



美浜発電所、高浜発電所及び大飯発電所 原子炉設置変更許可申請

【大山生竹テフラの噴出規模見直しに係る
指摘事項への回答について】

－資料集－

関西電力株式会社

2020年6月19日



資料1: 地理的領域内(160km)に分布する第四紀火山の活動性評価……………p2-31

資料2: 敷地及びその周辺での地質調査結果に関する検討…………… p32-39

資料3: Tephra2バグに伴う追加検討……………p40-79

資料4: 噴出源が同定できない降下火砕物に関する補足資料……………p80-83

資料5: 降下火砕物の粒度に関する補足資料……………p84-89

資料6: DNPの噴出規模の算出に関する降灰層厚情報の補足資料…………… p90-148

資料7: DNP等層厚線図面積の検証について…………… p149-152

資料8: 防災科学技術研究所による地震波速度構造モデルについて…………… p153-157

資料9: 既往文献による降下火砕物の体積算出方法の概要について…………… p158-160

資料10: 敷地におけるDNP降下火砕物の密度について …………… p161-162

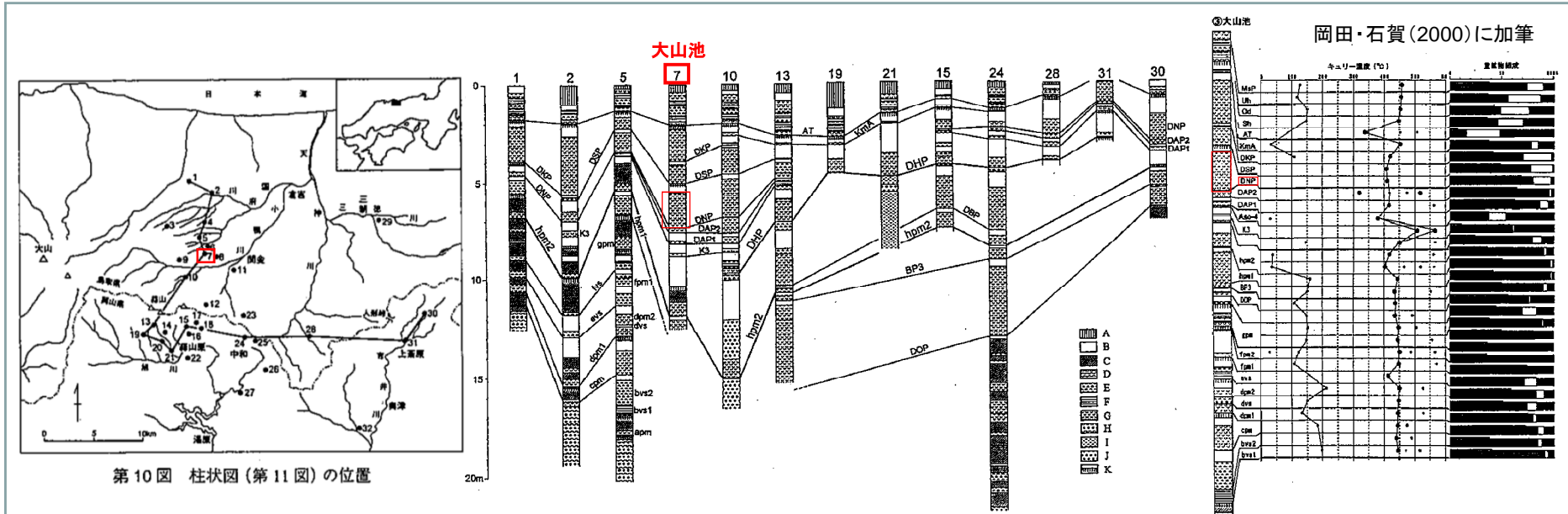
資料11: 降下火砕物シミュレーションの妥当性の検証について ……………p163-165

今回、ご説明
(P2-77)

資料6: DNPの噴出規模の算出に関する降灰層厚情報の補足資料

鳥取県倉吉市 大山池地点

山元(2017)で引用している文献の記載内容



第10図 柱状図(第11図)の位置

第11図 大山東麓から岡山県北部にかけての露頭柱状対比図(凡例は第2図および第5図)

第13図 関金町大山池で見られるテフラの総合柱状図と各テフラの分析結果(DNPより下位の層準は普段は水没している)

岡田・石賀(2000):大山テフラ より抜粋

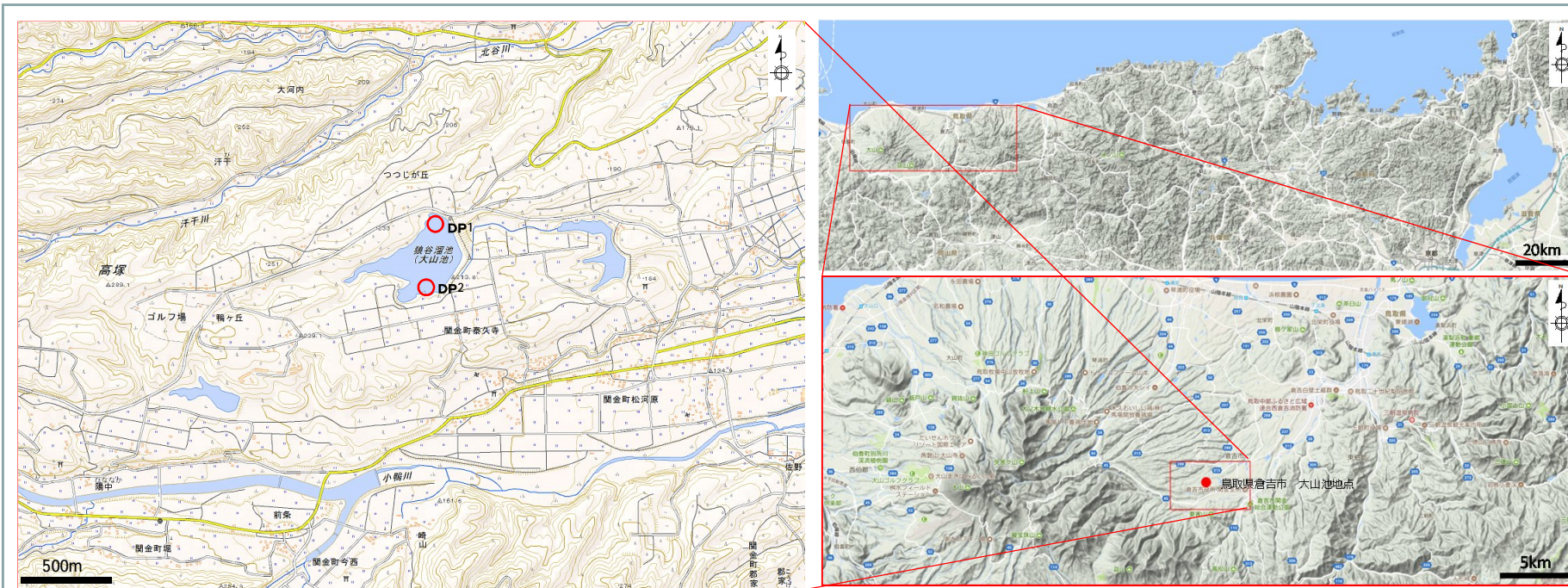
- ・岡田・石賀(2000)によると大山池は人工のため池で、ここには上部テフラから最下部テフラまでの多くの層準がそろっており、大きく構成の異なる鳥取県側と岡山県側の最下部テフラを対比する上で本露頭の存在は重要であると示されている。
- ・上記文献の露頭柱状対比図よりLoc.7(大山池)におけるDNPの層厚は、170cm~200cm程度と示されている。
- ・再堆積などの堆積状況についての記載はない。

