

## 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

丸山 正<sup>1,\*</sup>・齋藤 勝<sup>2</sup>

Tadashi Maruyama and Masaru Saito (2014) Identification of volcanic glass bearing Daisen-Kurayoshi tephra (DKP) from borehole core at Horinji, Nanto City, Toyama Prefecture, and its implications for estimating long-term slip rate on active faults in the Hokuriku region, *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol.65(1/2), p1-9, 8 figs, 2 table.

**Abstract:** We report occurrence and petrological characteristics of the Daisen-Kurayoshi tephra (DKP;  $\geq 55$  ka), a late Pleistocene widespread tephra in Japan, identified from borehole cores at Horinji, Nanto City, Toyama Prefecture, drilled for defining shallow subsurface geometry of the Horinji fault. DKP found from the cores contains abundant volcanic glasses compared with the heavy minerals such as orthopyroxene and hornblende, whose occurrence is very rare because the glasses are commonly altered into clay minerals. Range of refractive index of the volcanic glass, reported for the first time in and around Hokuriku region including Toyama, as well as that of orthopyroxene and hornblende, is similar to that of the source area. Result of pollen analysis of organic silt just below DKP suggests that the silt was accumulated under cool climatic condition correlated with the period of marine oxygen isotope stage (MIS) 3. Identification of intact DKP from downthrown side of the Horinji fault implies that the precise correlation of the strata or terrace surfaces of MIS 3 separated by faulting might be possible through detailed examination of the strata with tephra and pollen analyses, which provides basis for determining more reliable long-term slip rate of active faults in the Hokuriku region.

**Keywords:** Daisen-Kurayoshi tephra, volcanic glass, late Pleistocene, Toyama Prefecture, Hokuriku region, active fault

### 要 旨

北陸地域でこれまでに確認されている大山倉吉テフラ (DKP) については、重鉱物の屈折率が報告されている一方、火山ガラスは風化変質により粘土化しているため屈折率が報告されていなかった。富山県南砺市法林寺地区において採取されたボーリングコア中に新鮮な火山ガラスを多数含む軽石質テフラが検出された。この軽石質テフラの火山ガラス、斜方輝石及び普通角閃石の屈折率は、いずれも給源地付近でのDKPの値とほぼ一致している。北陸地域におけるDKPの火山ガラスの屈折率が初めて明らかにされたことにより、DKPの同定がより確実になった。さらにDKPが挟在する有機質シルト層の花粉分析により、海洋酸素同位体ステージ (MIS) 3を示唆する植生相が認められた。火山ガラスを含むDKPは法林寺断層の下盤側 (低下側) の砺波平野地下から検出された。砺波平

野をはじめ北陸地域の盆地を限る活断層の下盤側断層近傍では、DKPが広く保存されている可能性がある。同テフラを指標として、断層両側におけるMIS 3の段丘面及び同面を構成する地層の分布高度を明らかにすることにより、下盤側の埋積による影響も考慮した過去およそ5.5万年前以降の長期的な正確な把握が可能になると期待される。

### 1. はじめに

火山灰 (テフラ) は、地質学的時間スケールではきわめて短時間に降下堆積することから貴重な同時間面となる。日本列島及びその周辺地域では、とくに更新世以降に広域的に分布するテフラに関して、記載岩石学的特徴、分布や噴出年代などの情報がカタログ化されている (町田・新井, 2003)。

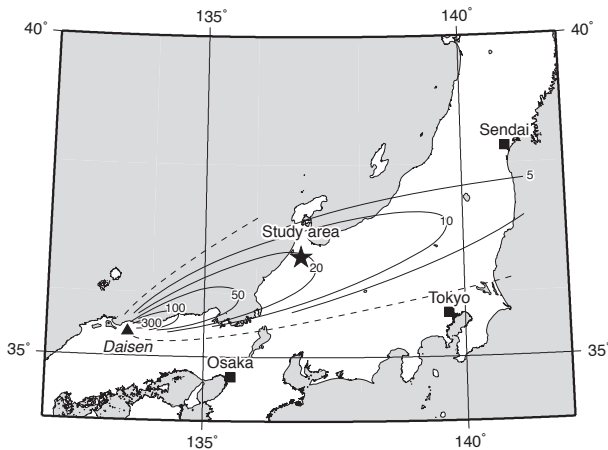
大山倉吉テフラ (DKP) はおよそ5.5万年前以前の大山

<sup>1</sup> 活断層・地震研究センター (AIST, Geological Survey of Japan, Active Fault and Earthquake Research Center)

[現所属] 活断層・火山研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Institute of Earthquake and Volcano Geology)

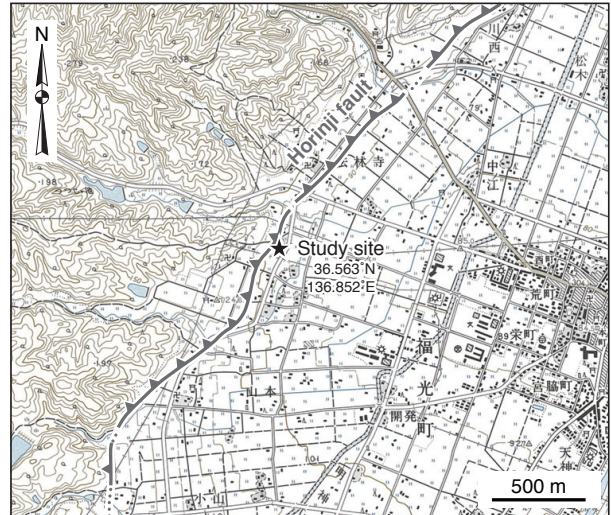
<sup>2</sup> 株式会社ダイヤコンサルタント (Dia Consultants, Co., Ltd., 2-272-3 Yoshino-cho, Kita-ku, Saitama, Saitama 331-0811 Japan)

\*Corresponding author: T. Maruyama, Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: tadashi-maruyama@aist.go.jp



第1図 大山倉吉テフラ(DKP)の等層厚分布(単位はcm)と調査地点(★印). 等層厚線図は町田・新井(2003)による.

