京都大学防災研究所年報 第 68 号 B
DPRI Annuals, No. 68 B, 2025

京都大学防災研究所黒神観測室構内の表層構造

Subsurface Structure in the Yard of Kurokami Station, DPRI, Kyoto University.

筒井智樹・木尾竜也[(1)]・多田悠也[(2)]・菅原瑠一[(3)]・中道治久・下司信夫[(4)]・棚田嘉博[(5)]・小林哲夫

Tomoki TSUTSUI, Tatsuya KONOO[(1)], Yuya TADA[(2)], Ryuichi T. Sugawara[(3)], Haruhisa NAKAMICHI, Nobuo GESHI[(4)], Yoshihiro TANADA[(5)], and Tetsuo KOBAYASHI

(1) 産業技術総合研究所
(2) 日立建機
(3) 大日本ダイヤコンサルタント
(4) 九州大学
(5) テラシグナル研究所

(1) National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
(2)Hitachi Construction Machinery
(3)Dia Nippon Engineering Consultants
(4)Kyushu University
(5) Terasignal Laboratory

Synopsis

Geological descriptions and seismic velocity structure in the yard of Kurokami Station, DPRI, Kyoto University are presented. An artificial outcrop down to 10 m depth had appeared in the yard of Kurokami Station during excavation work for the construction of the airgun-pit in Autumn 2023. Three tephra layers associating with historical recorded eruptions had appeared at the wall of the excavation and their occurrences had been described. Moreover, one of the shallow refraction seismic lines in 2018 crossed over the excavation. Obtained seismic velocity structures from these seismic lines are presented and are interpreted on the geological facts that were obtained from the outcrop just beneath the line. Finally, total shallow structure beneath Kurokami Station is reported.

キーワード: テフラ，軽石，表層地震波速度構造，桜島
Keywords: Tephra, Pumice, Surface seismic velocity structure, Sakurajima Volcano

1. はじめに

京都大学防災研究所附属火山防災研究センター黒神観測室（以下，黒神観測室またはKUR）は1964年に桜島東部の黒神地区に設置されて以来，防災研究所附属火山防災研究センター（以下，火山防災研究センター）にとって重要な観測拠点のひとつとして運用されている．

黒神観測室は火山防災研究センター桜島火山観測所(SVO)とは桜島南岳の山頂を挟んで反対側の黒神

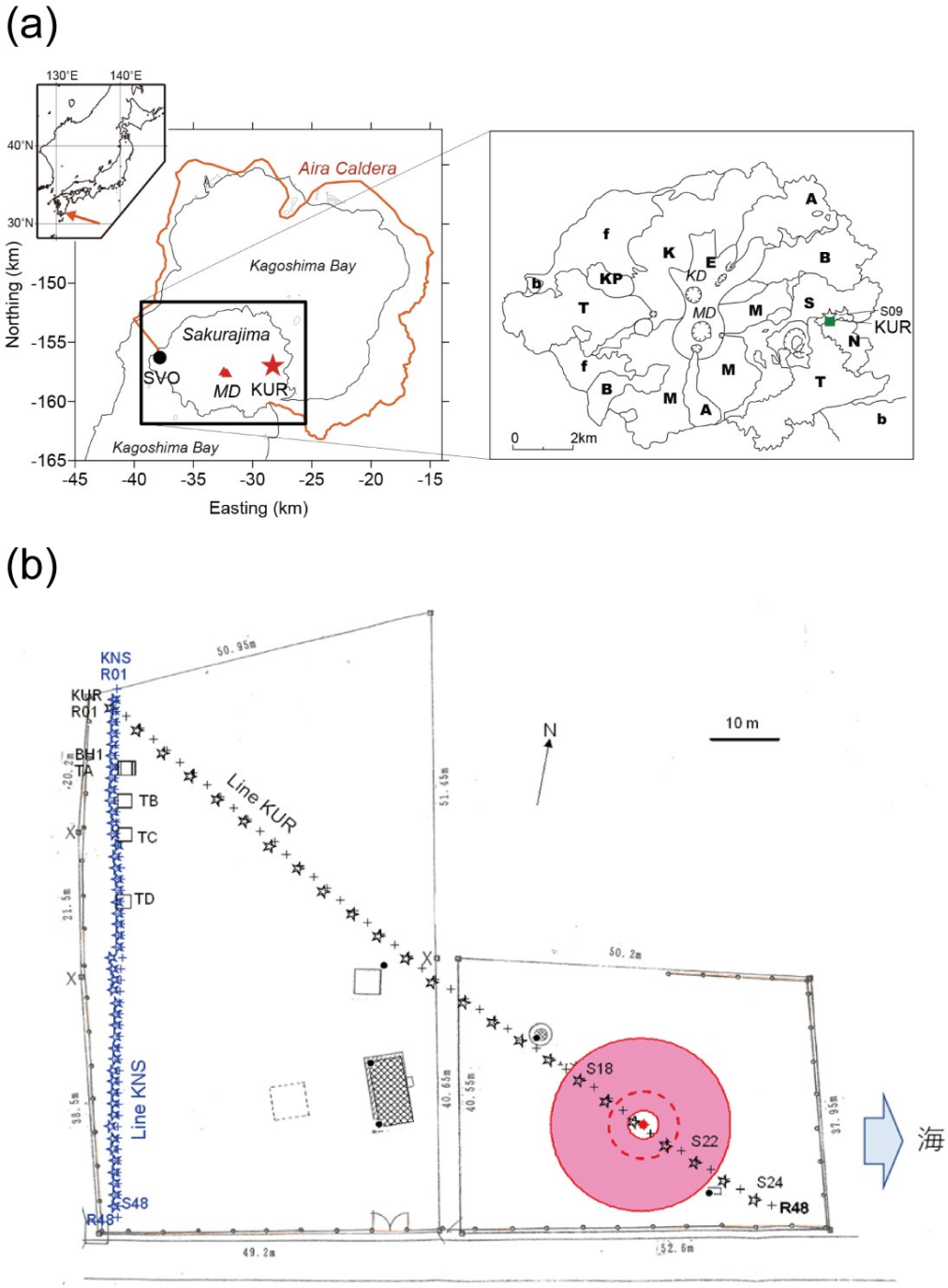

Fig. 1　Kurokami station. a) Location and geology in Sakurajima (After Kobayashi, 1982). Coordinate values are described in domestic UTM coordinate system (origin: 33° 00’ 00” N, 131° 00’ 00” E) in kilometers. KUR and SVO label Kurokami and SVO stations, respectively. The labels indicate the followings; MD: Minamidake summit, KD: Kitadake summit, A: 1779’s lava, B: 1471’s and 1475-76’s lava, E: recent materials, KP: Kitadake parasitic cones, M: Minamidake volcanic rocks, N: 764’s lava, S: 1946’s lava, T: 1914’s lava, f: fan deposit, b: basement rocks. b) The excavation and two seismic lines in the estate of Kurokami station. The crosses and the open stars are the seismic receivers and sources, respectively. Pink solid circle indicates the excavation. Red broken circle is a footprint of the test pit KURP. The box BH1 marks a five-meter borehole, and the boxes TB, TC, and TD are the receiver pits for other seismic experiment. A hatched rectangle is the building.