Step 3 (関金町大山池)

大山池は人工のため池で、維持・管理のために毎年9月末から10月はじめにかけて水を抜くのが地元の行事になっている。水が抜かれて水位が下がると、普段は水没している多くのテフラが露出して観察できるようになる。本見学旅行当日にはかなり水位が下がっているものと予想される。

ここでは、第13図に示すように上部テフラから最下部テフラまで多くの層準がそろっている。下部テフラの大山荒田軽石1(DAP1)の直下には阿蘇-4火山灰(Aso-4)があり、条件が良ければ肉眼的にも識別できる場合がある。最下部テフラは、大山東麓に分布するほとんどの層準がそろっているが、gpmとhpm1の間にある軽石層は、岡山県側に主に分布する大山奥津軽石(DOP)とBP3軽石に対比できる可能性が強い。大きく構成の異なる鳥取県側と岡山県側の最下部テフラを対比する上で、本露頭の存在は重要である。

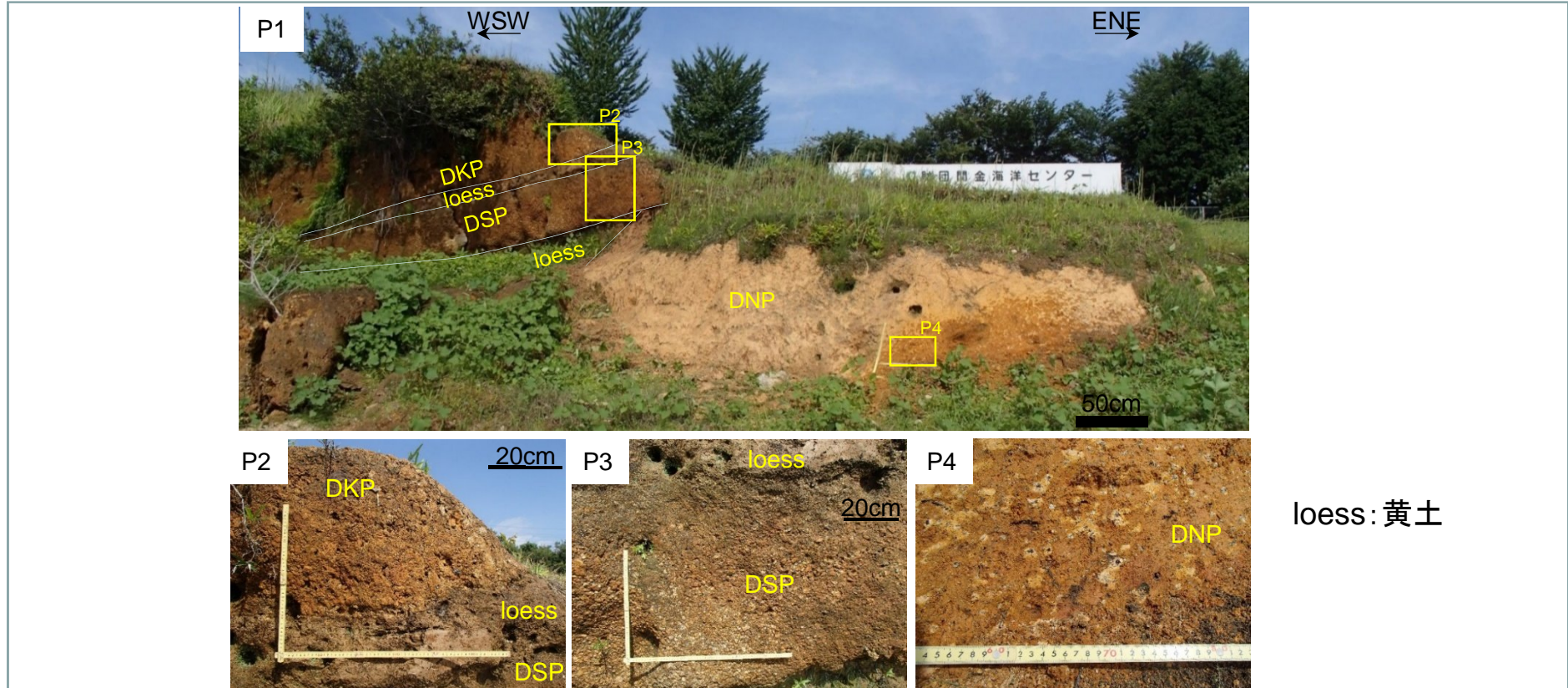
1. 1 地形、地質的な特徴



出典：地図データ@2017Google,ZENRINに加筆

- ・大山より東へ約16kmの地点の大山山麓に位置している。
- ・大山池周辺は平坦地形を成しており、田畑が広がっている。

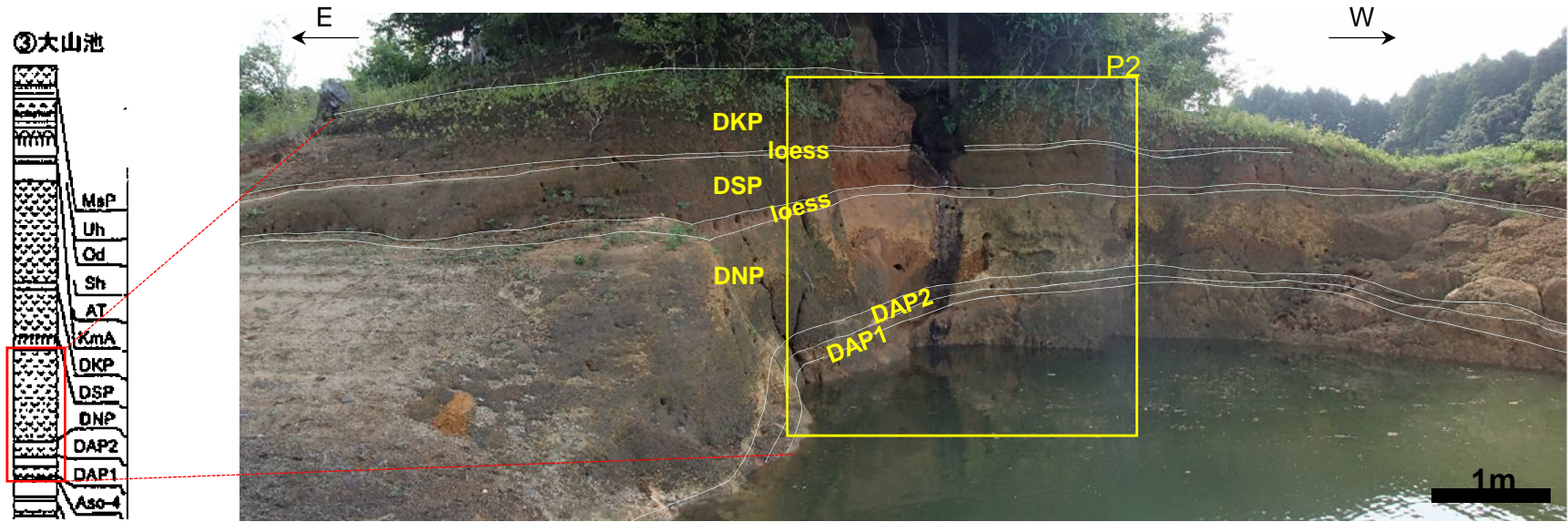
1.2 現地状況(写真) 大山池(DP1)



