造解析とそれに基づく広域三次元地下水流動・熱輸送シミュレーションを実施してきた（例えば Shrestha et al, 2018, 2023）。本研究資料集は、地中熱ポテンシャル評価研究の一環として、会津盆地の水文地質構造解析を行う目的で 2014 年から 2016 年にかけて採取された会津盆地のオールコア試料の層相，テフラ，花粉化石，放射性炭素年代（以下，¹⁴C 年代），古地磁気のデータをまとめたものである。諸般の事情により論文としての公開が適わなかった研究であるが、会津盆地の浅部地下地質における貴重な分析データが得られていることから、今後の調査・研究に資することを目的に研究資料集として公表するものである。

本資料集は以下の内容で構成される。

- 1 対象コアと分析方法
- 2 コアの分析結果
 - 2.1 GS-AZU-1...層相，テフラ，¹⁴C年代，花粉化石
 - 2.2 GS-SOK-1...層相，テフラ，¹⁴C年代，花粉化石，古地磁気
 - 2.3 GS-NT-1...層相，テフラ，¹⁴C年代，花粉化石
 - 2.4 AZ-12-2...花粉化石
- 3 図表（別紙）
 - 図 1. 会津盆地とコア掘削位置
 - 図 2. オールコアの柱状図

図 3. 火山ガラスの主成分化学組成

図 4. 花粉ダイアグラム（木本植物）

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

表 2 コアから得られた試料の ^{14}C 年代測定値

表 3 GS-SOK-1 コアの古地磁気測定結果

引用例：石原武志・鈴木毅彦（2026）会津盆地で掘削された複数のオールコアの解析結果．
地質調査総合センター研究資料集，no.773，産総研地質調査総合センター．

1. 対象コアと分析方法

1.1 コアの概要

対象とするオールコアは，2本が会津盆地西部に，2本が盆地東部で採取されたもので，いずれも会津盆地西縁断層帯と東縁断層帯の下盤側に位置する（図 1）．新規に掘削した 3本のオールコア（GS-AZU-1，GS-SOK-1，GS-NT-1）は，三井金属資源株式会社により実施されたオールコアボーリング（コア径 86 mm）で得られたものである．いずれのコアも採取率は 90%以上である．AB-12-2 コアは株式会社サンコアにより掘削された（コア径 68 mm）．

GS-AZU-1 コア：会津大学（会津若松市）で 2015 年 10～11 月に掘削された（北緯 37°31'19.5"，東経 139°56'12.5"，孔口標高 208.36 m，掘削深度 100.5 m）．

GS-SOK-1 コア：御殿場公園（喜多方市塩川町）で 2014 年 10～12 月に掘削された（北緯 37°35'50.4"，東経 139°52'59.2"，孔口標高 175.99 m，掘削深度 130.0 m）．

GS-NT-1 コア：新鶴生涯学習センター（会津美里町）で 2016 年 11～12 月に掘削された（北緯 37°30'41.0"，東経 139°49'50.9"，孔口標高 201.64 m，掘削深度 100.0 m）．

AB-12-2 コア：会津坂下町の住宅建設予定地（当時）で 2012 年 5～7 月に掘削された（北緯 37°33'44.6"，東経 139°48'40.8"，孔口標高 179.09 m，掘削深度 99.5 m；鈴木ほか，2016）．

1.2 コアの観察と各種分析

1.2.1 層相記載

新規の 3 本のコアは掘削後室内で半裁し，礫層や固結したシルト層，砂層については表面を剥ぎ取り観察した．肉眼による岩相観察に基づき柱状図を作成した（図 2）．また，テフラ，年代測定用の試料は肉眼観察に基づいて適宜採取した．

1.2.2 テフラ分析

観察したテフラの中で広域に分布すると判断したものについては，火山ガラスの屈折率

測定と主成分化学組成分析（EDS 分析）を行った（図 3，表 1）。屈折率測定は，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（RIMS2000：京都フィッシュントラック製）を用いて，1 試料につき 20 粒子以上を測定した。EDS 分析は，同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 15kV，試料電流 0.6nA 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丹沢テフラ（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。

会津盆地周辺では，地域指標テフラの層序が確立されており，広域テフラ層との層位関係も明らかにされている（山元，1999a, b, 2012；山元ほか，2006；Yamamoto, 2011；鈴木ほか，2004，2016；Suzuki et al., 2017）。会津地域における第四紀の重要な地域指標テフラとしては，会津盆地の西側に位置する沼沢火山（後期更新世～完新世）および砂子原カルデラ（中期更新世）を起源とするテフラ群と，南会津の旧カルデラ群を起源とする白河火砕流堆積物群（前期更新世後期；吉田・高橋，1991）が挙げられる（図 1）。しかし，これらのテフラの名称や個々のテフラの対比，給源の推定は必ずしも一致していない。本研究資料集においては，テフラ分析を Suzuki et al. (2014)，鈴木ほか（2016）などの手法に従い実施しているため，対比には鈴木・早田（1994），鈴木ほか（1995，2004），鈴木ほか（2016），Suzuki et al., (2017) による名称を用いる。

1.2.3 ^{14}C 年代測定

^{14}C 年代測定は，GS-AZU-1 から 19 層準，GS-SOK-1 から 14 層準の泥炭，有機質シルト，植物片および木片試料を採取して行った（表 2）。測定は株式会社加速器分析研究所と Beta Analytic に依頼した。年代測定は加速器質量分析法で実施され，試料調製後に加速器質量分析計により測定された。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 データベース（Reimer et al., 2013）を用い，OxCalv4.2 較正プログラム（Bronk Ramsey, 2009）を使用した。