町塩屋ヶ元集落の西約550mの地点に位置し，東向きの緩斜面上に6,377平米の敷地面積が確保されている(Fig. 1)．黒神観測室が位置する鹿児島市黒神地区は1914年の噴火活動によって当時の集落が降下軽石

によって埋没し壊滅的な損害を被っており（鹿児島県教育委員会, 1988），塩屋ヶ元集落内の腹五社神社の鳥居は当時の降下軽石堆積状況を示す災害遺構（黒神埋没鳥居）として現在も残されている．

黒神地区の背後には火山地形が鮮明な鍋山が存在するが，その噴火年代は不明であった．小林（1982）は黒神南の溶岩上に有史時代の3テフラ層が存在すること，および続日本紀に記された噴火の推移，出現した火山地形の特徴，住民の行動から，鍋山とその前面に広がる溶岩を天平宝字噴火（西暦764～766年）の産物と判断した．鍋山は当時の海岸で発生した水蒸気マグマ噴火で出現したタフコーン（～タフリング）であり，長崎鼻溶岩がその前面の海を埋め立てたと考えた．噴出年代は^{14}C年代（Okuno et al., 1997, 1998）と岩石磁気的研究（宇都ら, 1999 ; 味喜, 1999）から，ともに西暦700年代の半ばという年代が得られ，小林（1982）の推定から約20年を経て，噴火年代が確定した．

黒神観測室構内は西側から連続した斜面の一部を構成している西部構内と，1.3 mほどの段差の下になる東部構内とに分けられる．

西部構内では1980年代に孔中地震観測を目的として300m深のボーリング掘削が行われ（宇都ら, 1999），その後に孔中地震計及び孔中傾斜計が設置されて観測が行われている（井口, 1995）．その後，地震探査発振孔S09（井口ら, 2009; 筒井ら, 2010; 2011; 2013）など複数の掘削が行われており，西部構内の地表付近には1914年噴火によって形成された厚い降下軽石層の存在が知られていた. また味喜(1999)および宇都ら(1999)は300 m深のボーリングで得られたコアの古地磁気測定等から軽石層の下の溶岩層の噴出年代を８世紀頃と推定し，いわゆる長崎鼻溶岩の上に黒神観測室が位置していることを明らかにした．

東側構内では筒井ら(2025)が2023年度にエアガン発振実験を行った．この実験のための試験発振水槽建造の際に地表部の直径が26 m，底部直径が4.3 mの倒立円錐台型のピットKURPが掘削され, 地表面から10 mの深度までの法面に現れた人工的な露頭によって地下に残された歴史時代の大噴火の噴出物を垂直方向に連続的に観察する機会を得た．

桜島火山は，少なくとも約26,000年前に活動を開始し（奥野, 2002），現在までに軽石の噴出を伴う大規模噴火を多数繰り返している（小林, 1986）．歴史時代の大規模噴火としては最古の天平宝字噴火（764年）以降，文明噴火（1471年），安永噴火（1779年）および大正噴火（1914年）が知られており，これらの噴火に伴う軽石層には下位から順にP4～P1テフラの名称が付けられた（小林, 1986）．また，歴史時代の大規模噴火ではいずれも前兆現象, プリニー式噴火, 火砕流噴火, 溶岩流出, 群発地震活動, 噴火後地盤沈降が共通して認められているが（小林・溜池, 2002），各噴火の詳細な推移などについては明らかになっていないことも多い．こうしたことを解明する上で露頭記載は極めて重要な基礎データとなりうる．

さらに発振実験に先立つ2018年には黒神観測室構内を横断して屈折法地震探査が2本の測線で行われており, そのうちの1本が今回掘削された発振水槽を横断していた．地震探査によって得られた地震波速度値は現地の堆積状態における地質構成物のバルク物性を代表する量のひとつであることから，今回の黒神観測室における地質構造との対比は降下軽石層における地震波速度とその特徴の例として重要なデータとなるであろう．さらに地震波速度構造は今後黒神観測室構内を利用する研究における基礎的なデータの一つとなるであろう．

なお，この露頭は試験発振水槽の建造の進行に合わせて順次埋め戻され，本稿執筆時点では直接確認することはできない．掘削によって数十メートルの広がりにわたって連続的に露頭が観察でき，しかもその場所が地震探査測線と一致する機会は希である．この機会に露頭の観察にもとづく地質学的記載と地震探査で得られた地震波速度構造をあわせて本稿で記述して残すことにした．

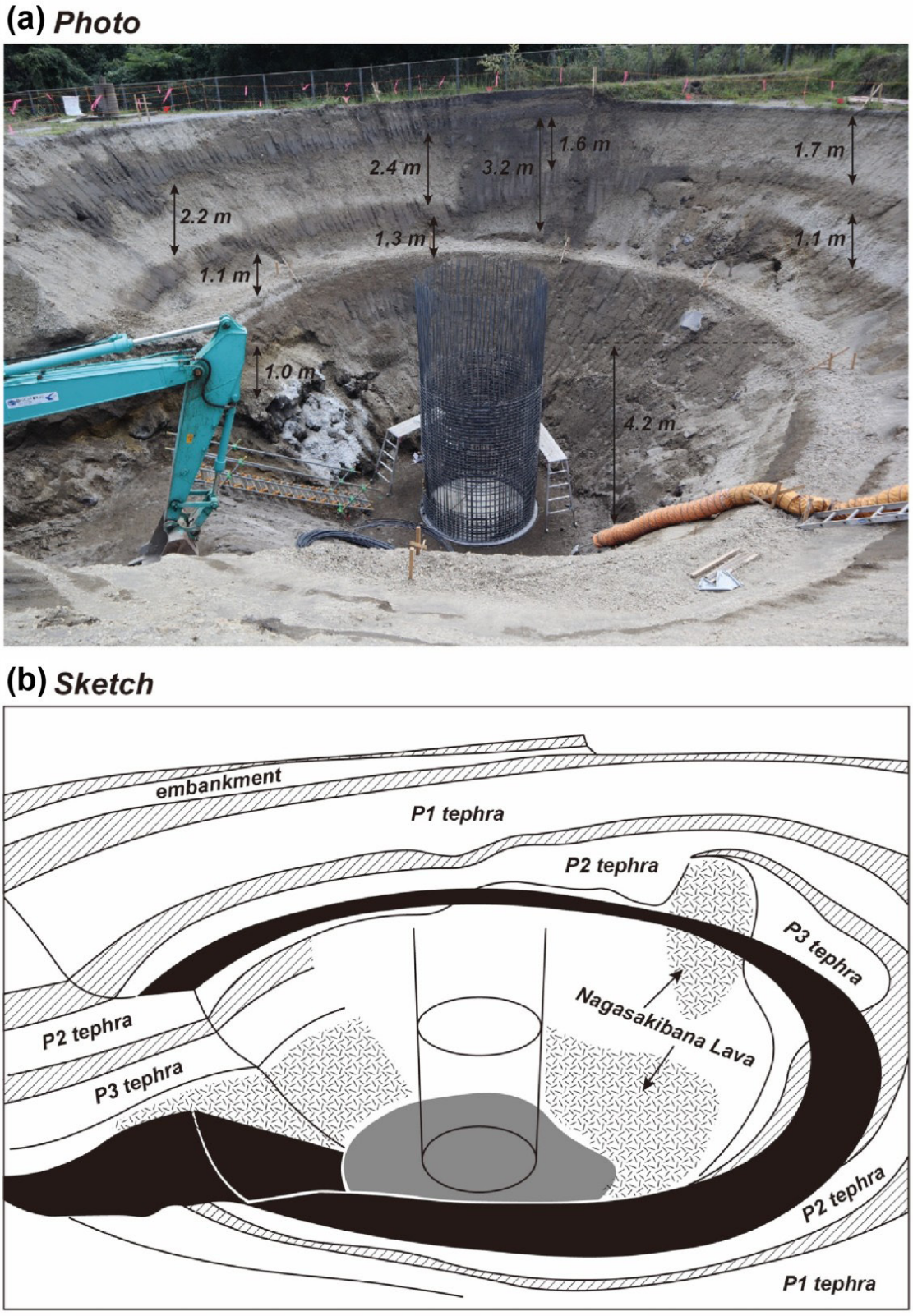

Fig. 2 (a) The excavation hole looking down from the north. The numbers in the photograph indicate heights measured with a leaser rangefinder (Nikon Forestry Pro II J). (b) The sketch of the pit wall in (a).