Fig. 1 Map showing isopach of Daisen-Kurayoshi tephra (DKP) in centimeter and study area (shown in star). Isopach map is after Machida and Arai (2003).



第2図 富山県南砺市法林寺地区で実施した群列ボーリング調査位置図. 調査地点(★印)とその座標を図中に示す. 活断層の分布は, 中田・今泉編(2002)による. 断層沿いの▲印は断層上盤側を示す. 基図は国土地理院発行1:25,000地形図「福光」を使用.

Fig. 2 Map showing location of borehole transect (shown in star with its coordinates) across the Horinji fault at Horinji, Nanto City, Toyama Prefecture. Distribution of active fault is after Nakata and Imaizumi (2002). Triangles denote hanging wall side. 1:25,000 topographic map “Fukumitsu” published by Geospatial Information Authority of Japan is used as a base map.

火山の噴火により給源地から東北地域南部にかけて広範囲に堆積した降下軽石層を主体とするテフラである(山陰第四紀研究グループ, 1969; 町田・新井, 1979, 2003) (第1図). 北陸地域においてもDKPは多くの地点で報告されており, 海洋酸素同位体ステージ(MIS) 3の地層や地形面の認定において貴重な役割を果たしている(例えば, 神嶋ほか, 1989; 吉澤, 2009). さらに, DKPとの層位関係により形成年代が推定された地形面の変位量に基づいて同地域に分布する活断層の活動性が検討されている(例えば, 中村, 2002; 松浦ほか, 2006; Nakamura *et al.*, 2008).

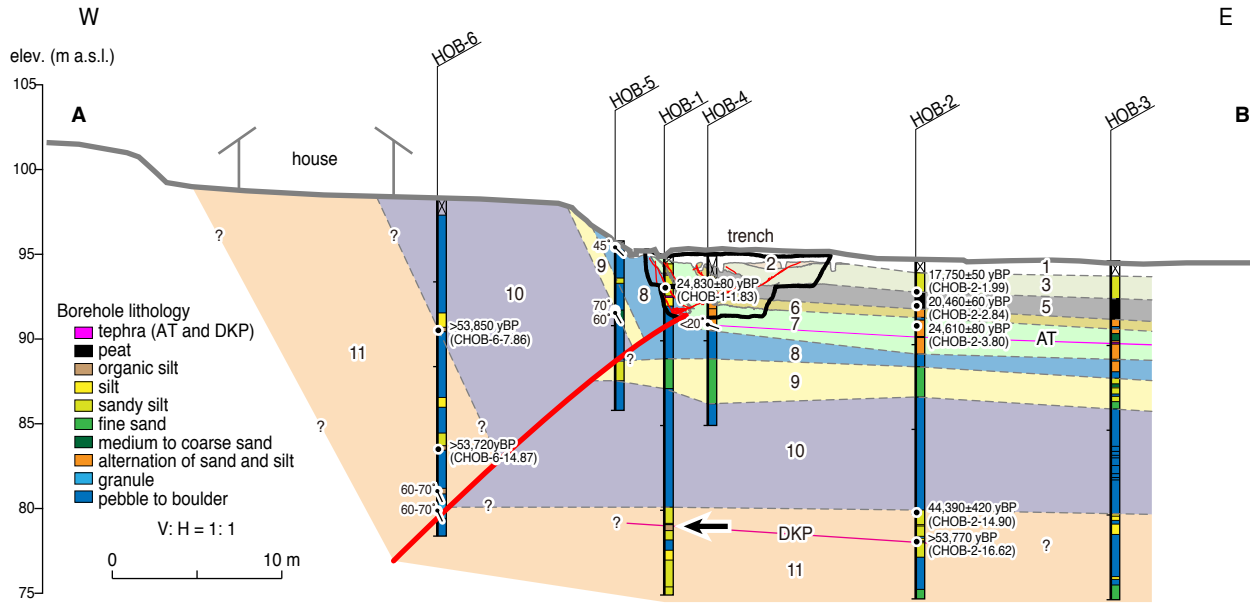
北陸地域でDKPとされたテフラについては, 保存しやすい斜方輝石及び角閃石の屈折率は測定されている. しかしながら, 火山ガラスは風化, 変質により粘土化しているため, これまで火山ガラスの屈折率は測定されていなかった. そのため, 「新編火山灰アトラス—日本列島とその周辺」(町田・新井, 2003)では, 北陸・立山・北信地域におけるDKPについて火山ガラスの屈折率が示されていない. 同地域においてDKPとされているテフラの同定をより確実なものとするうえで, 火山ガラスの屈折率の測定は重要である.