【調査結果】

- ・大山池北岸露頭(DP1)では、下位から順にDNP、DSP、DKPを確認した。
- ・いずれも黄褐色を呈する粗粒軽石質火山灰であり、各テフラ層の間には数10cmの黄土が挟在していることを確認した。
- ・DNP、DSP、DKPはいずれもメートルオーダーの層厚を有し、DNPの層厚は上位2層の火山灰層に比べやや厚い層を呈していた。
- ・DNPは変質により粘土化し、他のものよりも淡い褐色を呈していた。

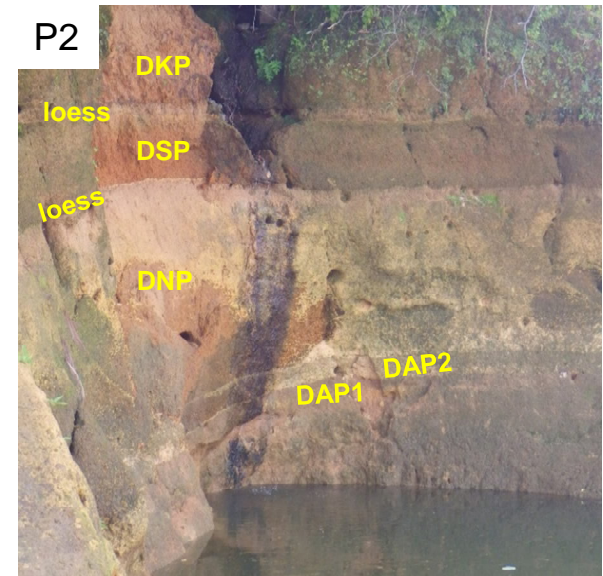
1.2 現地状況(写真) 大山池(DP2)



岡田・石賀(2000)より

【調査結果】

- ・大山池南岸露頭(DP2)では、下位から順にDAP1、DAP2、DNP、DSP、DKPを確認した。
- ・いずれも黄褐色を呈する粗粒軽石質火山灰からなり、各テフラの層間には数10cmの黄土が挟在していた。
- ・DNPの層厚は上位2層の火山灰層に比べやや厚く、層厚は2m程度であった。
- ・DNPは変質により粘土化し、他のものよりも淡い褐色を呈していた。



兵庫県養父市 大屋地点

山元(2017)で引用している文献の記載内容

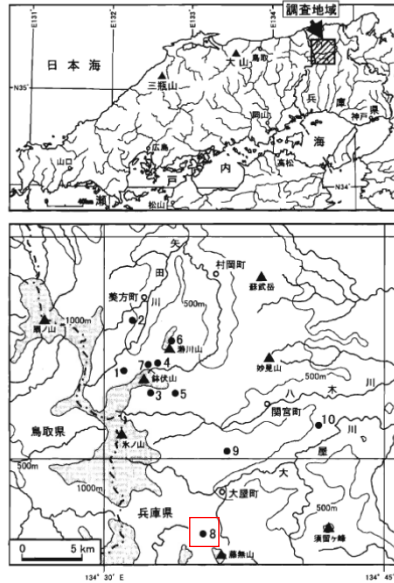


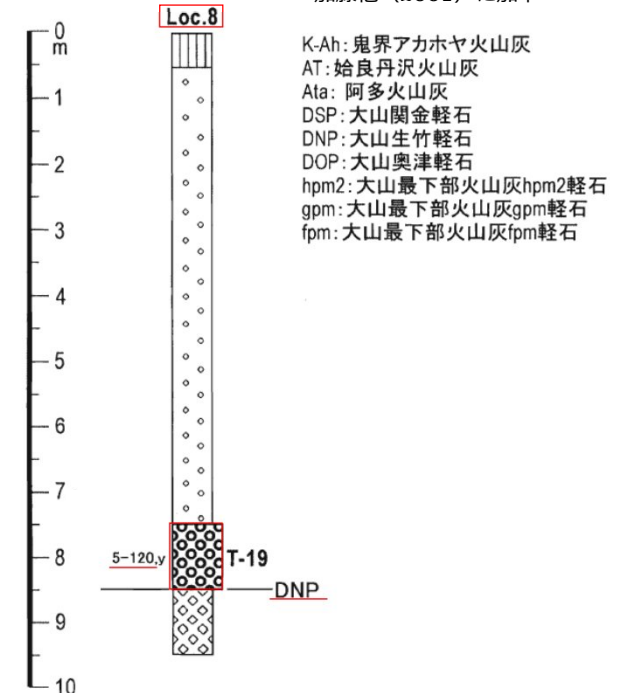
図1 調査地域と記載した第四紀テフラ露頭の位置

ところが、当地域は山地が大半を占め、テフラが保存されやすい丘陵や河岸段丘などの比較的平坦な地形の発達が悪いことから、これまでにテフラ層序の研究がなされていなかった。こうした山地域にあって、鉢伏山周辺地域（図1）には後期鮮新世～中期更新世に噴出した溶岩流台地（Furuyama et al., 1993；先山ほか，1995）が残存し、第四紀のテフラが保存されやすい平坦面や窪地を提供している。これらの溶岩流台地周辺には地滑り・崩壊地が多数分布し、地滑りブロック背後の凹地や崩壊土砂の平坦な堆積面は、溶岩流台地上の平坦面や窪地と並び、テフラの保存に好適な場所となっている。したがって、本地域に九州の火山起源の広域テフラや大山火山起源のテフラが保存されている可能性は高いと予想される。

加藤他(2001):兵庫県北西部・鉢伏山周辺地域の第四紀後期テフラ層序
—大山火山起源のテフラを中心として— より抜粋

- ・加藤他(2001)によると鉢伏山周辺地域には、後期鮮新世～中期更新世に噴出した溶岩流台地が残存し、これらの溶岩流台地周辺には地滑り、崩壊地が多数分布すると示されている。
- ・Loc.8(大屋町大屋スキー場)では、層厚5cm～120cmのDNPが示されている。
- ・再堆積などの堆積状況についての記載はない。