1.2.4 花粉化石分析

花粉化石分析（図 4）は GS-SOK-1 から 20 試料，GS-AZU-1 から 30 試料，GS-NT-1 コアの深度から 28 試料，AB-12-2 コアから 15 試料を採取し，有限会社アルプス調査所に依頼した。花粉化石の分離及びプレパラートの作成法は，Hongo (2007) の「手順 B」に準ずる。花粉化石の形態観察および同定は，倍率 400 倍および 600 倍で行った。花粉化石の同定にあたっては，現生花粉標本と比較して分類群を決定した。なお，本研究ではコナラ属コナラ亜属を *Quercus* と表示し，コナラ属アカガシ亜属を *Cyclobalanopsis* と表示する。花粉化石の計数は同定された花粉・孢子化石のうち，完全形または破片の場合は半分以上

残っていたものを対象とした。木本植物の花粉化石総数が 1 試料につき 200 個を超えるまで計数した。また、この過程で観察される草本植物の花粉化石およびシダ植物の孢子化石も集計した。

1.2.5 古地磁気分析

古地磁気分析は、GS-SOK-1 の深度 84.60～129.13 m から採取した 10 試料で実施した（表 3）。7cc のプラスチックキューブを打ち込んで試料を採取し、分析を株式会社蒜山地質年代学研究所に依頼した。各試料に対し、夏原技研製スピナー磁力計（SMM-85）を用いて自然残留磁化を測定した後、夏原技研製交流消磁装置（DEM-95）を使用して段階交流消磁・測定を行った。消磁段階は 8 段階である。

2. コアの分析結果

2.1 GS-AZU-1 コア

2.1.1 層相記載

深度 5.00 m までは盛土及び土壌で、その下位は深度 52.55 m まで細粒堆積物が卓越する（図 4）。深度 36.50～41.60 m に中礫（径 10～40 mm）を主体とし最大径 70 mm の大礫を含む亜円礫層が認められる。礫は砂岩、泥岩、安山岩、凝灰岩などで構成される。上記の深度以外は主に緑灰色のシルト層からなり、植物片や有機物が散在する。一部は黒灰色の有機質シルト層や泥炭になる。全体的に未固結で粘性が高い。シルト層の間には、主に 1～20 cm の層厚で細粒砂～粗粒砂層が挟在し、その一部は級化または逆級化する。深度 52.55～62.43m は緑灰色～灰色のシルト～砂質シルト層を主体とする。シルト層は全体的に固結しており、特に粘土質の部分は固結度が高い。砂質の部分は固い一方、やや崩れやすい。所々に弱い層理がみられ、細粒砂～粗粒砂や礫の薄層を挟むほか、細礫や軽石片が散在するところも見られる。深度 62.43～62.85 m は木片の集積する泥炭層で、深度 62.65～62.80 m に大型の植物遺体が認められた。深度 62.80～65.80 m は軽石片や斑晶鉱物、岩片が散在する無層理の緑灰色～灰色シルト層である。深度 65.80～76.32 m と 78.74～91.40 m は黄褐色～褐色の火砕流堆積物（後述）であり、その間には礫層が挟まる。礫層は径 1 cm 以上の中礫サイズの亜円～亜角礫を主体とし、径 10 cm 以上の大礫を含む。深度 91.40～100.5 m は主に黄褐色の軽石混じり粗粒砂層と砂混じりの凝灰質シルト層の互層である。

2.1.2 テフラの記載

テフラは 6 層準が検出された（図 2；表 1）。以下、産出深度順に特徴を記載する。深度 13.35～13.39 m, 13.50～13.53 m 灰白色の火山灰で、上下の 2 層に分かれる。下位のテフラは有機質シルト層中に挟まり、上位のテフラは緑灰色シルト層中に認められる。両テフラは層厚がそれぞれ 3 cm, 4 cm であり、いずれも細粒砂サイズの無色透明なバブルウォール型火山ガラスで構成される。火山ガラスの屈折率は $n=1.499\sim1.501$ 、主成

分化学組成は、SiO₂ : 77.9wt%, Al₂O₃ : 12.4wt%, Na₂O : 3.3wt%, K₂O : 3.5wt% である (図 3a)。

本テフラの岩相記載学的特徴や火山ガラスの屈折率、主成分化学組成は南九州の始良カルデラ起源の始良丹沢テフラ (AT, 30.009 ± 0.189 ka BP ; Smith et al., 2013) のそれらと一致することから、AT と認定できる (石原ほか, 2017)。

深度 30.28～30.30 m にぶい黄橙色の火山灰で、シルト層中に明瞭な境界を持って 2 cm の厚さで挟まる。本層は極細粒砂サイズの無色透明なバブルウォール型火山ガラスが濃集し、わずかにスポンジ型火山ガラスも認められる。火山ガラスの屈折率は $n=1.508\sim1.513$ 、主成分化学組成は、SiO₂ : 71.8wt%, Al₂O₃ : 15.1wt%, Na₂O : 4.3wt%, K₂O : 4.6wt% である (図 3a)。

本テフラの以上の特徴は九州の阿蘇カルデラ起源の阿蘇 4 テフラ (Aso-4, 87.1 ka ; 青木ほか, 2008) と一致することから、Aso-4 と認定した (石原ほか, 2017)。

深度 34.10～35.13 m 上下のシルト層と明瞭な境界で接する灰色～灰白色～灰黄色軽石質火山灰からなる。本層は全体的に上方細粒化する傾向にあり、下部の 58 cm は極粗粒砂サイズ (平均粒径約 1 mm, 最大粒径約 10 mm) を主体とし、上部 35 cm は粗粒砂～細粒砂サイズの軽石が混在する。軽石は黒雲母、ホルンブレンド、石英を含む。火山ガラスの屈折率は $n=1.498\sim1.501$ 、主成分化学組成は、SiO₂ : 77.5wt%, Al₂O₃ : 13.3wt%, Na₂O : 3.3wt%, K₂O : 3.9wt% である (図 3b)。