2.　地質学的構造

ここでは試験発振水槽の掘削時の法面に現れた連続露頭の地質学的記載について述べる．試験発振水槽KURPの建造で掘削された穴は倒立円錐台形状をしており，深さが約9 m（観察時），地表掘削面の直径は約27 mである（Fig. 1b, Fig. 2）．工事の安全管理の観点から地表から5 m深には幅1 mほどの通路が構成されている．

掘削時の法面では最も基底には塊状溶岩が露出し，その上に黒褐色腐食土壌を挟んで軽石層が3枚認められる（Fig. 3）．塊状溶岩は，分布と層準から天平宝字噴火に由来する長崎鼻溶岩である（小林, 1982；小林・他, 2013）．3枚の軽石層は下位から， P3テフラ，P2テフラ，P1テフラである．さらにP1 テフラの上位は本施工以前の土地整理に伴う盛り土に覆われている．露頭柱状図はFig. 4に示すとおりである．以下に本地点のP1～P3テフラの概要を記載する．なお，本地点内でも各テフラの層厚は場所により変化するため，層厚値は代表的な値を採用している．なお法面からの湧水は全く認められなかった．

P1テフラ（大正軽石）は層厚約150 cmの降下軽石層で，中礫サイズの粗粒な灰白色軽石を主体とする下部（層厚約100 cm）と，下部よりやや細粒な軽石を主体とし，黒色岩片に富む上部（層厚約50 cm）に区分することができる（Fig. 3）．Todde et al. (2017) によれば，P1テフラはT1～T4の4つのユニットから構成される．本地点のP 1 テフラ下部は，このうちUnit T1およびUnit T2に相当すると考えられるが，本露頭ではその境界は明瞭でなく顕著な鉛直方向の粒径変化も認められない．基底付近には内部が赤色で高温酸化したと思われる軽石がしばしば見られ，そのような軽石は他の軽石と比べて発泡が良い．また，岩片は黒色と赤色を呈した火山岩が主体で，それらの含有量は上部に向かうにつれて増加する傾向にある．軽石と岩片の最大粒径（最大の軽石・岩片3個の長径の平均値；以下同様）は，それぞれ102 mm，25 mmである．一方，上部はTodde et al. (2017) のUnit T3に相当し，黒色岩片をよく含有する部分とそうではない部分が互層する．そのため，遠望するとUnit T1，Unit T2と異なり縞模様を呈していることがよくわかる（Fig. 3）．黒色岩片はガラス質で光沢のあるものが多い．軽石と岩片の最大粒径は，それぞれ55 mm，25 mmである．P1テフラにのみ，熱変成をうけた堆積岩片（scum and ceramicite：Koto, 1916）の小片が点在する．

P2テフラ（安永軽石）は層厚約100 cmで，全体として中礫サイズの灰白色軽石を主体とする降下軽石

Fig. 3　The cross section of the excavation on north side.

層である．構成粒子の特徴と粒径から3ユニット（下部・中部・上部）に分けられる（Fig. 5a）．下部（層厚約40 cm）では，中心部が高温酸化し赤色を呈する軽石がよく含まれ（Fig. 5b），稀に縞状軽石や暗色軽石が認められる．岩片は赤色のものが目立つが，黒色～灰色の岩片もしばしば含まれる．中部（層厚約30 cm）は，粗粒な灰白色軽石の粒間を埋める径1～2 mmの岩片が多い傾向にあり，やや淘汰が悪い．含まれる岩片の種類は黒色でガラス質のものが主体であるが，赤色のものも少量認められる．また，細礫サイズの軽石も下部・上部と比較すると多い．上部（層厚約30 cm）では，前述のような粒間を埋める岩片や細礫サイズの軽石が再び減少する．岩片は黒色ガラス質のものが多く，赤色のものは稀である．軽石と岩片の最大粒径は，下部でそれぞれ107 mm，27 mm，中部でそれぞれ 68 mm，23 mm，上部でそれぞれ68 mm，22 mmである．

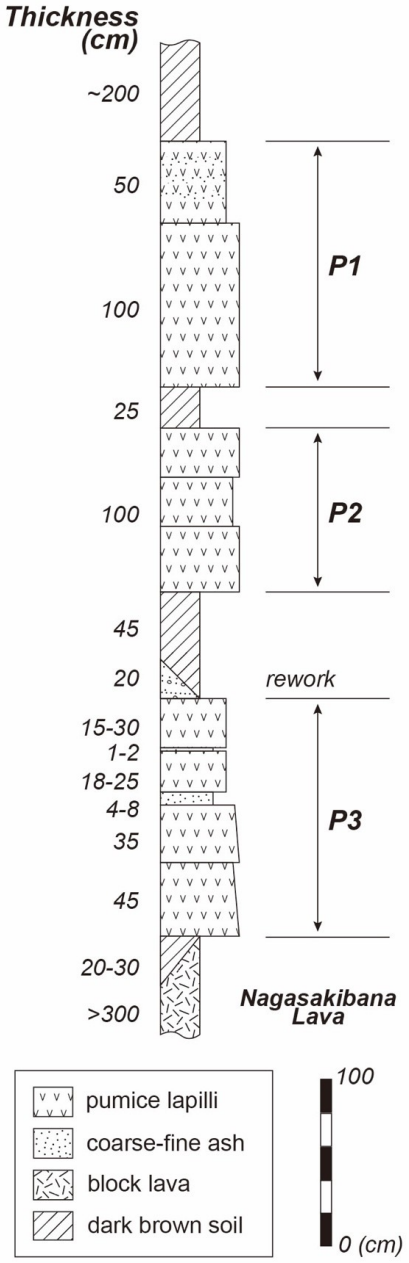

Fig. 4　Schematic stratigraphic column at the excavation KURP.