加藤他(2001)に加筆



K-Ah: 鬼界アカホヤ火山灰
AT: 始良丹沢火山灰
Ata: 阿多火山灰
DSP: 大山関金軽石
DNP: 大山生竹軽石
DOP: 大山奥津軽石
hpm2: 大山最下部火山灰hpm2軽石
gpm: 大山最下部火山灰gpm軽石
fpm: 大山最下部火山灰fpm軽石



図2 調査地点におけるテフラ柱状図
露頭の位置は図1を参照。柱状図左には、記載テフラの層厚(単位はcm)と色調(y:黄色, yb:黄褐色, yg:黄灰色, ygb:黄灰褐色, gb:灰褐色, lb:明褐色, lyb:明黄褐色, w:白色, yw:黄白色)を記した。

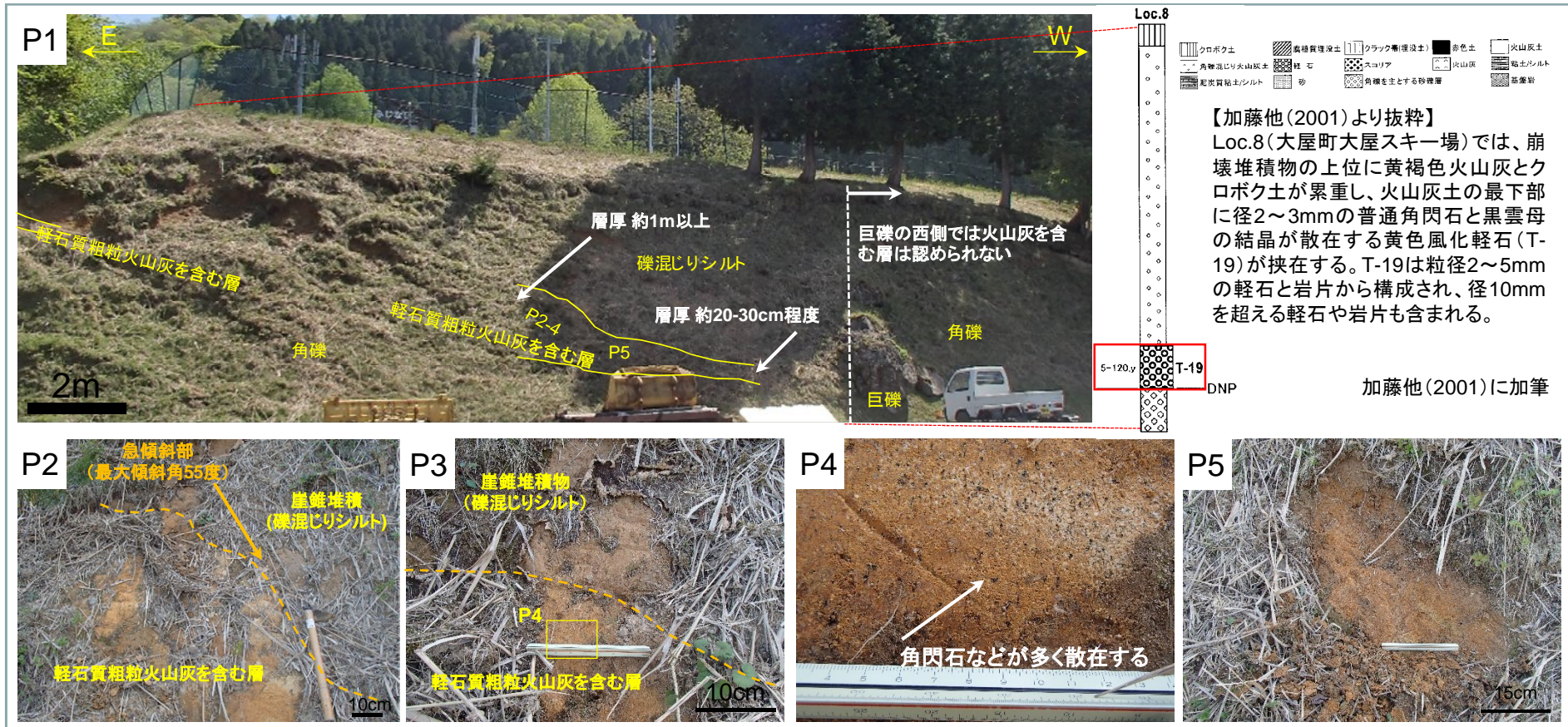
Loc.8(大屋町大屋スキー場)では、崩壊堆積物の上位に黄褐色火山灰土とクロボク土が累重し、火山灰土の最下部に径2～3mmの普通角閃石と黒雲母の結晶が散在する黄色風化軽石(T-19)が挟在する。T-19は粒径2～5mmの軽石と岩片から構成され、径10mmを超える軽石や岩片も含まれる。

2.1 地形、地質的な特徴



- ・大屋地点は崖錐性堆積物が見られる山腹に位置しており、崩壊により形成されたと考えられる角礫層が分布していることを現地において確認した。

2.2 現地状況(写真) 大屋スキー場(OY1)