本テフラの特徴は、福島県西部に位置する沼沢火山起源の沼沢芝原テフラ (Nm-SB, 110 ± 20 ka ; 鈴木ほか, 2004) のそれらと類似することから、Nm-SB に同定した (石原ほか, 2017)。Nm-SB が Aso-4 の下位に位置すること (鈴木ほか, 2004) も、GS-AZU-1 コアのテフラ層位と整合的である。

深度 51.90～52.55 m 灰～灰白色を呈する。下部 15 cm は有機質シルト中にレンズ上に挟まる極細粒砂サイズの火山灰で、下位の砂質シルト層との境界は明瞭でないが、固結度の違いから識別した。上部 55 cm は細粒砂から粗粒砂へ逆級化する灰白色の軽石質火山灰で、上位のシルト層とは比較的明瞭な境界で接する。スポンジ状の軽石型火山ガラスを多く含み、繊維状の軽石型火山ガラスも見られる。有色鉱物では黒雲母が含まれる。火山ガラスの屈折率は $n=1.495\sim1.498$ 、主成分化学組成は、SiO₂ : 77.5wt%, Al₂O₃ : 13.1wt%, Na₂O : 3.4wt%, K₂O : 4.2wt% である (図 3b)。

本テフラの以上の特徴は、会津盆地西縁山地に位置する砂子原カルデラ起源のテフラにみられる (鈴木ほか, 2004)。同カルデラ起源のテフラのうち、砂子原松ノ下テフラ (Sn-MT, 180-260 ka ; 鈴木ほか, 2004) に主成分化学組成の特徴が一致することから、Sn-MT に同定した (石原ほか, 2017)。

深度 65.80～76.32 m 黄褐色～褐色の非溶結火砕流堆積物である。基質はシルトサイズを主体とし、深度 68.00～70.60 m 付近は細～粗粒砂サイズとなる。1～2 mm 程度の軽石や斑晶鉱物を全体的に多く含み、径 50 mm 程度の亜円～亜角礫も稀にみられる。斑晶鉱

物は斜方輝石，単斜輝石からなり，ホルンブレンドをわずかに含む．火山ガラスはスポンジ状，繊維状がみられる．斜方輝石とホルンブレンドの屈折率はそれぞれ $n_1=1.707\sim 1.715$ ， $n_2=1.671\sim 1.680$ である．また，火山ガラスの屈折率は $n=1.502\sim 1.504$ ，主成分化学組成は $\text{SiO}_2 : 77.7\sim 77.8\text{wt}\%$ ， $\text{Al}_2\text{O}_3 : 12.0\sim 12.1\text{wt}\%$ ， $\text{Na}_2\text{O} : 2.4\text{wt}\%$ ， $\text{K}_2\text{O} : 3.2\sim 3.3\text{wt}\%$ である（図 3c）．

本火砕流堆積物は，南会津の旧カルデラ群を給源とする白河火砕流堆積物群（吉田・高橋，1991；Yamamoto, 2011）の勝方火砕流堆積物（Sr-Kc-U8, 0.92～0.91 Ma；Suzuki et al., 2017）天栄火砕流堆積物（Sr-Tne, ；Suzuki et al., 2017）と岩石記載学的特徴や有色鉱物，火山ガラスの屈折率，及び火山ガラスの主成分化学組成が類似する．しかし，主成分化学組成を詳細にみると，FeO と CaO の値が天栄火砕流堆積物よりも高い．したがって，本層は勝方火砕流堆積物の可能性が考えられる（石原ほか，2017）．

深度 78.74～91.40 m 黄褐色の非溶結火砕流堆積物である．1～2 mm 程度の軽石粒子からなり，中粒砂サイズの基質支持である．径 1～2 cm の亜角礫も所々にみられる．斑晶鉱物は斜方輝石，単斜輝石，および少量のホルンブレンドの斑晶鉱物からなる．火山ガラスはスポンジ状，繊維状がみられる．斜方輝石とホルンブレンドの屈折率はそれぞれ $n_1=1.708\sim 1.719$ ， $n_2=1.673\sim 1.682$ である．また，火山ガラスの屈折率は $n=1.503\sim 1.505$ ，主成分化学組成は $\text{SiO}_2 : 77.6\sim 77.7\text{wt}\%$ ， $\text{Al}_2\text{O}_3 : 12.0\sim 12.1\text{wt}\%$ ， $\text{Na}_2\text{O} : 2.3\sim 2.4\text{wt}\%$ ， $\text{K}_2\text{O} : 3.3\sim 3.4\text{wt}\%$ である（図 3c）．

火砕流堆積物も岩石記載学的特徴や主成分化学組成が勝方火砕流堆積物と類似している（石原ほか，2017）．勝方火砕流堆積物よりも下位の西郷（Sr-Nsg；Suzuki et al., 2017），芦野（Sr-Asn-Kd8；Suzuki et al., 2017），赤井（Sr-Aki-Kd18；Suzuki et al., 2017），隈戸（Sr-Kmd；Suzuki et al., 2017）のうち，本火砕流堆積物と鉱物組成の特徴が類似しているのは芦野火砕流堆積物である．しかし，主成分化学組成を比較すると本火砕流堆積物の FeO と K₂O の値が芦野火砕流堆積物よりも優位に高く，両者を対比することはできない．礫層を挟んだ上下の火砕流堆積物の記載岩石学的特徴は，いずれも勝方火砕流堆積物に対比可能である．これらが意味することとして，勝方火砕流堆積物の噴出期間中の小休止で礫層が堆積したか，あるいは時間間隙をもつ 2 回の噴火でほぼ同じ性質の火砕流堆積物が噴出した可能性などが考えられる．後者の場合，勝方火砕流堆積物の上位または下位に，これまで記載されていない火砕流堆積物が存在することになる．