P3テフラ（文明軽石）は層厚約150 cmで，主として淡黄色で角張った軽石から構成される．P1やP2よりも岩片の含有量は少なく，含まれる岩片は黒色や灰色を呈した火山岩片が大半である．軽石の色調にはバリエーションが見られ，淡黄色軽石の他に灰色軽石や縞状軽石，黒色スコリアも普通に含まれている（Fig. 5c）．また，2枚の薄い火山灰層を挟在するため（Fig. 3, Fig. 5dの白矢印），下位から下部軽石層，下部火山灰層，中部軽石層，上部火山灰層，上部軽石層に区分できる．下部軽石層（層厚約80 cm）は中礫サイズの淡黄色軽石を主体とする淘汰の良い礫支持層である．層内には2回の級化構造が明瞭に認められる．P1やP2と同様に，基底部には高温酸化を受けたと考えられる赤色軽石が散見され，そのような軽石の中心部はよく発泡している．軽石と岩片の最大粒径は，それぞれ108 mm, 30 mmである．下部火山灰層（層厚4 ~ 8 cm）は，淘汰の悪い基質支持層である．岩片は少なく，細礫サイズ以下の軽石片を主体とする．中部軽石層（層厚18 ~ 25 cm）は，下部軽石層より少し細粒な軽石礫からなり，淘汰のやや悪い礫支持層である．軽石と岩片の最大粒径は，それぞれ47 mm, 12 mmである．上部火山灰層（層厚1 ~ 2 cm）は，中粒砂程度の黒色岩片に富み，P3テフラ中で黒い帯のように見える．上部軽石層（層厚15 ~ 30 cm）は，中部軽石層よりさらに細粒で，細礫サイズ以下の軽石片もよく含まれるやや淘汰の悪い礫支持層である．

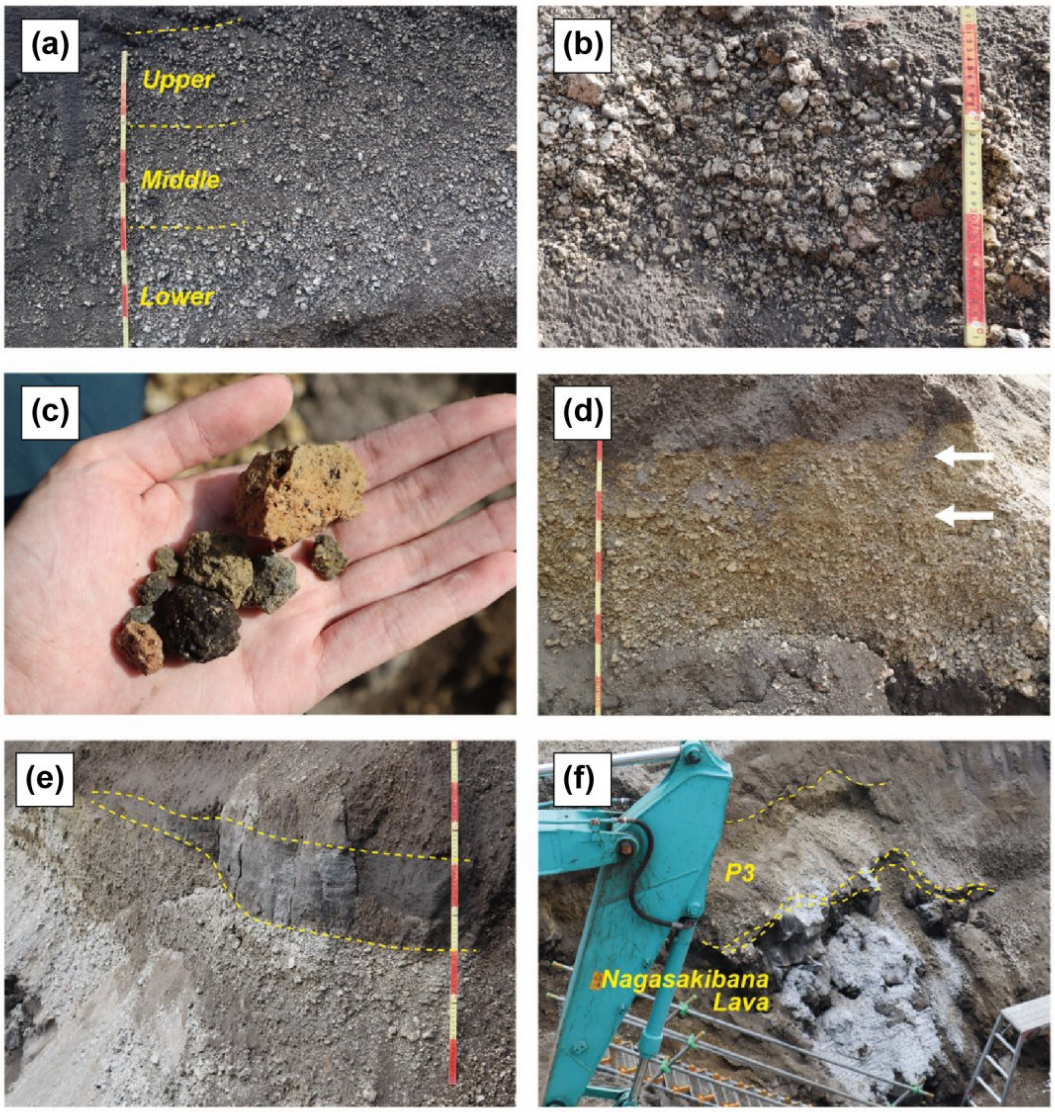

Fig. 5　(a) A close-up view of P2.　(b) Abundant reddish pumices in the base of P2. (c) A variety of pumices in P3. (d) A close-up view of P3. White arrows show ash layers. (e) Coarse sand layer overlying P3.　(f) 769 's lava (Nagasakibana lava) covered by P3. Thickness of P3 is about one meter.

Table 1　The seismic line design

Length	N-S 79.9 m(KNS)/ NW-SE (KUR)122.2 m
Spreading pattern	Split-Spread
Seismic source	Kakeya（Wooden hummer 6 kg）
Shot spacing	1.7 m(KNS)/5.2 m(KUR)
Receiver spacing	1.7 m(KNS)/2.6 m(KUR)
Record length	1 s
Stack	5(KNS)/6～9(KUR)

軽石と岩片の最大粒径は，それぞれ40 mm, 10 mmである．上部軽石層はP3最上位にあるため保存が悪い．この上位には局所的に暗灰色を呈する粗粒砂層が堆積している（Fig. 5e）．しかし，これらはレンズ状に認められ，層内には構成粒子の違いに起因する細かなクロスラミナが発達している．このような特徴から，本堆積物は二次的なものである可能性が高い．なお，P3直下には黒色腐食土を20～30 cmほど挟んで塊状の長崎鼻溶岩が露出する（Fig. 5f）．長崎鼻溶岩の上面は不規則な形状を示しており，露頭西部では岩塊がP3の層位まで突出している（Fig. 2）．

3.　地震波速度構造

次に黒神観測室構内における軽石層の地震波速度を調べることを目的に2018年度に行った屈折法地震探査とその結果について述べる．黒神観測室構内では2018/11/07~08の２日間に南北方向に長さ79.9 m，北西-南東方向に長さ122.2 mの2つの測線で浅層屈折法探査を行っている（Fig. 1b）．以降ではこれらの測線をそれぞれ測線KNSおよび測線KURと呼ぶ．測線KNSの一部は棚田ら(2018)の測線(Fig. 1b: BH, TA～TC)と一致し，測線KURはその東南端S18～S22(R37-R44)で掘削坑KURPを横断していた．

3.1 地震探査の観測

地震探査の使用機材は探鉱器にDAQLink3(Seismic Source社製)を，受振器にSM-11(固有周波数30 Hz, Sensor Nederland製)のものを使用した．振源には木製のかけやを使用した．Table 1に測線KNSおよび測線KURのそれぞれの探査仕様を示す．また，実際の探査の様子をFig. 6　～　8に示す．

3.2　得られたデータとその特徴

測線KNSで得られた記録の例をFig. 9に，KURで得られた記録の例, 特に掘削坑KURPを横断する箇所の

Fig. 6　The shooting.