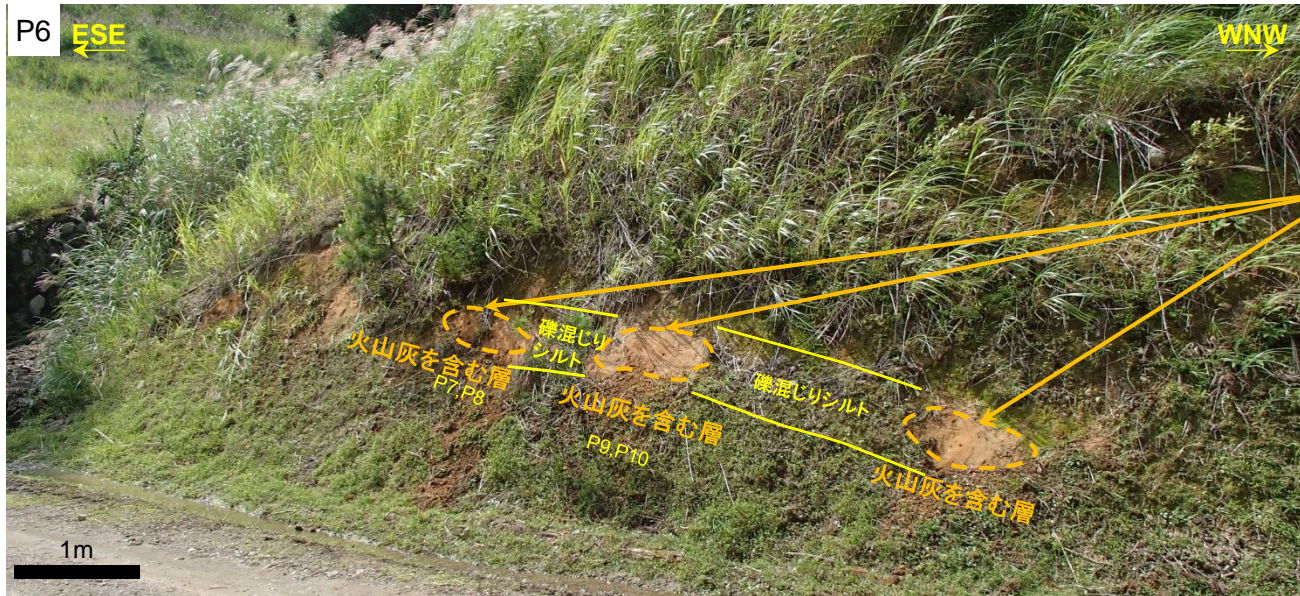


【調査結果】

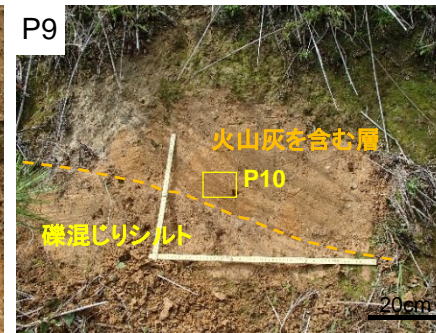
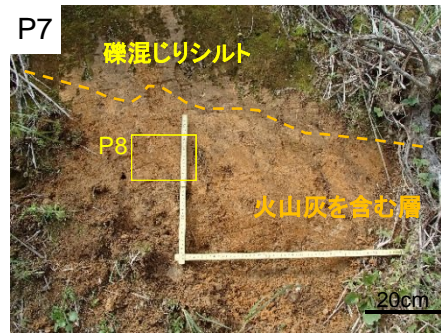
- ・加藤他(2001)によるLoc.8は、山腹にある崖錐斜面の切土法面に位置する。
- ・切土法面は、角礫を主体とする礫質な崩壊堆積物からなり、礫混じりシルトからなる被覆層が崩壊堆積物を覆っていた。
- ・切土法面には巨礫があり、その東側では火山灰を含む層が堆積しているのに対し、巨礫の西側ではそのような層は認められなかった。
- ・東側にある火山灰を含む層は、角礫層と礫混じりシルト層の境界付近に傾斜(最大傾斜角55度)して狭在していた(P2、P3)。
- ・火山灰を含む層の層厚は一定でなく、西側端部(巨礫付近)で20cm~30cm程度であり、東に向かい層厚は厚くなり、1m以上あることを確認した。
- ・火山灰を含む層は黄褐色を呈する軽石質粗粒火山灰からなり、角閃石などが多く散在していた(P4、P5)。

2.2 現地状況(写真)

大屋スキー場(OY2)



軽石質粗粒火山灰を含む層がレンズ状に点在している



【調査結果】

- ・加藤他(2001)によるLoc.8露頭の約150m南西の道路法面においても火山灰を含む層を確認した。
- ・この火山灰を含む層は細礫を含む淡褐色シルト中に層厚20~50cmの黄褐色の軽石質粗粒のものであり、一様な層構造を形成しておらず、連続性も認められなかった。

2.3 考察

1. 地質学、地形学的見地からの特徴

- ・加藤他(2001)によると鉢伏山周辺地域には、後期鮮新世～中期更新世に噴火した溶岩流台地が残存し、これらの溶岩流台地周辺には地滑り、崩壊地が多数分布すると示されている。
- ・現地調査の結果、大屋地点は崖錐性堆積物が見られる山腹に位置しており、崩壊により形成されたと考えられる角礫層が分布していることを確認した。

2. 火山灰を含む層の観察結果

【露頭OY1】

- ・露頭OY1では巨礫を含む角礫を主体とする礫質な崩壊堆積物からなる切土法面に火山灰を含む層を確認した。
- ・その東側では火山灰を含む層が堆積しているのに対し、巨礫の西側ではそのような層は認められなかった。
- ・火山灰を含む層の層厚は一定でなく、数10cm～1m以上あることを確認した。
- ・火山灰を含む層は黄褐色を呈する軽石質粗粒火山灰からなり、角閃石などが多く散在していた。

【露頭OY2】

- ・露頭OY2では火山灰を含む層を確認したが、この層は細礫を含む淡褐色シルト中に層厚20～50cmの黄褐色の軽石質粗粒のものであり、一様な層構造を形成しておらず、連続性も認められなかった。

対象となる火山灰を含む層は降灰層厚として評価できない。

兵庫県香美町 瀨川山地点

既往文献の記載内容

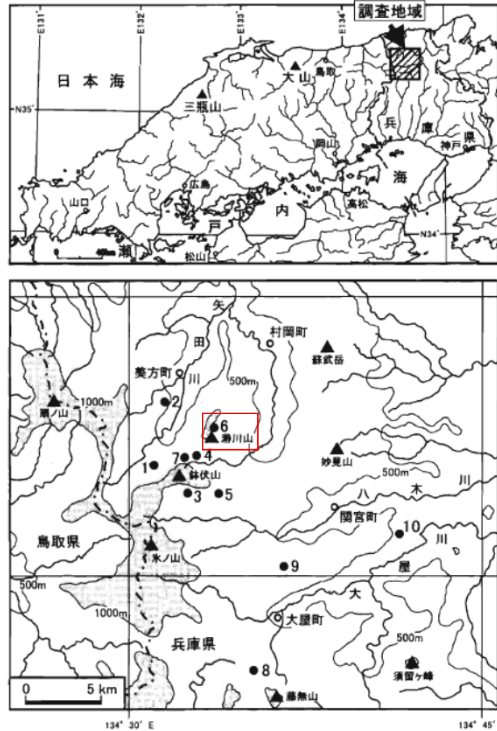


図1 調査地域と記載した第四紀テフラ露頭の位置

ところが、当地域は山地が大半を占め、テフラが保存されやすい丘陵や河岸段丘などの比較的平坦な地形の発達が悪いことから、これまでにテフラ層序の研究がなされていなかった。こうした山地域にあって、鉢伏山周辺地域 (図1) には後期鮮新世～中期更新世に噴出した溶岩流台地 (Furuyama et al., 1993; 先山ほか, 1995) が残存し、第四紀のテフラが保存されやすい平坦面や窪地を提供している。これらの溶岩流台地周辺には地滑り・崩壊地が多数分布し、地滑りブロック背後の凹地や崩壊土砂の平坦な堆積面は、溶岩流台地上の平坦面や窪地と並び、テフラの保存に好適な場所となっている。したがって、本地域に九州の火山起源の広域テフラや大山火山起源のテフラが保存されている可能性は高いと予想される。

加藤他(2001):兵庫県北西部・鉢伏山周辺地域の第四紀後期テフラ層序
—大山火山起源のテフラを中心として— より抜粋

- ・加藤他(2001)によると鉢伏山周辺地域には、後期鮮新世～中期更新世に噴出した溶岩流台地が残存し、第四紀のテフラが保存されやすい平坦面や窪地を提供していると示されている。
- ・Loc.6(村岡町瀨川山)では、層厚5cm～10cmのDNPが示されている。
- ・再堆積などの堆積状況についての記載はない。