2.1.3 ¹⁴C 年代測定

GS-AZU-1 コアから得られた ¹⁴C 年代値を図 2,4a と表 2 に示す．深度 5.90～16.31m の 16 層準からは，20,380～38,410 cal BP の年代値を得た．最下位の深度 22.88～22.89m の腐植物の年代値は>53,900BP であった．年代値は概ね深度に沿って古くなるが，一部の試料（AZU-0929, AZU-1084, AZU-1100, AZU-1150）は深度に対して逆転している．

2.1.4 花粉化石の記載

GS-AZU-1 コアの花粉化石分析結果を図 4a に示す。産出した木本植物の主な分類群は、常緑針葉樹ではモミ属 (*Abies*)、トウヒ属 (*Picea*)、ツガ属 (*Tsuga*)、マツ属 (*Pinus*) などのマツ科 (*Pinaceae*)、スギ属 (*Cryptomeria*) およびコウヤマキ属 (*Sciadopitys*)、落葉広葉樹ではクルミ属／サワグルミ属 (*Juglans/Pterocarya*)、カバノキ属 (*Betula*)、ハンノキ属 (*Alnus*)、ブナ属 (*Fagus*)、コナラ属 (*Quercus*)、ニレ属／ケヤキ属 (*Ulmus/Zelkova*) などである。また、コア下部の層準にはメタセコイア属 (*Metasequoia*) も含まれていた。

会津盆地周辺の更新統堆積物の植物化石群集帯区分に基づくと、寒冷期にはマツ科の針葉樹とカバノキ属などの分類群を主とし、温暖期には落葉広葉樹であるブナ属、コナラ属などが相対的に優勢となる (鈴木・竹内, 1989; 鈴木ほか, 1990)。そこで、これらの木本植物花粉の産出組み合わせに基づき、上位から AZU-1 帯～11 帯までの地域花粉群集帯を設定した。以下に各花粉群集帯の特徴を述べる。

AZU-1 帯 (試料番号 7.41～11.55) トウヒ属、マツ属が高率を占めるほか、モミ属、ツガ属の産出率が相対的に優勢である。ブナ属、コナラ属はほとんど産出しない。カバノキ属は試料番号 11.55 で多く産出し、上位へ向かって減少する。

AZU-2 帯 (試料番号 12.85～17.00) トウヒ属、マツ属、カバノキ属が高率で産出する。ブナ属、コナラ属は低率である。

AZU-3 帯 (試料番号 18.40, 21.75) コナラ属およびニレ属／ケヤキ属が増加する。ブナ属は極めて低率である。

AZU-4 帯 (試料番号 24.10, 24.10) ブナ属やコナラ属が減少する一方、モミ属、トウヒ属、ツガ属、マツ属が優勢を占める。試料番号 24.10 ではコウヤマキ属 (*Sciadopitys*) が高率を占める。

AZU-5 帯 (試料番号 26.80～30.80) マツ科及びクルミ属／サワグルミ属、ブナ属、コナラ属などが産出する。特に、コナラ属が比較的優勢であるほか、アカガシ亜属 (*Cyclobalanopsis*) が極めて低率ながら出現する。試料番号 26.80 ではコウヤマキ属が高率を占める。

AZU-6 帯 (試料番号 33.80, 36.00) モミ属、トウヒ属、ツガ属、マツ属の産出率が減少し、ハンノキ属が非常に高率を占める。試料番号 36.00 ではブナ属、コナラ属が AZU-V 帯と比較してやや増加する。

AZU-7 帯 (試料番号 41.63～45.30) カバノキ属が多く産出するほか、モミ属、トウヒ属、ツガ属、マツ属も比較的優勢である。一方、ブナ属やコナラ属などは極めて低率である。

AZU-8 帯 (試料番号 46.94～48.30) トウヒ属が高率で産出し、ツガ属、マツ属がこれに次ぐ、一方、ブナ属やコナラ属、クルミ属／サワグルミ属、ニレ属／ケヤキ属は極めて低率である。

AZU-9 帯（試料番号 51.10）ハンノキ属が高率を占め、針葉樹種は極めて低率である。コナラ属とアカガシ亜属が産出する。

AZU-10 帯（試料番号 57.10～64.00）ツガ属、マツ属、カバノキ属、ハンノキ属が優勢であり、スギ属は低率である。試料番号 57.10 ではトウヒ属、ツガ属、マツ属が著しく減少する。本帯中の深度 62.65～62.80 m より産出した大型植物遺体は、針葉樹のトガサワラ（*Pseidotsuga japonica*）と同定された。