発振記録をFig. 10に紹介する．

観測波形は発振点の周囲約20 m以内では明瞭な初動が直線的に並ぶのを認めたが，それ以遠では揺らぎの大きい初動到来時刻がより大きな見かけ速度で概ね直線上に並ぶ傾向がある．測線KNSではその傾向が明瞭であるが，測線KURでは後者の到来があまり明瞭ではない．

観測波形の初動の読み取りでは，初動極性の判別が可能なものと初動到来の判別が可能なものを読み取り値として採用した．得られた走時曲線をFig. 11に示す．後述のインバージョン解析ではこの走時を用いた．

KNS測線において高品質の読み取り値の得られたものに対してみかけ速度の推定を行った(Fig. 12 ~ 14).

これらの結果から第1層速度約220~280 m/s，第2層速度が550 ~ 770 m/sであることが示された．また，Fig. 14では発振点に対して左右対称な近傍走時であることから，第一層の速度の横方向変化ほとんど認められないことが示される． さらに第２層走時曲線

Fig. 7　The operation in the line KNS.

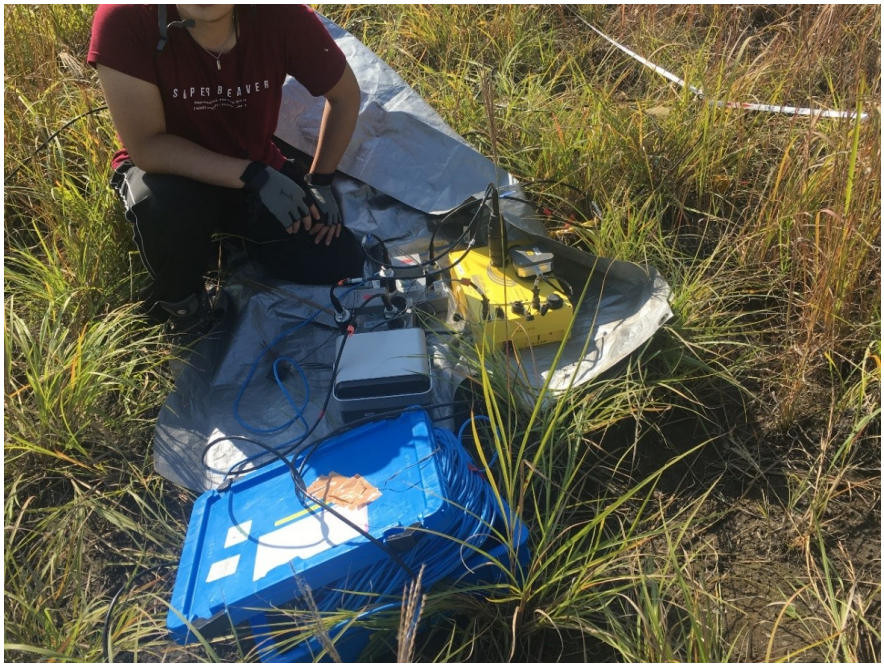

Fig. 8　Seismic data acquisition system DAQ Link 3 in operation.

のインターセプトタイムが30 ~ 40 msであったことから第1層の厚みは6 ~ 7 mであると推測される．

3.3　走時インバージョン解析

商用走時インバージョンソフトウェアRAYFRACT（Intelligent Resources Inc．社）によって，Fig. 11に示された初動走時読み取り値を用いて走時インバージョン解析を行った． RAYFRACTでは理論走時計算にはアイコナール方程式の差分解法によるSmooth Inversionを適用した(Sheehan and Doll, 2005).

測線KNSにおけるSmooth inversionの結果をFig. 15に示す．地表付近で約300 m/s，深さ5 m付近で500 m/s，深さ12 m付近で1000 m/sの速度が求められている点が共通している．さらに，深さ5 m付近では横方向に第2層速度の揺らぎが認められる点も共通している．一方，KUR測線のSmooth inversion結果をFig. 16にしめすが，読み取り数不足のために部分的な構造の推定にとどまった．

２つの測線はともに第2層として500 m/sの層がある．KNS測線に関しては500 m/s層上面の深度は一定しておりおおよそ水平成層構造にしかみえない．一方，KUR測線では第2層の深度変化は著しく測線の南東に向かって第2層が浅くなる傾向が認められる．

これらの結果をFig. 4の柱状図と比較すると以下のように地震波速度と地質が対比される．黒神観測所構内の第1層は厚さ5 ~ 6 mで地震波速度は220 ~ 280 m/sであり速度の側方変化は認められない．これは露頭に現れた地下水を含まない降下軽石層に相当する．先述の連続露頭の観察で3つの降下軽石層が認められたが，地震探査の結果では露頭観察で認められた3つの層は区別できなかった．なおKUR測線のS22～24にかけて地表に400 m/s以上の高速度領域が限定的に現れているが，KUR測線東南端付近の側方にあるコンクリート構造物（光波測距用ピラー）の影響であろう（Fig.1b）．

黒神観測室構内の第2層は最上部で500 ~ 700 m/sであり，その速度は深さとともに増加する傾向がある．地下5 ~ 6 m付近には地震波速度あるいは走時のゆらぎがみとめられ，露頭観察で認められた数メートルサイズの安山岩溶岩塊が分布することによく対応している．黒神観測室構内西端の測線KNSでは第2層上面の標高の変化が少なく，北西~南東に横断する測線KURでは南東に向かって第2層上面が浅くなる傾向がある．長崎鼻溶岩が観測室西方の鍋山付近を源として流下したのであれば，測線KNSの展開方向は流下方向に直交する方向，測線KURのそれは流下方向に斜交する方向と考えられることから，第2層上面の形状は長崎鼻溶岩の流下直後の形状（溶岩じわ等）を反映していると推察される．

4.　まとめ

京都大学防災研究所黒神観測室構内において掘削によって生じた深さ9 mまでの露頭観察による地質記載と掘削前に地震探査による地震波速度構造調査を行った．

露頭観察では掘削底部に現れた長崎鼻溶岩上に黒褐色腐食土壌を挟んだP3～P1テフラが観察された．また長崎鼻溶岩は塊状の産状を示し，その上面深度は3 ～ 7 mの間で不規則に変化していた．露頭におけるP1テフラの代表的な厚さは約150 cm，P2テフラの代表的層厚は約100 cm，P3テフラの代表的層厚は約150 cmであった．P1～P3のそれぞれのテフラ層は岩片混じりの降下軽石から構成され，P1およびP2は灰白色を，P3は淡黄色を呈していた．それぞれの下

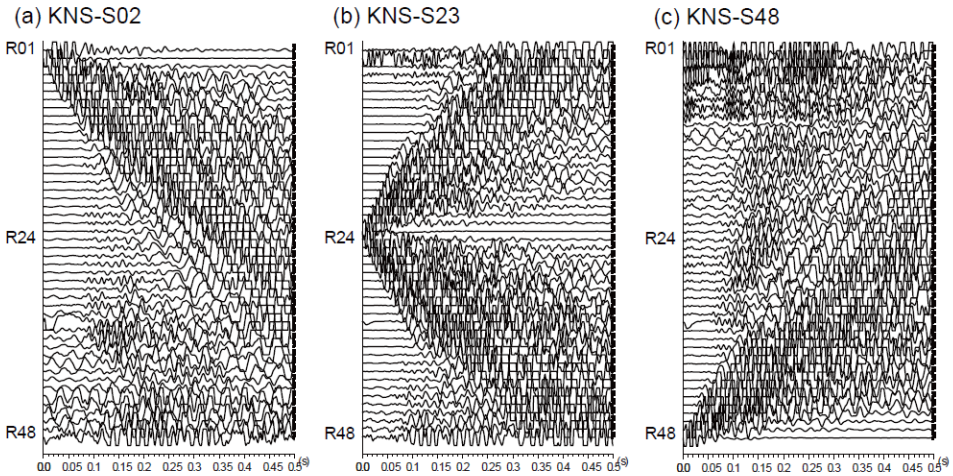

Fig. 9　Filtered shot records along the line KNS with BPF 10 – 100 Hz.