筆者らは, 文部科学省の委託調査事業「活断層の補

完調査」として平成23年度に実施した<sup>とみなみ</sup>砺波平野断層帯(西部)の活動性及び活動履歴調査において, 富山県南砺市法林寺地区で採取したボーリングコアから大量の新鮮な火山ガラスを含むDKPとみられる純層テフラを見いだした. ここでは, その産状とともに火山ガラス, 斜方輝石及び普通角閃石の屈折率の測定結果を報告する. また, DKPが挟在する有機質シルト層のうちDKP直下の試料について花粉分析を行い, 同テフラ降下堆積当時における調査地点周辺の古環境を推定した.

## 2. 調査地点の概要及び試料の産状

調査地点は富山県西部に広がる砺波平野の南西部に位置する. 砺波平野南西縁には北北東—南南西に延びる西傾斜の逆断層である法林寺断層が分布し, 大局的には砺波平野と西方の医王山山地との地形境界をなしている. ただし, 新期の地形面を累積的に変位させる断層は山地東縁よりも平野側に分布している(例えば, 中村, 2002; 中田・今泉編, 2002; 独立行政法人産業技術総合研究所, 2012) (第2図). 法林寺断層の上下方向の平均変位速度は, 段丘面の変位から0.1–0.4m/ky程度以上と見積もられている(中村, 2002; Nakamura *et al.*, 2008).



第3図 群列ボーリングから推定された法林寺地区における法林寺断層を横切る地質断面図(独立行政法人産業技術総合研究所, 2012に加筆). コアHOB-1中のテフラ分析試料及び花粉試料採取位置を黒矢印で示す. 図中のアラビア数字は層序ユニット, 太い赤線は断層を示す. 詳細は独立行政法人産業技術総合研究所(2012)を参照

Fig. 3 Geologic section across the Horinji fault at Horinji based on borehole transect (modified from National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2012). Sampling position for tephra and pollen analyses from core HOB-1 is shown by black arrow. Arabic numerals denote stratigraphic units. Bold red line denotes the fault. See National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (2012) for detailed explanation.

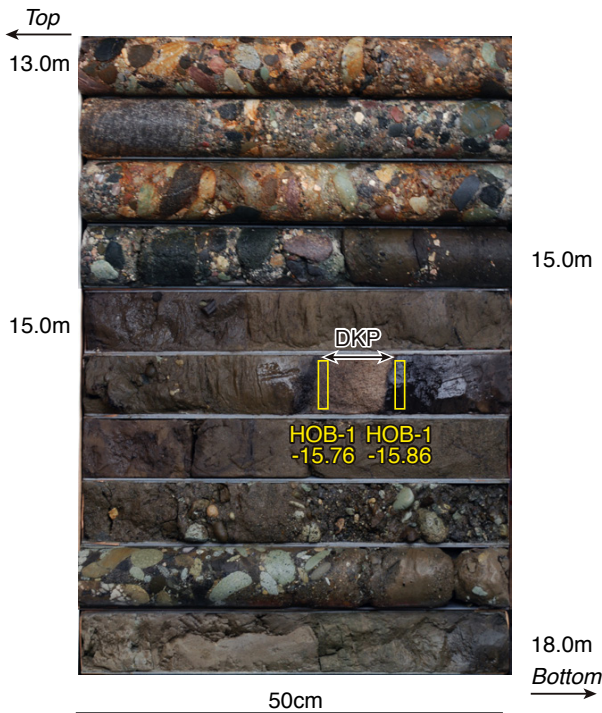
独立行政法人産業技術総合研究所(2012)は, 法林寺地区において群列ボーリング調査を実施し, 法林寺断層の地下浅部の形状を把握する(第3図)とともに, トレンチ調査を行い, 更新世後期以降複数回の西側上りの断層活動を明らかにした. 今回報告するDKPが検出されたボーリングコアは, 第3図に示す群列ボーリングのうち法林寺断層の活動により形成された低断層崖の基部付近において掘削したコアHOB-1(掘削深度20m, 掘削地点の地盤高は94.91m)と断層下盤側(低下側)のコアHOB-2(掘削深度20m, 地盤高94.68m)である. 第4図にDKPが確認された部分周辺のコアHOB-1のコア写真を示す. コアHOB-1でのDKPは, 深度15.76–15.85mにおいて層厚約20cmの有機質シルト中に挟在する軽石質テフラの純層として認められた. テフラの層厚は約9cmである. 一方, コアHOB-2でのDKPは, 深度16.58–16.61mにおいて層厚約10cmの有機質シルト中に挟在する軽石質純層テフラとして認められ, その層厚は約3cmとコアHOB-1に比べて薄い. 本テフラは黄白色を呈し, 粗粒砂~中粒砂サイズの粒子からなる.

テフラ分析及びテフラが挟在する有機質シルトの花分析は, テフラが厚いコアHOB-1を対象とした. 試料名は, テフラ分析試料がHOB-1-15.76, 花粉分析試料が

HOB-1-15.86であり, それぞれ最後の4桁の数字は試料の採取深度を指す.