AZU-11 帯（試料番号 98.90, 99.20）スギ属が高率を占め、トウヒ属、ハンノキ属がこれに次ぐ。また、低率ながらメタセコイア属が産出する。

2.2 GS-SOK-1 コア

2.2.1 層相記載

地表から深度 1.60 m までは盛土であり、それ以深は深度 3.00 m まで暗灰色シルト層と粗粒砂・中粒砂を主体とする軽石混じり砂層、その下位は深度 6.00 m まで中礫を主体とし大礫（最大径約 7 cm）を含む亜円礫層である。礫層の下位は、深度 17.75 m まで主に未固結の緑灰色～暗灰色シルト・有機質シルトからなり、層厚 10～30 cm の細粒砂層を部分的に挟む。深度 17.75～20.20 m は粗粒砂～中粒砂層であり、深度 18.00～19.40 m は径 5～40 mm の中礫が散在する。深度 20.20～22.70 m は主に中礫からなる亜円礫層（最大径 7 cm）を主体とし、間にシルト～粗粒砂層を挟む。その下位は深度 25.90 m まで層厚 20～50 cm の緑灰色シルトと層厚 10～40 cm の粗粒砂～中粒砂層の互層である。全体的に植物片や有機物を散在する。深度 25.90～63.50 m は、径 5～40 mm の中礫を主体とし大礫（最大径 8 cm）を所々多く含む亜円礫層であり、概ね基質支持である。層厚 10～50 cm のシルト～粗粒砂層を所々に挟む。礫は、全体的に安山岩が認められ、泥岩、砂岩、白色・緑色の凝灰岩、チャートなども含む。深度 63.50 m 以深は礫層とシルト・砂層が互層状に認められる。深度 67.00～75.00 m, 85.00～89.00 m, 92.00～100.00 m, 104.50～110.50 m, 116.50～126.50 m, 129.50～130.50 m は最大径 8 cm の大礫を含む中礫主体（径 5～50 mm）の亜円礫層で、基質支持である。その間に緑灰色シルト～有機質シルト層および粗粒砂～細粒砂層が認められる。礫は安山岩が多くみられるほか、白色・緑色の凝灰岩なども含まれる。

2.2.2 テフラの記載

GS-SOK-1 コアの深度 81.57～81.76 m から産出したテフラについて記載する（図 2, 表 1）。

深度 81.57～81.76 m 灰～灰白色のシルトで、下位の有機質シルト層および上位のシルト層と明瞭な境界で接し、境界面は平坦である本テフラは繊維状の火山ガラスに富み、黒雲母と石英を含んでいる。火山ガラスの屈折率は $n=1.496\sim1.498$ 、主成分化学組成は $\text{SiO}_2 : 78.0\text{wt}\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 : 13.1\text{wt}\%$, $\text{Na}_2\text{O} : 4.0\text{wt}\%$, $\text{K}_2\text{O} : 3.1\text{wt}\%$ である（図 3b）。

本テフラの以上の特徴は、砂子原カルデラ起源のテフラに見られるものである。砂子原カルデラ起源のテフラのうち、砂子原逆瀬川テフラ (Sn-SK, 290 ± 60 ka ; 山元, 1992, 鈴木ほか, 2004) と主成分化学組成が調和的であることから、本テフラを Sn-SK に同定した (石原ほか, 2017)。

なお、深度 1.60-1.80 m にもテフラ層が認められ、岩相記載学的特徴や火山ガラスの屈折率、主成分化学組成の特徴から沼沢火山起源の沼沢沼沢湖テフラ (Nm-NM, 5.4 ka ; 山元, 2003) に同定できた。しかし、本層下位のシルト層から得られた ^{14}C 年代値 (表 2) と年代が逆転していることから、本テフラ層は盛土の材料として人為的に運ばれた可能性があると考え、テフラ層序から除外した。

2.2.3 ^{14}C 年代測定結果

GS-SOK-1 コアから得られた ^{14}C 年代値を図 4b と表 2 に示す。深度 1.86m と深度 2.13m の腐植物の年代値は modern 及び post0-290cal BP であった。深度 6.28~19.65m の 10 層準からは、17,510~34,295 cal BP の年代値を得た。深度 25.85m と 33.70m の腐植物の年代値は >43,500 BP を示す。30,000 cal BP より古い年代値に関しては、深度に応じた 2 試料 (SOK-0764, SOK-1203) は深度に対して逆転している。また、SOK-1189 と SOK-1965 の試料は ^{13}C 補正値が得られず、上下の試料に対して年代値が大幅にずれる (表 2 の斜体字)。

2.2.4 古地磁気測定結果

GS-SOK-1 コアの深度 84.60~129.13 m の範囲 (図 4b) から採取した 10 試料の古地磁気測定結果を表 3 に示す。全試料の伏角が正の値を示し、正極性期についた磁化であった。

2.2.5 花粉化石の記載

GS-SOK-1 コアから産出した木本植物の主な分類群は、常緑針葉樹のマツ科とスギ属、および落葉広葉樹のクルミ属／サワグルミ属、カバノキ属、ハンノキ属、ブナ属、コナラ属、アカガシ亜属、ニレ属／ケヤキ属などである。コア下部の層準にはメタセコイア属も含まれていた。GS-AZU-1 コアと同様に主要な木本植物の産出組み合わせに基づき、上位から SOK-1 帯~13 帯までの地域花粉群集帯を設定した (図 4b)。

SOK-1 帯 (試料番号 10.7, 12.2) カバノキ属が高率を占め、マツ属がこれに次ぐ。スギ属、ブナ属、クルミ属／サワグルミ属およびアカガシ亜属はほとんど産出しない。

SOK-2 帯 (試料番号 14.4, 16.8) カバノキ属、コナラ属、ブナ属、トウヒ属およびマツ属が比較的優勢で、スギ属およびアカガシ亜属を極めて低率に伴う。

SOK-3 帯 (試料番号 20.5, 23.5) カバノキ属が高率を占め、トウヒ属、マツ属およびニレ属／ケヤキ属がこれに次ぐ。一方、ブナ属およびクルミ属／サワグルミ属は極めて低率

であり、スギ属およびアカガシ亜属はほとんど産出しない。

SOK-4 帯（試料番号 43.4）マツ属が優勢であり、トウヒ属、スギ属、ブナ属およびコナラ属がこれに次ぐ。クルミ属／サワグルミ属およびアカガシ亜属を低率に伴う。

SOK-5 帯（試料番号 48.3）マツ属が優勢であり、ブナ属、ハンノキ属およびトウヒ属がこれに次ぐ。クルミ属／サワグルミ属を低率に伴う。

SOK-6 帯（試料番号 59.8）コナラ属が優勢であり、マツ属およびトウヒ属がこれに次ぐ。クルミ属／サワグルミ属を低率に伴う。

SOK-7 帯（試料番号 63.9）カバノキ属が高率を占め、トウヒ属およびハンノキ属がこれに次ぐ。一方、コナラ属は低率であり、ブナ属は極めて低率である。クルミ属／サワグルミ属を低率に伴う。