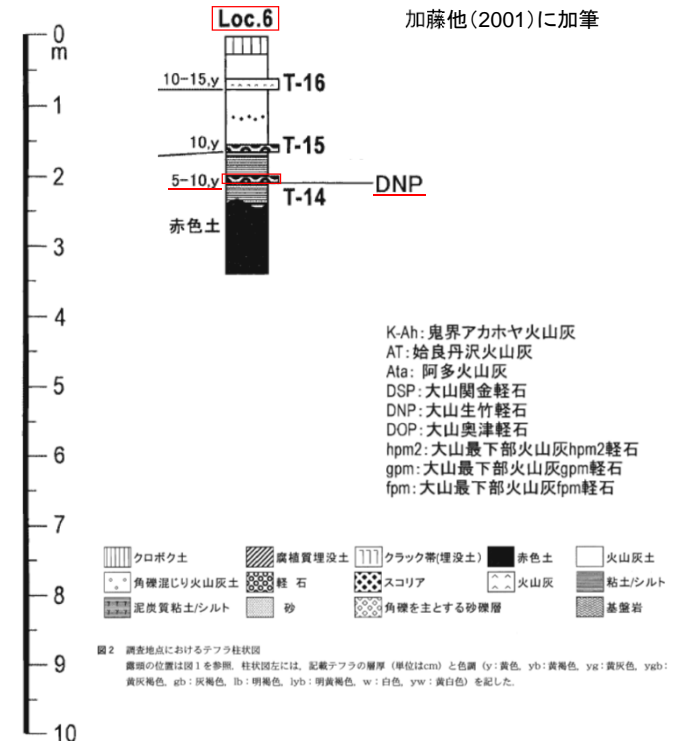


図2 調査地点におけるテフラ柱状図
露頭の位置は図1を参照。柱状図左には、記載テフラの層厚(単位はcm)と色調(y:黄色、yb:黄褐色、yg:黄灰色、ygb:黄灰褐色、gb:灰褐色、lb:明褐色、lyb:明黄褐色、w:白色、yw:黄白色)を記した。

Loc.6(村岡町瀨川山)は、瀨川山の山頂部に広がる溶岩流台地上に位置する。ここでは、赤色土を不整合に覆う粘土に黄褐色風化軽石(T-14)がパッチ状に挟在する。T-14は粒径1～4mmの軽石と岩片から構成され、径1～2mmの普通角閃石と黒雲母の結晶が散在する。粘土の上位には黄褐色火山灰土とクロボク土が累重し、火山灰土の最下部に黄色風化軽石(T-15)が、上部に黄色細粒火山灰(T-16)が、それぞれ挟在する。T-15はT-14より細粒で、粒径1～3mmの軽石と岩片から構成され、径1mm程度の普通角閃石と黒雲母の結晶が散在する。

3.1 地形、地質的な特徴



出典：地図データ@2017Google,ZENRINに加筆

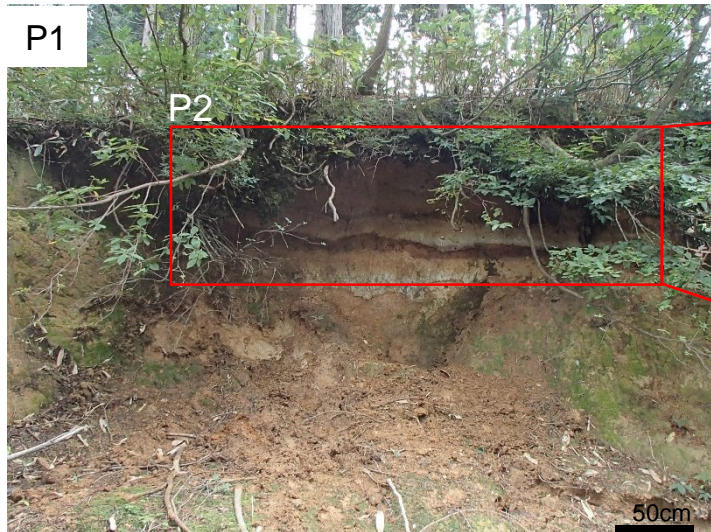


出典：国土地理院地図 地図・空中写真閲覧サービスに加筆

- ・瀨川山地点は瀨川山山頂部の平坦な台地に位置しており、ほぼ水平に層を成している湿地堆積物層が分布していることを現地において確認した。

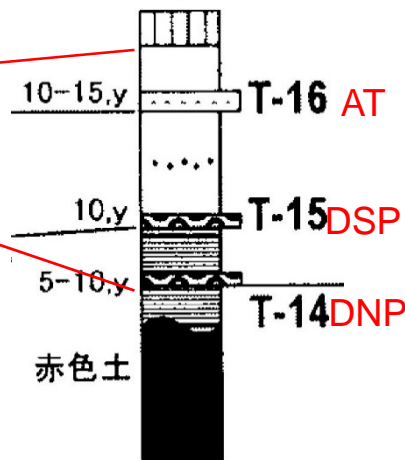
3.2 現地状況(写真)