コアHOB-2では, 本テフラ出現位置から約1cm下位にあたる深度16.62mの有機質シルトが>53,770 yBP, 約1.68m上位にあたる深度14.90mから採取された植物片が44,390±420 yBPのAMS  $^{14}\text{C}$ 年代(いずれも $\delta^{13}\text{C}$ を補正したConventional  $^{14}\text{C}$ 年代: 1 $\sigma$ 年代範囲)を示す(独立行政法人産業技術総合研究所, 2012)(第3図). このうち, 前者の測定値については, 測定時のバックグラウンド値と同レベルであるため, 測定時の $^{14}\text{C}$ 濃度の誤差範囲内において可能性のある最大の $^{14}\text{C}$ 濃度に相当する年代値(最も新しい年代値)を示している. したがって, 実際の年代は得られた年代値よりも古い可能性が高い. 一方, 後者の暦年較正年代は48,950–46,260 cal BP (2 $\sigma$ 暦年代範囲: IntCal09データベース(Reimer *et al.*, 2009)を用い, 較正プログラムOxCal 4.2 (Bronk Ramsey, 2009)を使用)を示す. また, コアHOB-2及びコアHOB-3(地盤高94.63m)ではそれぞれ地表からの深度約4.5m, 約4.8mにおいて, 厚さ6–8cmの始良Tnテフラ(AT) (26–29 ka; 町田・新井, 2003)の純層が確認されている(独立行政法人産業技術総合研究所, 2012)(第3図).





第4図 コアHOB-1の深度13.0–18.0mのコア写真及びテフラ分析試料(HOB-1-15.76)、花粉分析試料(HOB-1-15.86)採取位置。コアHOB-1の位置は第3図参照。

Fig. 4 Photograph of core HOB-1 in depth from 13.0 m to 18.0 m showing the sampling positions for tephra analysis (HOB-1-15.76) and pollen analysis (HOB-1-15.86). For location of core HOB-1 see Fig. 3.

### 3. 分析結果

#### 3.1 テフラ分析

テフラ分析試料HOB-1-15.76について、砂粒子組成及び火山ガラス、斜方輝石及び普通角閃石の屈折率の測定を行った。なお、これらの測定は(株)パリーノ・サーヴェイに依頼した。砂粒子組成は、粒径0.63–2mmの砂粒子を対象とした。屈折率は古澤(1995)に従い、株式会社古澤地質製MAIOTを使用した温度変化法により測定した。

砂粒子組成は軽石質火山ガラスが卓越し、軽鉱物を少量程度、重鉱物をわずかに含む(第1表)。火山ガラスは無色透明を呈し、その形態は多孔型で特徴付けられる(第5図)。軽鉱物は斜長石が多量を占め、石英が微量に含まれる。重鉱物組成は、普通角閃石を主体とし、斜方輝石、不透明鉱物も多く含む(第1表)。また、計測粒子数を200に限定した表1では計測されていないものの、試料中には少量の黒雲母も確認された。なお、カミングトン閃石は検出されなかった。斜方輝石は清澄な短冊状の晶癖を呈するものが大部分を占める(第6図)。

火山ガラス、斜方輝石及び普通角閃石の屈折率の測定

結果を第7図に示す。火山ガラスの屈折率は、 $n=1.500\text{--}1.516$ のレンジを示し、モードは $n=1.510$ 前後である。斜方輝石の屈折率は、 $\gamma=1.702\text{--}1.707$ のレンジで、モードは $\gamma=1.704$ 前後である。普通角閃石の屈折率は、 $n_2=1.677\text{--}1.682$ のレンジで、モードは $n_2=1.678$ 前後である。

#### 3.2 花粉化石分析

テフラが挟在する有機質シルト層のうち、テフラ直下から採取した試料HOB-1-15.86に対して実施した花粉化石の分析結果を第2表及び第8図に示す。なお、分析は(株)パリーノ・サーヴェイに依頼した。

試料からは花粉化石が豊富に産出した。保存状態はやや悪く、花粉外膜が破損あるいは溶解しているものも多く認められた。

木本花粉では、コナラ属コナラ亜属、カバノキ属が多産し、モミ属、ツガ属、トウヒ属、ハンノキ属、コナラ属アカガシ亜属、ニレ属ケヤキ属が産出した。草本花粉ではイネ科が多産し、ミズバショウ属、カヤツリグサ科、カラマツソウ属、キンボウゲ科、ワレモコウ属、セリ科、ヨモギ属、キク亜科などを伴う。

## 4. 議論

#### 4.1 DKPの同定

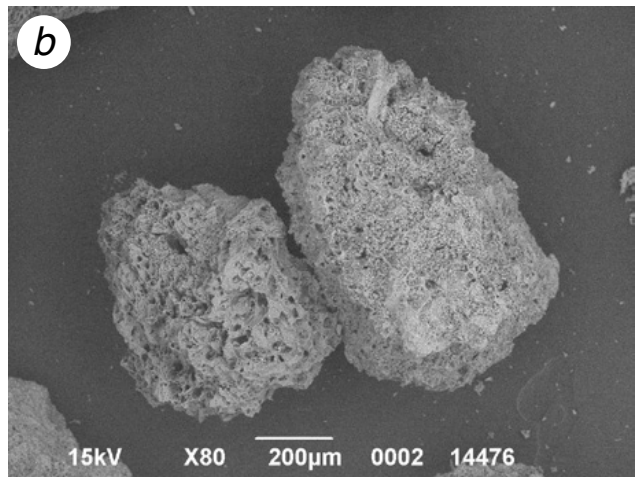
今回採取された試料HOB-1-15.76の鉱物組み合わせ及び斜方輝石が清澄な短冊状の晶癖を示す点やカミングトン閃石を含まない点は、いずれも町田・新井(1979, 2003)に記されたDKPの特徴と一致している(第6図)。また、斜方輝石( $\gamma=1.702\text{--}1.707$ (モード1.704))及び普通角閃石( $n_2=1.677\text{--}1.682$ (モード1.678))の屈折率についても、町田・新井(2003)によるDKPの値( $\gamma=1.702\text{--}1.708$ (モード1.704)、 $n_2=1.673\text{--}1.680$ (モード1.678))とほぼ一致している。さらに、火山ガラスの屈折率( $n=1.500\text{--}1.516$ )は、給源地付近での測定値(下部 $n=1.506\text{--}1.512$ 、上部 $n=1.503\text{--}1.507$ :古澤・梅田, 2002;  $n=1.508\text{--}1.514$ :町田・新井, 2003)よりもややレンジが広いものの、おおむね一致している。