SOK-8 帯（試料番号 66.5, 72.9）マツ属が優勢であり、コナラ属、ハンノキ属およびカバノキ属がこれに次ぐ。トウヒ属およびツガ属は帯の下部では高率に産出するが、帯の上部ではきわめて低率である。クルミ属／サワグルミ属を低率に伴う。

SOK-9 帯（試料番号 78.1）マツ属が高率を占め、トウヒ属がこれに次ぐ。一方、ブナ属、コナラ属およびニレ属／ケヤキ属は極めて低率である。クルミ属／サワグルミ属はほとんど産出しない。

SOK-10 帯（試料番号 81.9）スギ属およびマツ属が優勢であり、ブナ属、コナラ属、ハンノキ属およびカバノキ属がこれに次ぐ。クルミ属／サワグルミ属を低率に伴う。

SOK-11 帯（試料番号 90.8～104.3）トウヒ属が高率を占め、マツ属およびカバノキ属がこれに次ぐ。一方、ブナ属、コナラ属およびニレ属／ケヤキ属は極めて低率である。クルミ属／サワグルミ属はほとんど産出しない。

SOK-12 帯（試料番号 111.1～114.0）マツ属が比較的優勢で、ブナ属、ニレ属／ケヤキ属およびハンノキ属がこれに次ぐ。トウヒ属、スギ属、コナラ属、およびクルミ属／サワグルミ属を低率に伴う。

SOK-13 帯（試料番号 126.7）トウヒ属およびブナ属が比較的優勢で、コナラ属、ハンノキ属、およびクマシデ属／アサダ属（*Carpinus/Ostrya*）がこれに次ぐ。ほかにマツ属、スギ属およびクルミ属／サワグルミ属を低率に伴う。また、新第三紀型植物の分類群であるシマモミ属（*Keteleeria*）、メタセコイア属、ペカン属（*Carya*）およびフウ属（*Liquidambar*）の低率な産出が認められる。

2.3 GS-NT-1 コア

2.3.1 層相記載

地表から深度 0.40 m までは盛土であり、その直下には軽石混じりの火山灰質細粒砂～粗粒砂層が深度 4.00 m まで続く。深度 4.00～10.00 m は主に暗灰色～緑灰色の細粒砂～粗粒砂層、10.00～20.00 m は緑灰色のシルト～有機質シルト層と細粒砂～粗粒砂層の互層、20.00～30.07 m は緑灰色のシルト～有機質シルト層主体で所々に泥炭層を挟む。深度

30.07 mからは礫層と砂泥層の互層となる．深度 31.40～35.50 m, 42.50～45.00 m, 52.30～58.70 m, 60.10～62.00 m, 66.40～67.30 m, 76.30～79.50 m, 81.40～88.80 m, 92.00～99.50 m は最大径 7 cm の大礫を含む中礫主体（径 1～4 cm）の亜円礫層で，基質支持である．その間に，緑灰色のシルト～有機質シルト層と細粒砂～粗粒砂層が認められる．礫は砂岩，凝灰岩，安山岩などがみられる．

2.3.2 テフラの記載

GS-NT-1 コアから産出した 2 層のテフラ（図 2）について，産出深度順に記載する（表 1）．なお，この他にも深度 0.40～1.30, 2.25～4.00 m, 深度 25.58～25.62 m, 深度 38.70～39.00 m, 深度 45.00～46.00 m からテフラを検出しているが，分析データ精度に課題があるため，本資料集では取り扱わないものとする．

深度 49.38～51.20, 51.94～52.20 m 灰色のシルト～粗粒砂からなる層厚 182 cm の上部と，明褐灰色の粗粒砂サイズの軽石を主とする層厚 26 cm の下部に分かれる．下部の火山ガラスは繊維状およびスポンジ状であり，屈折率はそれぞれ $n=1.497-1.498$, $n=1.495-1.497$ である．有色鉱物は黒雲母が主体である．火山ガラスの主成分化学組成は，上部が $\text{SiO}_2 : 77.5\text{wt}\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 : 13.5\text{wt}\%$, $\text{Na}_2\text{O} : 3.2\text{wt}\%$, $\text{K}_2\text{O} : 4.1\text{wt}\%$, 下部が $\text{SiO}_2 : 77.4\text{wt}\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 : 13.5\text{wt}\%$, $\text{Na}_2\text{O} : 3.2\text{wt}\%$, $\text{K}_2\text{O} : 4.0\text{wt}\%$ である（図 3d）．

本テフラの特徴は，会津盆地の Loc.3 で採取した砂子原田頭テフラ（TG, 129 ka ; 鈴木ほか，2004，青木ほか，2008）と特徴が類似していることから，対比できる可能性がある（石原ほか，2018）．

深度 99.90～100.00 m 層厚 10 cm の中粒砂サイズの軽石質火山灰層である．火山ガラスはスポンジ状であり，屈折率は $\gamma=1.497-1.498$ である．有色鉱物はホルンブレンドおよび黒雲母が含まれる．火山ガラスの主成分化学組成は， $\text{SiO}_2 : 44.9\text{wt}\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 : 13.0\text{wt}\%$, $\text{Na}_2\text{O} : 2.8\text{wt}\%$, $\text{K}_2\text{O} : 4.4\text{wt}\%$ である（図 3d）．