P1



P2

Loc.6



P3

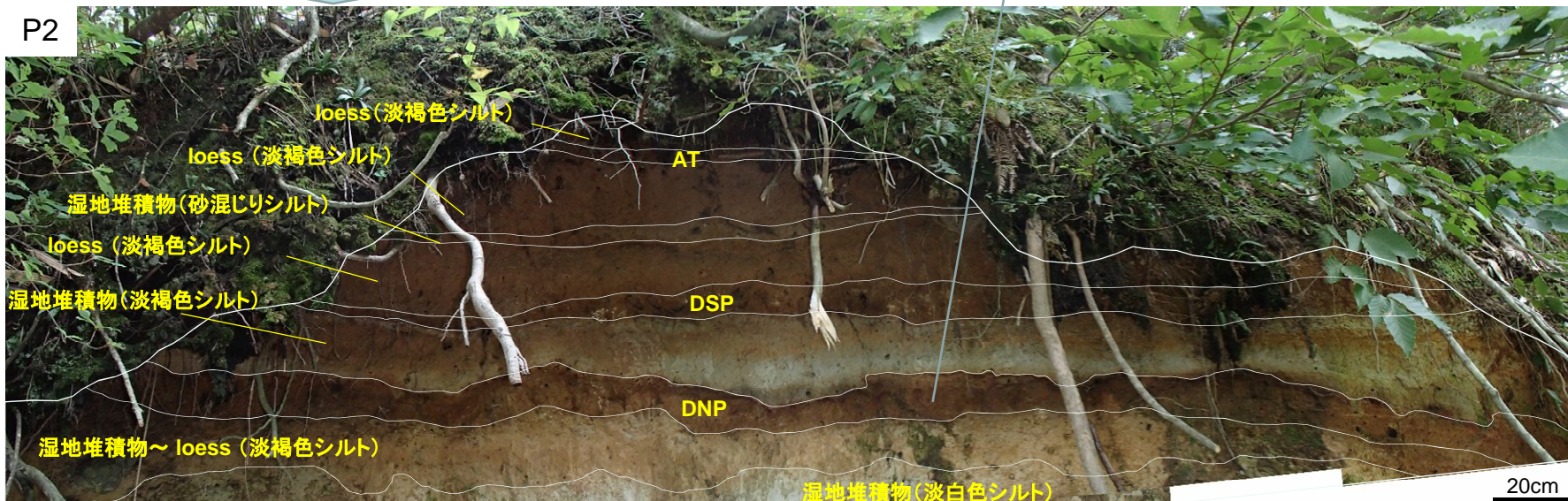


黒色の重鉱物を多く含み、径数mmのパミスが散在する粗粒火山灰が肉眼で認められた。

拡大写真

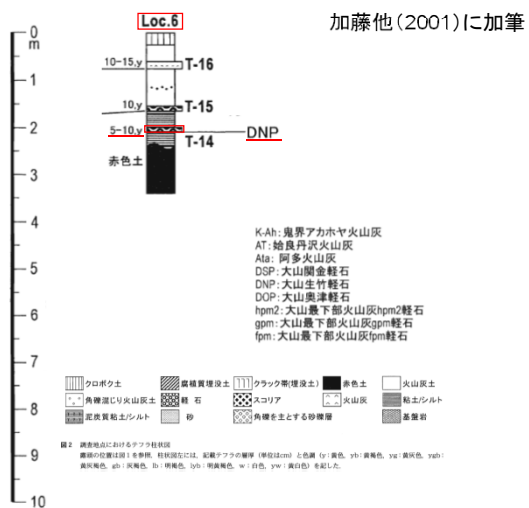
加藤他(2001)に加筆

P2



【瀨川山の文献との整合確認について】

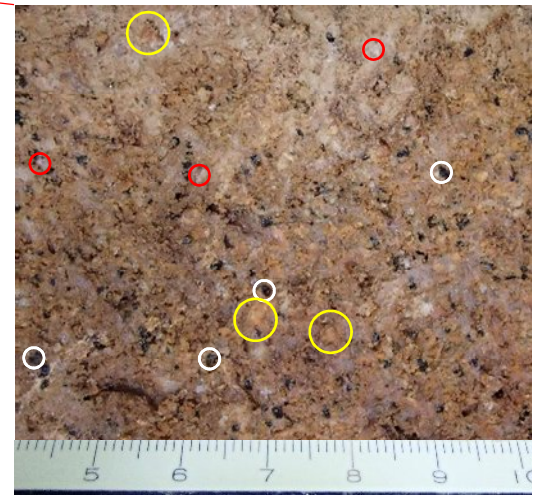
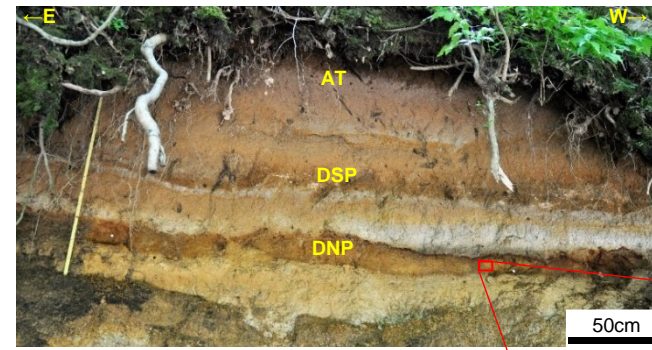
既往文献の記載内容



Loc.6 (村岡町瀨川山) は、瀨川山の山頂部に広がる溶岩流台地上に位置する。ここでは、赤色土を不整合に覆う粘土に黄褐色風化軽石 (T-14) がパッチ状に挟在する。T-14は粒径1~4mmの軽石と岩片から構成され、径1~2mmの普通角閃石と黒雲母の結晶が散在する。粘土の上位には黄褐色火山灰土とクロボク土が累重し、火山灰土の最下部に黄色風化軽石 (T-15) が、上部に黄色細粒火山灰 (T-16) が、それぞれ挟在する。T-15はT-14より細粒で、粒径1~3mmの軽石と岩片から構成され、径1mm程度の普通角閃石と黒雲母の結晶が散在する。

現地調査の結果

現地露頭写真



・加藤他(2001)によるとDNPには、粒径1~4mmの軽石と岩片から構成され、径1~2mmの普通角閃石と黒雲母の結晶が散在すると示されるが、現地調査を実施した結果、5mm以下の軽石と2mm以下の岩片、角閃石が散在していることを確認した。

・現地調査の結果(前回までの報告書も含む)と既往文献に記載される内容に不整合は見られない。

3.2 現地状況(写真)

【調査結果】

- ・調査地点は瀨川山の標高900-1,000mにおいて北東－南西に延びる山頂小起伏面に位置しており、その露頭法面では湿地堆積物や黄土質な堆積物に挟まれた3層の火山灰層を確認した。
- ・加藤他(2001)は岩相や岩石記載的特徴に基づき、3層の火山灰層を上位から順に、始良Tnテフラ(AT)、大山関金軽石(DSP)、大山生竹軽石(DNP)としており、確認した3層の火山灰層は加藤他(2001)のものと同じものであると推察される。
- ・この3層の一部である加藤他(2001)でDNPとされている層は層厚10～15cmの褐色を呈する軽石質粗粒火山灰層で、径1mm以下の角閃石を多く含み、径1～5mmの軽石が見られた。層は連続しており、大屋地点に比べて層厚の変化が小さいことを確認した。

3.3 考察

1. 地質学、地形学的見地からの特徴

- ・加藤他(2001)によると鉢伏山周辺地域には、後期鮮新世～中期更新世に噴火した溶岩流台地が残存し、第四紀のテフラが保存されやすい平坦面や窪地があると示されている。
- ・現地調査の結果、瀨川山地点は瀨川山山頂部の平坦な台地に位置しており、ほぼ水平に層を成している湿地堆積物層が分布していることを確認した。

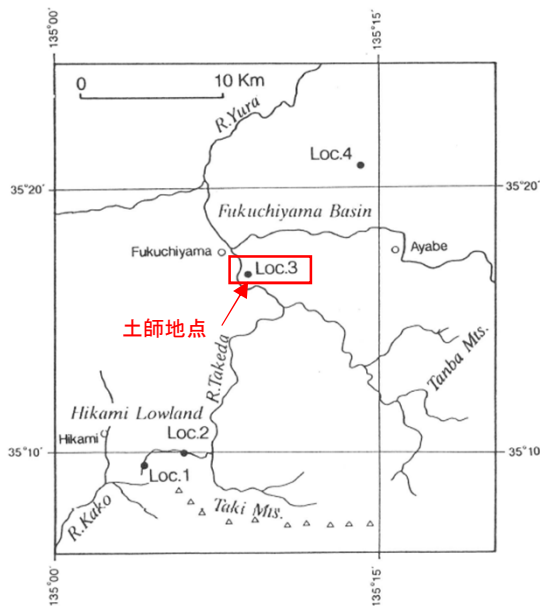
2. 火山灰層の観察結果

- ・調査地点は瀨川山の標高900-1,000mにおいて北東－南西に延びる山頂小起伏面に位置しており、その露頭法面では湿地堆積物や黄土質な堆積物に挟まれた3層の火山灰層を確認した。
- ・本調査で確認した3層の火山灰層は加藤他(2001)のものと同一のものであると推察される。
- ・この3層のうちDNPと思われる層は層厚10～15cmの褐色を呈する軽石質粗粒火山灰層で、径1mm以下の角閃石を多く含み、径1～5mmの軽石が見られた。
- ・このDNPの層は連続しており、大屋地点に比べて層厚の変化が小さいことを確認した。