テフラ試料直下の有機質シルト試料HOB-1-15.86の花粉分析の結果、冷温帯性落葉広葉樹の構成要素であるコナラ亜属やカバノキ属が多産し、その他にもハンノキ属、ニレケヤキ属等の落葉広葉樹が多く認められる。また、モミ属、ツガ属、トウヒ属、マツ属等の針葉樹も産出する。このように亜寒帯性針葉樹と冷温帯性落葉広葉樹が多産し、かつ混生していることから、当時は氷期の中でもやや冷涼期にあたと推定される。こうした気候環境は、中部地域及び北陸地域の後期更新世花粉層序や大型植物遺体に基づきDKP堆積当時の気候が著しい寒冷期(MIS 4)直後の冷涼期(MIS 3)を示すとの報告(酒井, 1987; 古澤, 2009)ともおおむね調和的である。なお、本試料か

第1表 テフラ試料の砂粒子組成

Table 1 Grain composition of the tephra sample

| Sample name | Grain composition<br><i>upper: number, lower: %</i> |               |               |                 |       | Heavy mineral<br><i>upper: number, lower: %</i> |            |                |       |       |
|-------------|---|---------------|---------------|-----------------|-------|---|------------|----------------|-------|-------|
|             | Volcanic glass                                      | Light mineral | Heavy mineral | Lithic fragment | Total | Orthopyroxene                                   | Hornblende | Opaque mineral | Other | Total |
| HOB-1-15.76 | 122   | 58            | 18            | 2               | 200   | 36  | 141        | 22             | 1     | 200   |
|             | 61.0  | 29.0          | 9.0           | 1.0             | 100.0 | 18.0  | 70.5       | 11.0           | 0.5   | 100.0 |



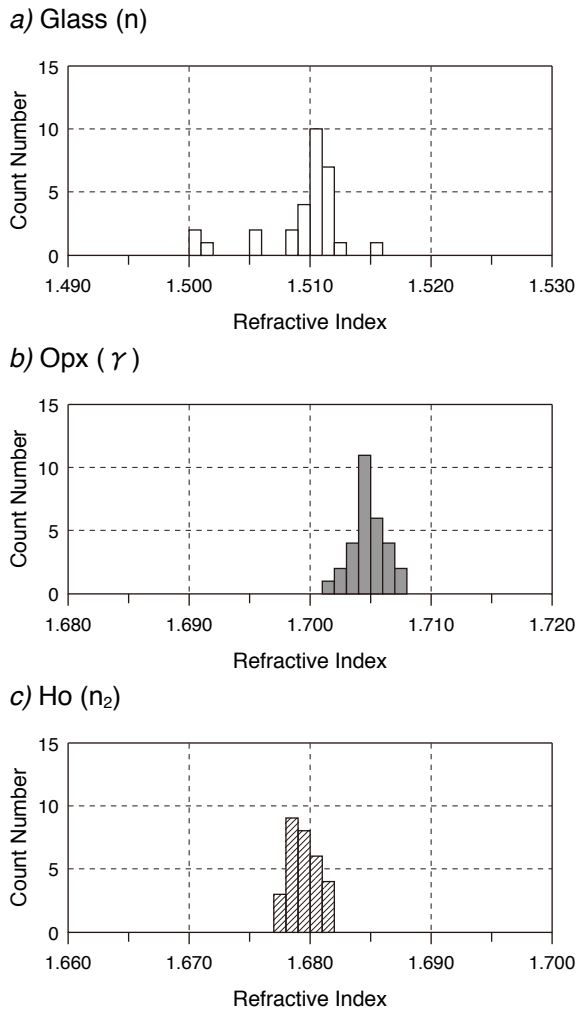
第5図 試料HOB-1-15.76から検出された火山ガラスのa)顕微鏡写真及びb) SEM画像.

Fig. 5 a) Photomicrograph and b) SEM image of the volcanic glasses from sample HOB-1-15.76.



第6図 試料HOB-1-15.76から検出された斜方輝石の顕微鏡写真.

Fig. 6 Photomicrograph of the orthopyroxene from sample HOB-1-15.76.



第7図 試料HOB-1-15.76から検出された a) 火山ガラス、b) 斜方輝石及び c) 普通角閃石の屈折率。

Fig. 7 Refractive indices of a) volcanic glass, b) orthopyroxene and c) hornblende from sample HOB-1-15.76.