部では共通して中心部がよく発泡した赤色の軽石が産していた．

この露頭を掘削前に横切って行われた地震探査では，２層構造が推定された．観測波形は発振点の周囲約10 m以内では明瞭な初動が直線的に並ぶのを認めたが，それ以遠では揺らぎの大きい初動到来時刻が概ね直線上に並ぶ傾向があった．インバージョン解析の結果，表層は3 ～ 5 mの厚さの 220～280 m/s

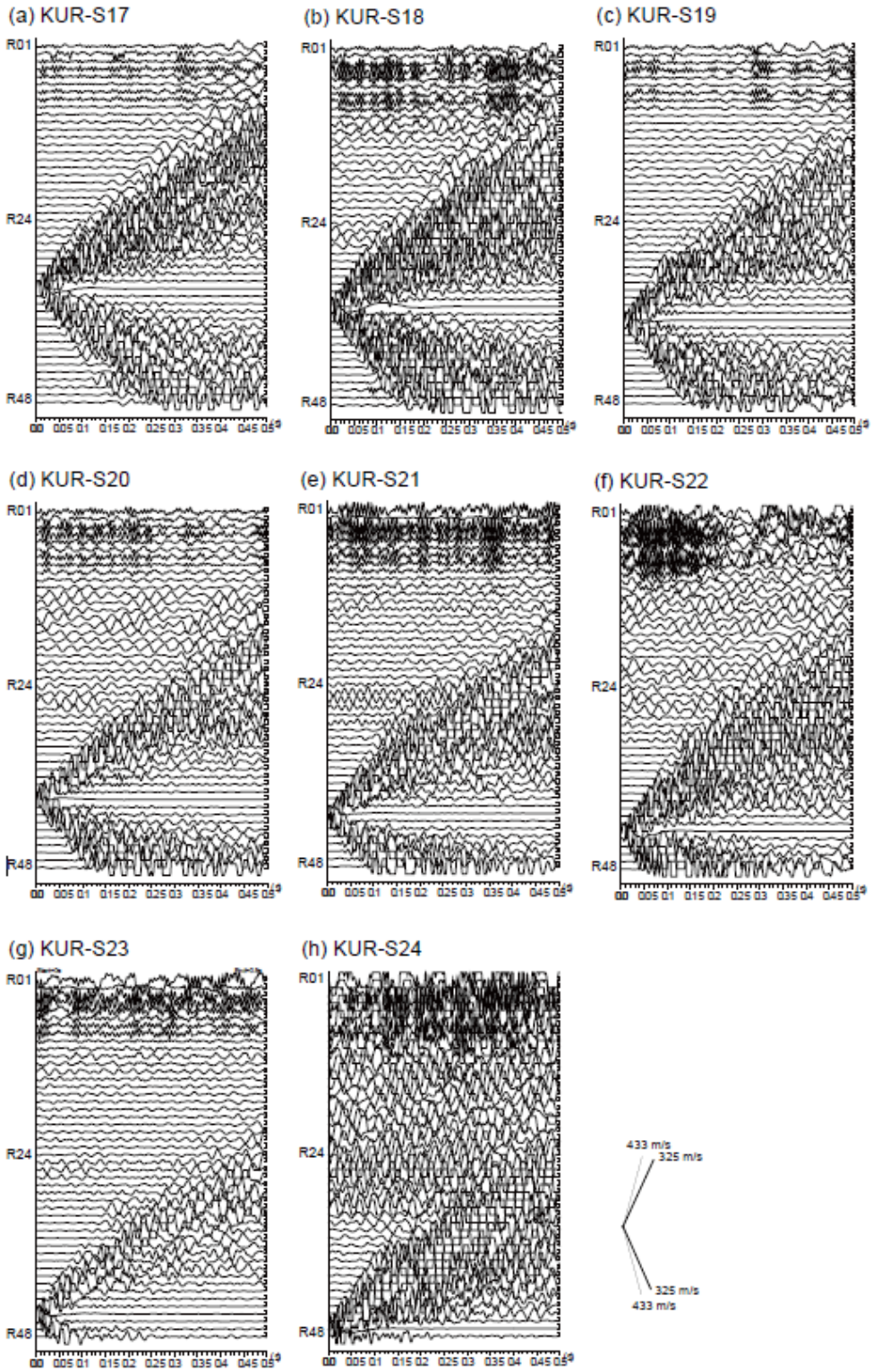

Fig. 10　Filtered shot records across the excavation area KURP along the line KUR with 10-100 Hz BPF.

の速度を示し，その速度の横方向の変化は認められなかった．第2層は上面が不規則で500 m/sの速度を示した．第2層の地震波速度は深さとともに増大すると考えられる．黒神観測室構内西端の地震探査測線では第2層上面の標高の変化が少なく，北西~南東に横断する地震探査測線では南東に向かって第2層上面が浅くなる傾向がある．

露頭観察から地震波速度構造の第1層は先述の降下軽石層に相当すると考えられるが，地震波速度構造だけでは露頭に現れたP1～P3およびそれに挟在する土壌層の区別はできなかった．地震波速度構造の第2層は先述の降下軽石層等に覆われている長崎鼻溶岩上部の塊状溶岩層に相当すると考えられる．この第2層上面の大局的な形状は長崎鼻溶岩の流下直後の表面形状を反映している可能性がある．

謝　辞

本稿の地質学的記載は，黒神観測室構内の掘削工事にともなって出現した露頭を木尾竜也氏（当時熊本大学大学院自然科学教育部在籍中）が下司信夫氏（当時産業総合研究所）とともに観察を行いまとめたものである．掘削工事の経費は令和5年度原子力規制庁委託研究費に拠るものである．また地震波速度構造の調査は筒井が前任の秋田大学在職中に多田悠也氏（当時秋田大学国際資源学部在籍中）と菅原瑠一氏（当時秋田大学大学院国際資源学研究科在籍中）とともに実施し，多田悠也氏によって平成30年度秋田大学国際資源学部卒業論文としてまとめられたものをもとにしている．株式会社村山組は掘削中の調査に便宜を図っていただいたうえに黒神観測室構内の水槽位置の測量を行い結果を提供していただいた．また，宮町宏樹氏（鹿児島大学理工学研究科）には地震探査の際の宿泊費のサポートをいただいた．ここに記して謝意を表します．