本テフラは，AB-12-2 コアの深度 99.25-99.26 m から検出した未同定テフラに対比できる可能性がある（石原ほか，2018）．

2.3.3 ^{14}C 年代測定結果

GS-NT-1 コアから得られた ^{14}C 年代値を図 4 と表 2 に示す．深度 4.08～4.10m と深度 9.82～9.86 m の有機質土の年代値は完新世の値を示す．深度 13.20～26.08 m の 9 層準からは，12,780～30,880 cal BP の年代値を得た．年代値は概ね深度に沿って古くなる．

2.3.4 花粉化石の記載

GS-NT-1 コアの樹木花粉の分析結果を以下に記載する（図 4c）．検出された木本植物の主な分類群は，常緑針葉樹のマツ科とスギ属，および落葉広葉樹のカバノキ属，ハンノキ属，ブナ属，コナラ属などである．主要な樹木花粉の算出割合の変遷をもとに，上位から

NT-1 帯～11 帯までの地域花粉帯を設定した。この内、NT-9 帯と NT-11 帯については樹木花粉の数が基数に満たなかったため記載を省略した。

NT-1 帯（試料番号 13.25）落葉広葉樹のコナラ属が極めて高率に出現し、ブナ属、ハンノキ属がこれに次ぐ。常緑針葉樹のマツ科は極めて低率である。

NT-2 帯（試料番号 15.33～27.70）トウヒ属カバノキ属が高率を占め、モミ属、ツガ属、マツ属がこれに次ぐ。この他、ニレ属／ケヤキ属やクマシデ属／アサダ属がみられる。ブナ属、コナラ属は激減し、極めて低率である。

NT-3 帯（試料番号 29.60）ハンノキ属が極めて高率を占め、カバノキ属やクマシデ属／アサダ属がこれに次ぐ。マツ科やブナ属、コナラ属極めて低率である。

NT-4 帯（試料番号 36.50）ブナ属、コナラ属、ニレ属／ケヤキ属、ハリゲヤキ属（*Hemiptelea*）が比較的優勢である。マツ科はマツ属がやや高率を占める以外は全体的に低率である。

NT-5 帯（試料番号 40.10～42.20）試料番号 40.10 はモミ属、トウヒ属、ツガ属、マツ属が高率を占め、カバノキ属がこれに次ぐ。試料番号 41.40 では、カバノキ属とハンノキ属が優勢で、マツ科は極めて低率である。ブナ属やコナラ属はほとんど検出されない。試料番号 42.20 は樹木花粉が基数に満たないため、記載を省略する。

NT-6 帯（試料番号 56.50）ハンノキ属が極めて高率を占め、カバノキ属がこれに次ぐ。マツ科、ブナ属、コナラ属はほとんど検出されない。

NT-7 帯（試料番号 59.30～75.30）モミ属、トウヒ属、ツガ属、マツ属高率を占め、カバノキ属とハンノキ属がこれに次ぐ。ブナ属、コナラ属、ニレ属／ケヤキ属は極めて低率である。

NT-8 帯（試料番号 79.70, 81.15）

マツ属、スギ属が優占し、ほかにトウヒ属、ツガ属、ブナ属、ニレ属／ケヤキ属などが認められる。

NT-10 帯（試料番号 95.20, 97.00）ハンノキ属、ブナ属、コナラ属が優勢で、マツ科はほとんど認められない。試料番号 97.00 は樹木花粉が基数に満たないため、記載を省略する。

2.4 AB-12-2 コア

2.4.1 層相・テフラ層序

AB-12-2 コアの層相とテフラ層序については、鈴木ほか（2016）に基づき簡潔に記載する（図 2）。地表から 1.40 m までは盛土・土壌層、深度 1.40～76.81 m までは砂層、シルト層、泥炭層が卓越する。深度 76.81 m 以深では亜円礫を主体とする礫層が卓越する。

同定されたテフラは、深度順に、沼沢沼沢湖テフラ（Nm-NM, 5.4 ka ; 山元, 2003） 3.59～4.09 m, 始良丹沢テフラ（AT, 30 ka ; Smith et al., 2013） 17.00～17.05 m, 大仙倉吉テフラ（DKP, 55～66 ka ; 鈴木ほか, 2016） 30.05～30.12 m, 沼沢金山テフラ

(Nm-KN ; 鈴木ほか, 2004) 31.10~31.63 m, 赤城追貝テフラ (Ag-OK ; 鈴木ほか, 1995) 36.79~36.82 m, 砂子原田頭テフラ (TG, 129 ka ; 鈴木ほか, 2004, 青木ほか, 2008) 44.58~45.75 m, 砂子原松ノ下テフラ (Sn-MT, 180-260 ka ; 鈴木ほか, 2004) 84.91~88.34 m である。また, 深度 99.25~99.26 m から検出されている未同定のテフラは, 前述の通り GS-NT-1 の深度 99.90~100.00 m から検出された未同定テフラと対比できる可能性がある。

2.4.2 花粉化石の記載

AB-12-2 コアから産出した木本植物の主な分類群は, 常緑針葉樹のマツ科とスギ属, 常緑広葉樹のヤマモモ属 (*Myrica*), および落葉広葉樹のクマシデ属/アサダ属, ハシバミ属 (*Corylus*) カバノキ属, ハンノキ属, ブナ属, コナラ属, ニレ属/ケヤキ属などである。GS-AZU-1 コア, GS-SOK-1 コアと同様に主要な木本植物花粉の産出組み合わせに基づき, 上位から AB-1 帯~7 帯までの地域花粉群集帯を設定した (図 4d)。

AB-1 帯 (試料番号 30.25~34.15) マツ科のモミ属, トウヒ属, ツガ属, マツ属が優勢し, コナラ属, ニレ属/ケヤキ属などの広葉樹種やスギ属は低率である。試料番号 30.25 ではカバノキ属が多く産出する。