らは温暖帯性常緑広葉樹の構成要素であるコナラ属アカガシ亜属も産出するが、これ以外に温暖帯性常緑広葉樹はほとんど含まれない。コナラ属アカガシ亜属については、本調査地点と同じく日本海に面した盆地内に位置する福井市水切町で確認されたDKPの直下に分布する泥炭層からもわずかではあるが産出することが報告されている(吉澤, 2009)。

ところで、大山から噴出したテフラのうち、ATよりも層位的に下位に位置し、本試料の砂粒子組成と同様に主な鉱物として角閃石と斜方輝石を含み、カミングトン閃石を含まない後期更新世テフラとしては、層位的に上位のものからDKP、大山関金テフラ(DSP)、大山生竹テフラ(DNP; >80ka)、大山荒田1テフラ(DAP1)が知られている(町田・新井, 2003)。また、大山別所テフラ(DBP)、大山淀江テフラ(大山檜谷テフラ)(DYP; 170 ± 60 ka)な

ど中期更新世に大山から噴出したテフラでも同様の鉱物組合せが報告されている(町田・新井, 2003)。しかしながら、それらの分布範囲、火山ガラス、斜方輝石及び角閃石の屈折率や斜方輝石の晶癖に加えて、上述の花分析結果から推定されるテフラ降下堆積当時における古気候環境と噴火年代との関係、ATとの層位関係及び上下の試料から得られた<sup>14</sup>C年代値から総合的に判断すると、今回法林寺地区におけるボーリングコアHOB-1試料の深度15.76mから採取したテフラはDKPに同定される可能性が高いと考えられる。

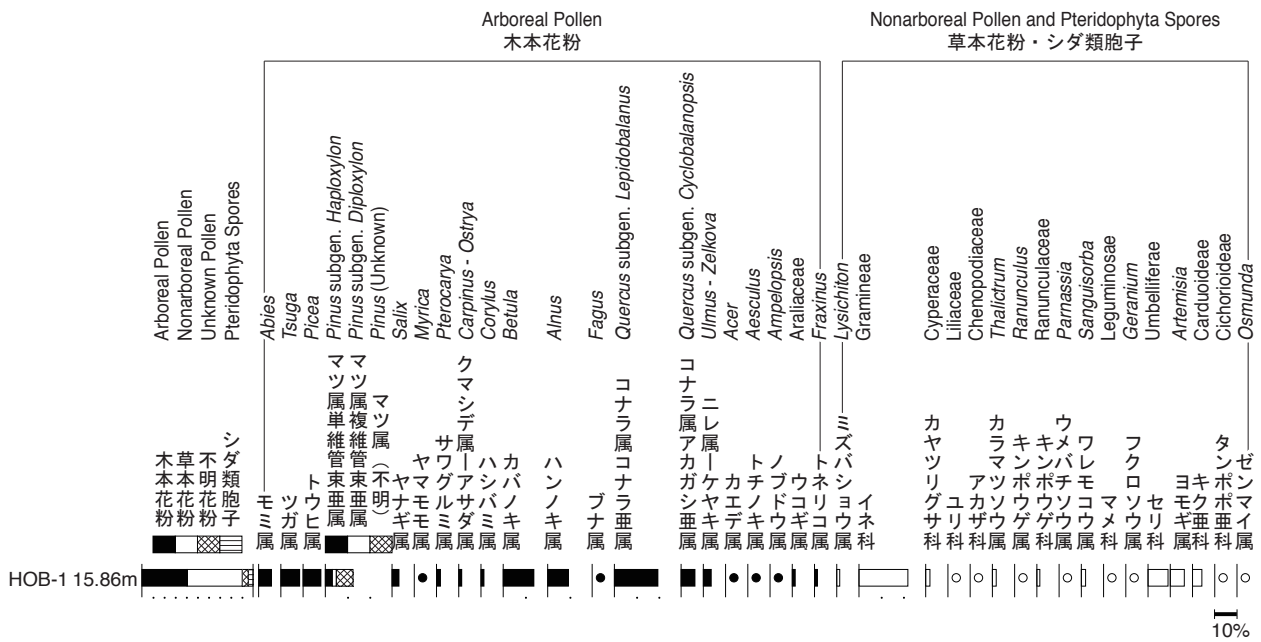
一般にDKPの軽石型火山ガラスは風化が進み粘土化している(町田・新井, 2003)。本調査により検出された火山ガラスを含む新鮮なDKPは、1) 法林寺断層の下盤側断層近傍で確認される(第3図)、2) 断層下盤側のボーリングコアには顕著な堆積間隙を示す土壌層の発達や不整合が認められない、3) DKPの分布深度から推定されるボーリングコアHOB-1地点及びHOB-2地点における過去およそ5.5万年間の平均堆積速度が約0.3m/kyと見積もられる、4) DKPが挟在する有機質シルト層には、水湿地に生育するイネ科、カヤツリグサ科、セリ科、ミズバショウ属などの草本花粉が検出される(第2表、第8図)ことで特徴付けられる。こうした特徴から、本地点のDKPは法林寺断層の活動に伴い断層下盤側断層近傍に形成された凹地を埋める湿地的な静水環境下に降下堆積した後、速やかに埋積され、それ以降の断層活動の繰り返しによる累進的な沈降により安定して地下水面以下に位置したことで風化を免れたものと考えられる。