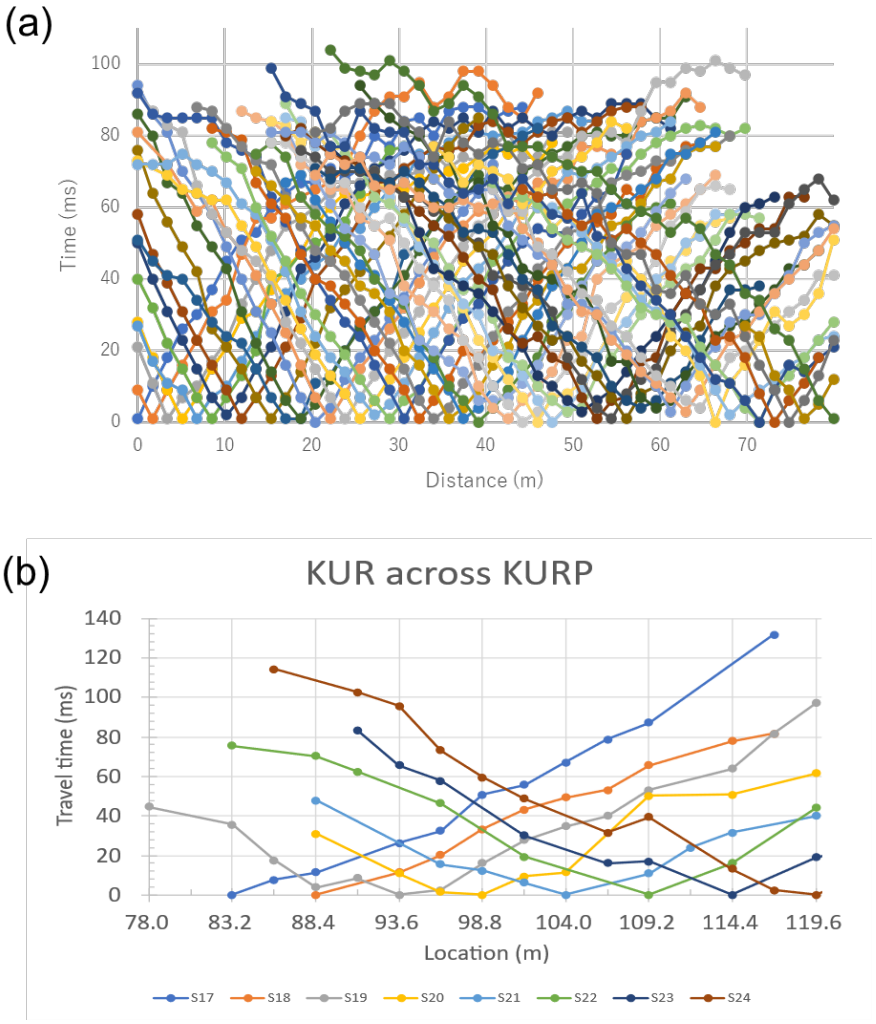

Fig. 11　Travel time curves. a) Line KNS.　b) Line KUR in the excavation zone. Good quality picks were plotted.

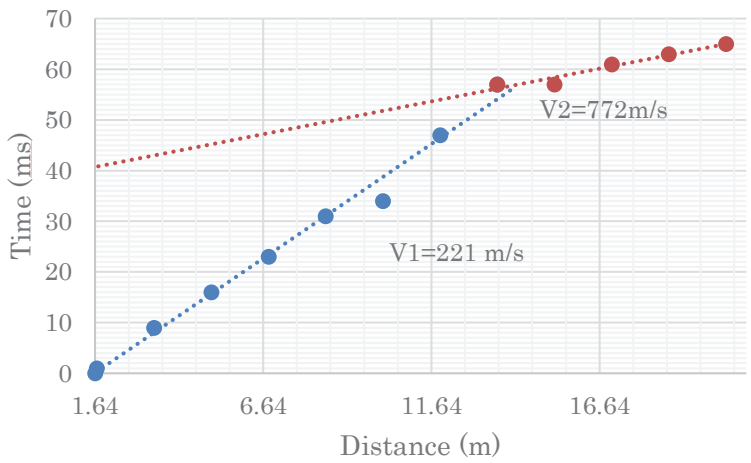

Fig. 12　Travel time curve from the shot at 1.7 m.

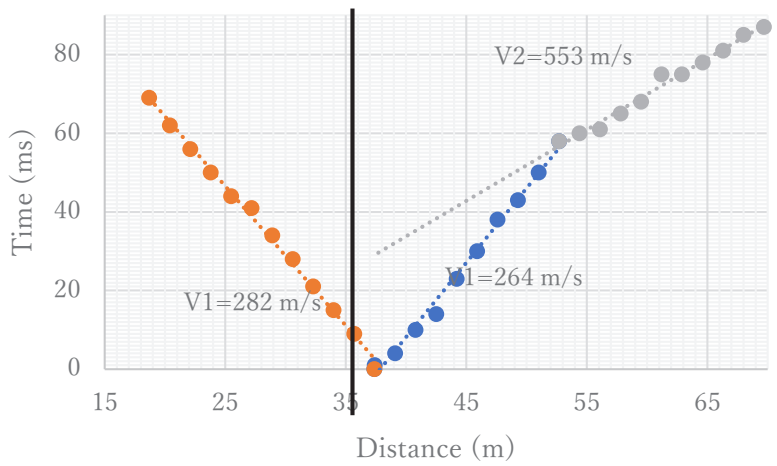

Fig. 13　Travel time curve from the shot at 37 m.

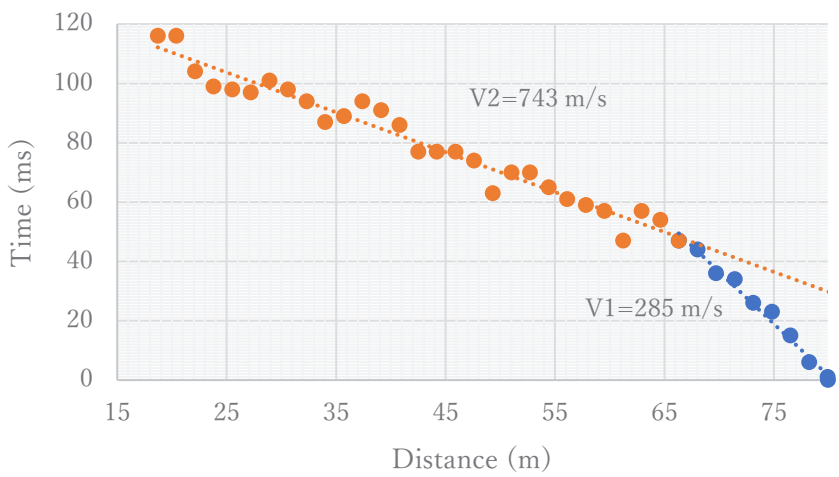

Fig. 14　Travel time curve from the shot at 79 m.

参考文献

井口正人・為栗健・山本圭吾・他80名 (2009): 2008年桜島人工地震探査の目的と実施，防災研究所年報，52B, pp. 293 - 307.

井口正人 (1995): 火山性地震のメカニズムとその発生の場の解明にむけて，火山, 40, pp. S47 - S57.

宇都浩三，味喜大介，内海茂・石原和弘 (1999): 桜島火山ボーリングコアのK-Ar年代と古地磁気測定．京都大学防災研究所年報, 42, pp. 27 – 34.

奥野 充 (2002): 南九州に分布する最近約3万年間のテフラの年代学的研究．火山，41，pp. 225 - 236.