AB-2 帯 (試料番号 36.60, 36.80) AB-1 帯と比べてマツ科が減少する。ブナ属やコナラ属, ニレ属/ケヤキ属は低率である。試料番号 36.60 ではヤマモモ属, クマシデ属/アサダ属, ハシバミ属が, 試料番号 38.80 ではスギ属が高率を占める。

AB-3 帯 (試料番号 43.10, 46.05) ハンノキ属, コナラ属, ニレ属/ケヤキ属が優勢となる。試料番号 43.10 ではスギ属が多く産出する一方, マツ科とカバノキ属は極めて低率である。試料番号 46.05 ではツガ属, マツ属とカバノキ属が増加する。

AB-4 帯 (試料番号 50.60~67.30) モミ属, トウヒ属, ツガ属, マツ属とカバノキ属が優勢である。ブナ属やコナラ属, ニレ属/ケヤキ属は極めて低率である。ほか, ヤマモモ属とハシバミ属が試料番号 50.60 と 62.50 で高率に産出する。

AB-5 帯 (試料番号 73.05, 76.45) カバノキ属, ハンノキ属, ニレ属/ケヤキ属が優勢で, クマシデ属/アサダ属やハシバミ属も伴う。ブナ属, コナラ属も低率ながら産出する。マツ科はマツ属を除き極めて低率である。

AB-6 帯 (試料番号 88.35) トウヒ属, スギ属, ハンノキ属が優勢で, その他はほとんど産出しない。

AB-7 帯 (試料番号 99.26) マツ属, ブナ属ニレ属/ケヤキ属が比較的高率を占める。コナラ属も AB-4 帯と同程度に産出する。

謝辞

産業技術総合研究所 地質情報研究部門の水野清秀氏, 地質情報基盤センターの小松原琢氏には, 現地調査および層序解析にあたり有益な助言を頂いた。有限会社アルプス調査所

の本郷美佐緒氏には花粉化石の同定をして頂くとともに、花粉帯の解釈について有益なご助言を頂いた。株式会社蒜山地質年代学研究所の藤原誠氏（当時）には堆積物の古地磁気分析をして頂いた。株式会社パレオ・ラボの黒沼保子氏には大型植物遺体の同定をして頂いた。ここに記して深く感謝申し上げます。

文献

青木かおり・入野智久・大場忠道（2008）鹿島大木海底コア MD01-2421 の後期更新世テフラ層序. 第四紀研究, 47, 391-407.

Bronk Ramsey, C. (2009) Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon, 51, 337-360.

Hongo, M. (2007) Stratigraphic distribution of Hemiptelea (Ulmaceae) pollen from Pleistocene sediments in the Osaka sedimentary basin, southwest Japan. Rev. Paleobotany and Palynology, 144, 287-299.

石原武志・鈴木毅彦・本郷美佐緒・内田洋平（2017）オールコアの解析に基づく会津盆地の浅部地下地質構造の検討. 日本地球惑星科学連合 2017 年大会, HQR05-P05.

石原武志・鈴木毅彦・本郷美佐緒・内田洋平（2018）テフラ及び花粉分析に基づく会津盆地西部のオールコア（GS-NT-1）の層序. 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, HQR04-P12.

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]. 336p, 東京大学出版会.

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 都市圏活断層図「若松」. 国土地理院技術資料 D1-No.435.

Reimer, P.L., 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., Haffliidason, 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.

Shrestha, G., Uchida, Y., Ishihara, T., Kaneko, S., and Kuronuma Satoru. Energies (2018), 11, 1178; doi:10.3390/en11051178

Shrestha, G., Bando, K., Ishihara, T., Fujino, T., Isoishi, K., Tomigashi, A., and Uchida, Y (2023) Assessment of installation suitability of a vertical closed loop ground source heat pump system in regional scale. Geothermics, 113, 102766; doi.org/10.1016/j.geothermics.2023.102766

Smith, V.C., Staff, R.A., Blockley, S.P.E., Bronk Ramsey, C., Nakagawa, T., Mark, D.F.,

- Takemura, K., Danhama, T., and Suigetsu 2006 Project Members (2013) Identification and correlation of visible tephra in the Lake Suigetsu SG06 sedimentary archive, Japan: chronostratigraphic markers for synchronizing of east Asian/west Pacific palaeoclimatic records across the last 150 ka. *Quaternary Science Reviews*, 67, 121-137.
- 鈴木敬治・竹内貞子（1989）中～後期更新世における古植物相—東北地方を中心として—。第四紀研究, 28, 303-316.
- 鈴木敬治・相馬寛吉・野中俊夫（1990）会津盆地西縁地域における更新世塔寺層・七折坂層上部の層位学的・古植物学的研究。福島大学理科報告, 45, 1-49.
- 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.
- 鈴木毅彦・斎藤はるか・笠原天生・栗山悦宏・今泉俊文（2016）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。第四紀研究, 55, 1-16.
- Suzuki, T., Murata, M., Mizuno, K., and Ishihara, T. (2017) Sequence of Early Pleistocene Shirakawa ignimbrites and their identifications in distal areas in Northeast Japan. *Quaternary International*, 456, 195-209.
- 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（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），85p，地質調査所。
- 山元孝広（1999b）福島—栃木地域に分布する 30-10 万年前のプリニー式降下火砕堆積物：沼沢・燧ヶ岳・鬼怒川・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.
- Yamamoto, T (2011) Origin of the sequential Shirakawa ignimbrite magmas from the Aizu caldera cluster, northeast Japan: Evidence for renewal of magma system involving a crustal hot zone. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 204, 91-106.
- 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), 63p, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.

吉田英人・高橋正樹 (1991) 白河火砕流東部地域の地質. 地質学雑誌, 97, 231-249.

吉岡真弓・内田洋平 (2022) 日本における地中熱・帯水層蓄熱システムの適地評価研究.
地学雑誌, 131, 609-623.