#### 4.2 北陸地域の活断層研究における意義

砺波平野をはじめとして、北陸地域でこれまでに実施された変動地形的手法に基づく活断層の調査研究では、主として断層の相対的隆起側に分布する段丘面の構成層及びその被覆層中からDKPやATをはじめとする広域テフラの検出に基づいて編年を行い、断層崖あるいは撓曲崖の比高を上下変位量として上下方向の平均変位速度を見積もられてきた(例えば、中村, 2002; Nakamura *et al.*, 2008)。ただし、断層低下側は新しい地層に埋積されている場合が多く、こうして見積もられた平均変位速度は実際の値を過小評価している可能性がある。こうした指摘は松浦ほか(2006)などでもなされている。

今回試料を採取した法林寺地区周辺において、中村(2002)はDKP及びATとの層位関係から約4万年前及び約2万年前に形成されたとする段丘面の法林寺断層による上下変位量に基づき、0.22–0.30m/kyの上下平均変位速度を報告している。なお、中村(2002)は断層の両側で同一の段丘面が地表に分布するとして変位速度を見積もっているが、富山県(2000)及び独立行政法人産業技術総合研究所(2012)により法林寺地区で実施された群列ボーリング及びトレンチ調査結果は、断層下盤側では段丘面が新





第8図 花粉化石群集. 出現率は、木本花粉は木本花粉総数、草本花粉・シダ類孢子は総数から不明花粉を除いた数を基数として百分率で表す。●、○はそれぞれ木本花粉、草本花粉・シダ類孢子について出現率が1%未満を示す。

Fig. 8 Percentage diagram of pollen taxa from organic silt sample HOB-1-15.86. For Nonarboreal pollen-Pteridophyta spores, percentage was shown with respect to the number subtracting unknown pollen from the total. ● and ○ in the diagram show less than 1% for Arboreal pollen and Nonarboreal pollen-Pteridophyta spores, respectively.

期の地層により埋積されていることを示している。今回断層下盤側で検出されたDKPの分布深度が断層活動の累積によるものであり、また圧密の影響が無視できるものと仮定すると、上述した過去およそ5.5万年間の平均堆積速度は下盤側の沈降速度に置き換えることができ、下盤側の埋積の影響を考慮した実際の平均変位速度の上下成分は0.5–0.6m/ky程度となる可能性がある。

今回の調査により、砺波平野の地下には火山ガラスを含むDKPの純層が分布していることが確認された。砺波平野をはじめとする北陸地域の盆地を限る活断層の下盤側断層近傍では、DKPが広く保存されている可能性がある。今後、断層の相対的隆起側でDKPとの層位関係が明らかな段丘面について、断層を挟んだ低下側でボーリング掘削調査を実施してDKPの分布を確認することにより、埋没した一連の段丘面との正確な対比が可能となり、断層低下側の埋積の影響を考慮したMIS 3以降における北陸地域の活断層の平均変位速度の上下成分をより正確に把握することができると考えられる。

謝辞：本報告をまとめるにあたり、富山大学の神嶋利夫氏には、富山県内でこれまでに確認されているDKPの産

状についてご教示いただきました。産業技術総合研究所地質情報研究部門の水野清秀氏による丁寧な査読ならびに編集を担当していただいた同部門の工藤 崇氏によるコメントにより原稿は大きく改善されました。本調査は、平成23年度文科省委託調査事業「活断層の補完調査」の一環として実施したものです。