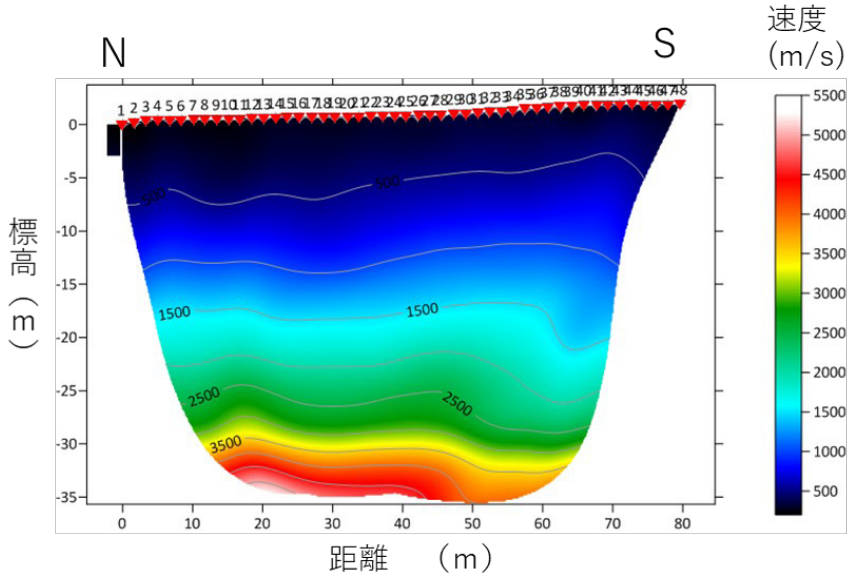

Fig. 15 Velocity structure in the line KNS as a result of smooth inversion in RAYFRACT. The shot points are red triangles. Gray diamonds are the receivers.

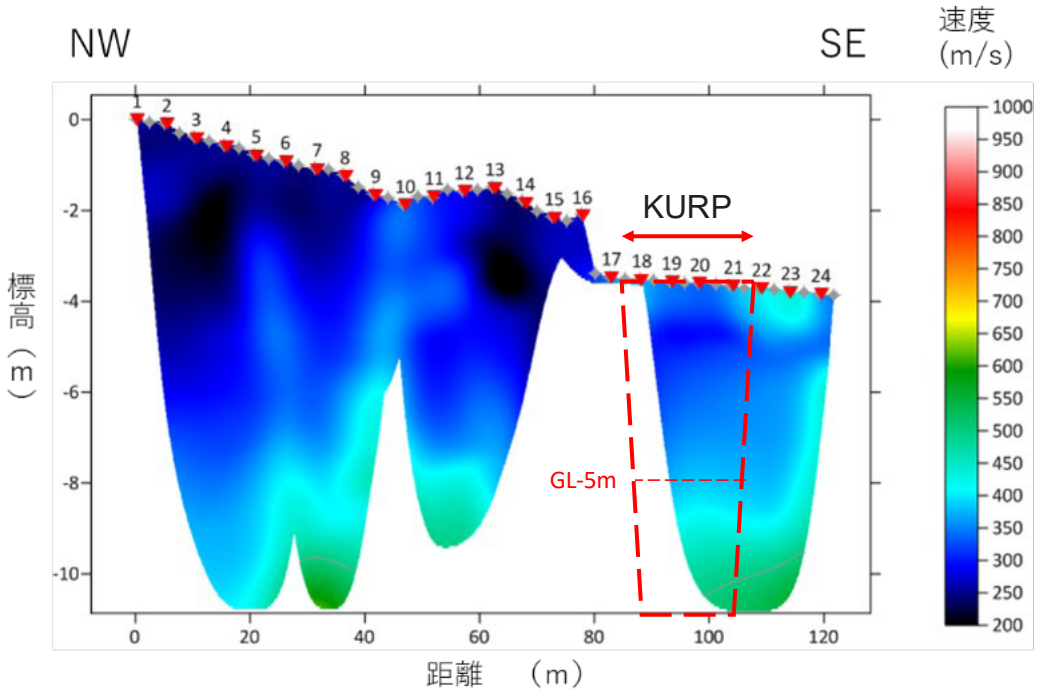

Fig. 16 Velocity structure beneath the line KUR as a result of the smooth inversion in RAYFRACT. The excavation for KURP in indicated a broken red trapezoid. The shot points are red triangles. Gray diamonds are the receivers

https://doi.org/10.4116/jaqua.41.225
鹿児島県教育委員会 (1988): 鹿児島国際火山会議開催記念　大正三年桜島大噴火写真集，鹿児島県立博物館編，63pp.
小林哲夫 (1982): 桜島火山の地質 ： これまでの研究の成果と今後の課題．火山，27，pp. 277 - 292. https://doi.org/10.18940/kazanc.27.4_277
小林哲夫 (1986): 桜島火山の形成史と火砕流．文部省科学研究費自然災害特別研究，計画研究「火山噴火に伴う乾燥粉体流(火砕流等)の特質と災害」（課題番号A-61-1，代表者：荒牧重雄）研究成果報告書，pp. 137 - 163.
小林哲夫・溜池俊彦 (2002): 桜島火山の噴火史と火山災害の歴史．第四紀研究，41，pp. 269 - 278. https://doi.org/10.4116/jaqua.41.269
小林哲夫・味喜大介・佐々木　寿・井口正人・山元孝広・宇都浩三 (2013): 桜島火山地質図（第2版）．産業技術総合研究所地質調査総合センター.
棚田嘉博・井口正人・山本圭吾・中道治久・森田裕一 (2018): 第37回計測自動制御学会九州支部学術講演会，2018.11.23-24 琉球大学　101-A1
筒井智樹・井口正人・為栗　健・他35名 (2013): 桜島火山における反復地震探査（2012年観測），京都大学防災研究所年報, 56B, pp. 207 - 220.
筒井智樹・井口正人・為栗　健・他33名 (2011): 桜島火山における反復地震探査（2010年観測），京都大学防災研究所年報, 54B, pp. 195 - 208.
筒井智樹・井口正人・為栗　健・他33名 (2010): 桜島火山における反復地震探査（一回目），京都大学防災研究所年報, 53B, pp. 241 - 259.
筒井智樹・加藤政史・澤田壮一郎・井口正人 (2025)：黒神観測室構内における水槽内エアガン発振実験－長期連続反射法基礎実験（第3回目）－，京都大学防災研究所年報, 68B，投稿中.
味喜大介 (1999):古地磁気方位・強度測定による桜島の溶岩流の年代推定．火山，44，pp. 111 - 122.
Koto, B. (1916): The great eruption of Sakura-jima in 1914. Journal of the College of Science, Imperial University of Tokyo, 38, pp. 1 - 237.
Okuno, M., Nakamura, T., Moriwaki, H., and Kobayashi, T. (1997): AMS Radiocarbon dating of the Sakurajima tephra group, southern Kyushu, Japan. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, B123, pp. 470 - 474.
Okuno, M., Nakamura, T., and Kobayashi, T. (1998): AMS 14C dating of historic eruptions of the Kirishima, Sakurajima and Kaimondake volcanoes, southern Kyushu, Japan. Radiocarbon, 42, pp. 825 - 832.
Todde, A., Cioni, R., Pistolesi, M., Geshi, N., and Bonadonna, D. (2017): The 1914 Taisho eruption of Sakurajima volcano: stratigraphy and dynamics of the largest explosive event in Japan during the twentieth century. Bull. Volcanol. 79(10), 72. https://doi.org/10.1007/s00445-017-1154 .4

（論文受理日：2025年8月29日）