第2表 花粉分析結果

Table 2 Result of pollen analysis

| 和名<br>Japanese Name | 学名<br>Scientific name                         | カウント数<br>Count number |
|---------------------|---|-----------------------|
| 木本花粉                | Arboreal Pollen                               |                       |
| モミ属                 | <i>Abies</i>                                  | 13                    |
| ツガ属                 | <i>Tsuga</i>                                  | 19                    |
| トウヒ属                | <i>Picea</i>                                  | 18                    |
| マツ属単維管束亜属           | <i>Pinus</i> subgen. <i>Haploxyton</i>        | 7                     |
| マツ属複維管束亜属           | <i>Pinus</i> subgen. <i>Diploxyton</i>        | 4                     |
| マツ属 (不明)            | <i>Pinus</i> (Unknown)                        | 17                    |
| ヤナギ属                | <i>Salix</i>                                  | 7                     |
| ヤマモモ属               | <i>Myrica</i>                                 | 1                     |
| サウグルミ属              | <i>Pterocarya</i>                             | 4                     |
| クマシデ属-アサダ属          | <i>Carpinus</i> - <i>Ostrya</i>               | 3                     |
| ハシバミ属               | <i>Corylus</i>                                | 3                     |
| カバノキ属               | <i>Betula</i>                                 | 31                    |
| ハンノキ属               | <i>Alnus</i>                                  | 21                    |
| ブナ属                 | <i>Fagus</i>                                  | 1                     |
| コナラ属コナラ亜属           | <i>Quercus</i> subgen. <i>Lepidobalanus</i>   | 44                    |
| コナラ属アカガシ亜属          | <i>Quercus</i> subgen. <i>Cyclobalanopsis</i> | 14                    |
| ニレ属-ケヤキ属            | <i>Ulmus</i> - <i>Zelkova</i>                 | 8                     |
| カエデ属                | <i>Acer</i>                                   | 1                     |
| トチノキ属               | <i>Aesculus</i>                               | 1                     |
| ノブドウ属               | <i>Ampelopsis</i>                             | 2                     |
| ウコギ属                | Araliaceae                                    | 2                     |
| トネリコ属               | <i>Fraxinus</i>                               | 3                     |
| 草本花粉                | Nonarboreal Pollen                            |                       |
| ミズバショウ属             | <i>Lysichiton</i>                             | 7                     |
| イネ科                 | Gramineae                                     | 115                   |
| カヤツリグサ科             | Cyperaceae                                    | 10                    |
| ユリ科                 | Liliaceae                                     | 1                     |
| アカザ科                | Chenopodiaceae                                | 1                     |
| カラマツソウ科             | <i>Thalictrum</i>                             | 9                     |
| キンポウゲ属              | <i>Ranunculus</i>                             | 3                     |
| キンポウゲ科              | Ranunculaceae                                 | 7                     |
| ウメバチソウ属             | <i>Parnassia</i>                              | 1                     |
| ワレモコウ属              | <i>Sanguisorba</i>                            | 10                    |
| マメ科                 | Leguminosae                                   | 1                     |
| フクロソウ属              | <i>Geranium</i>                               | 5                     |
| セリ科                 | Umbelliferae                                  | 47                    |
| ヨモギ属                | <i>Artemisia</i>                              | 33                    |
| キク亜科                | Carduoideae                                   | 22                    |
| タンポポ亜科              | Cichorioideae                                 | 2                     |
| 不明花粉                | Unknown                                       |                       |
| 不明花粉                | Unknown                                       | 30                    |
| シダ類孢子               | Pteridophyta Spores                           |                       |
| ゼンマイ属               | <i>Osmunda</i>                                | 1                     |
| 他のシダ類孢子             | other Pteridophyta                            | 23                    |
| 合計                  | TOTAL   |                       |
| 木本花粉                | Arboreal Pollen                               | 225                   |
| 草本花粉                | Nonarboreal Pollen                            | 274                   |
| 不明花粉                | Unknown Pollen                                | 30                    |
| シダ類孢子               | Pteridophyta Spores                           | 24                    |
| 合計 (不明を除く)          | Total Number of Pollen and Spores             | 523                   |



文 献

- Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, **51**, 337-360.
- 独立行政法人産業技術総合研究所 (2012) 砺波平野断層帯・呉羽山断層帯(砺波平野断層帯西部)の活動性および活動履歴調査. 「活断層の補完調査」成果報告書No. H23-1, [http://www.jishin.go.jp/main/chousakenkyuu/tsuika\\_hokan/h23\\_tonami.pdf](http://www.jishin.go.jp/main/chousakenkyuu/tsuika_hokan/h23_tonami.pdf) (最終参照日2013年9月30日).
- 古澤 明(1995)火山ガラスの屈折率測定および形態分類とその統計的な解析に基づくテフラの識別. *地質学雑誌*, **101**, 123-133.
- 古澤 明・梅田浩司(2002)新期大山テフラDNP, DSP, DKPの岩石記載的特徴の再検討. *第四紀研究*, **41**, 123-129.
- 神嶋利夫・西田史朗・宇津川 徹(1989)富山県に分布する広域火山灰—主にDKPとATについて—. *富山県地学地理学研究論集*, **9**, 23-34.
- 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**, 313-330.
- 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.
- 松浦旅人・吉岡敏和・宮脇理一郎・横田 裕・古澤 明(2006)魚津断層帯の第四紀断層運動と地下地質. *活断層研究*, **26**, 127-150.
- 中村洋介(2002)富山県砺波平野, 高清水断層および法林寺断層の第四紀後期における活動性. *第四紀研究*, **41**, 389-402.
- Nakamura, Y., Okada, A. and Takemura, K. (2008) Late Quaternary activity of faults and recurrence interval of earthquakes in the eastern Hokuriku region, northern central Japan, on the basis of precise cryptotephra analysis of fluvial terrace sequences. *Geomorphology*, **99**, 59-75, doi:10.1016/j.geomorph.2007.10.004.
- 中田 高・今泉俊文編(2002)「活断層デジタルマップ」. 東京大学出版会, DVD-ROM 2枚・付図1葉・60p.
- Reimer, P. J., Baillie, M. G. L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey C., Buck, C. E., Burr, G. S., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Hajdas, I., Heaton, T. J., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kaiser, K. F., Kromer, B., McCormac, F. G., Manning, S. W., Reimer, R. W., Richards, D. A., Southon, J. R., Talamo, S., Turney, C. S. M., van der Plicht, J. and Weyhenmeyer, C. E. (2009) Intcal09 and marine09 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, **51**, 1111-1150.
- 酒井潤一(1987)中部地方における後期更新世の古気候. *第四紀研究*, **25**, 269-275.
- 山陰第四紀研究グループ(1969)山陰海岸地域の第四系. *地団研専報*, no. 15, 354-376.
- 富山県(2000)砺波平野断層帯に関する調査. 平成11年度地震関係基礎調査交付金成果報告書, 173p.
- 吉澤康暢(2009)福井県水切町における大山倉吉テフラ(DKP)と直下の泥炭層から得られた化石. 福井市自然博物館研究報告, no. 56, 1-10.

( 受 付 : 2013年10月3日 ; 受 理 : 2014年3月13日 )