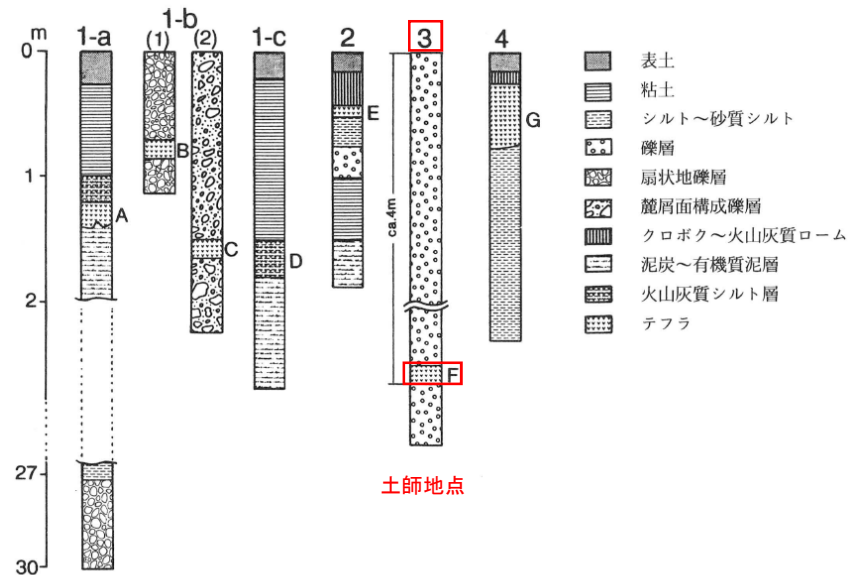
対象となる火山灰層に再堆積であるような特徴は確認できず、降灰層厚として評価できると考えられる。

京都府福知山市 土師地点

山元(2017)で引用している文献の記載内容



第1図 露頭位置図



第3図 柱状図

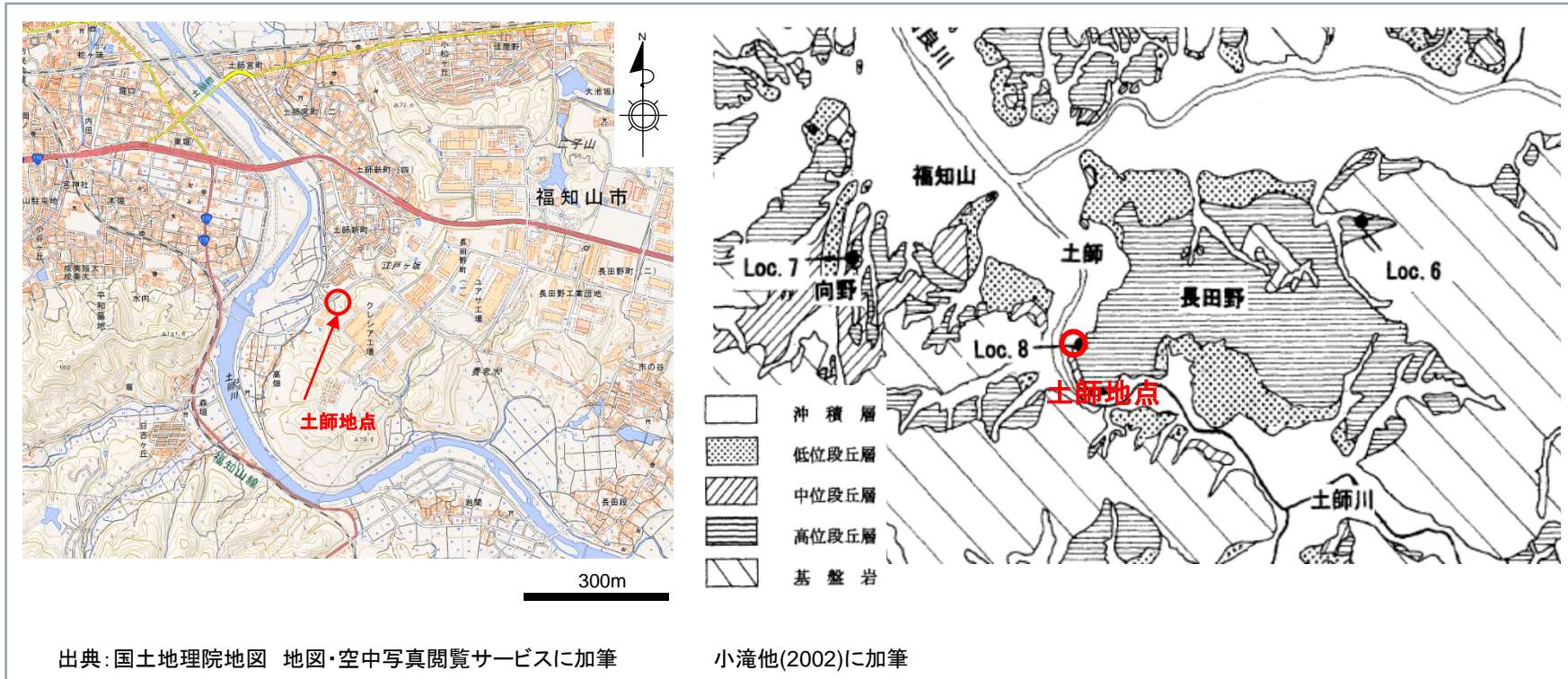
野村(1994)に加筆

(3) 福知山市土師：道路新設により出現し、井上(1984)が最初に報告した露頭 (Loc. 3)。露頭は長田野面の段丘崖下に位置する。ここにはコブル礫を主とする段丘礫層があり、礫層中の標高36～38m²⁾に、最大層厚50cmで、レンズ状に挟まれた、灰黄赤色の軽石 (テフラF) がある。このテフラは10°傾いて堆積し、横方向へは、局所的に欠如する。テフラ中には最大径3mmの軽石を含むほか、細礫を含んでいる。この軽石の上位・下位の堆積物は泥質のマトリックスにとむ、チャート礫を主とした亜円～円礫よりなる礫層である。

- ・野村(1994)によるとLoc.3(土師)では、段丘礫層中に最大層厚50cmのDNPがレンズ状に挟まれていると示されている。
- ・土師地点の地質はコブル礫を主とする段丘礫層であり、露頭法面の堆積物は泥質のマトリックスに富み、チャート礫を主とした亜円～円礫よりなる礫層である。

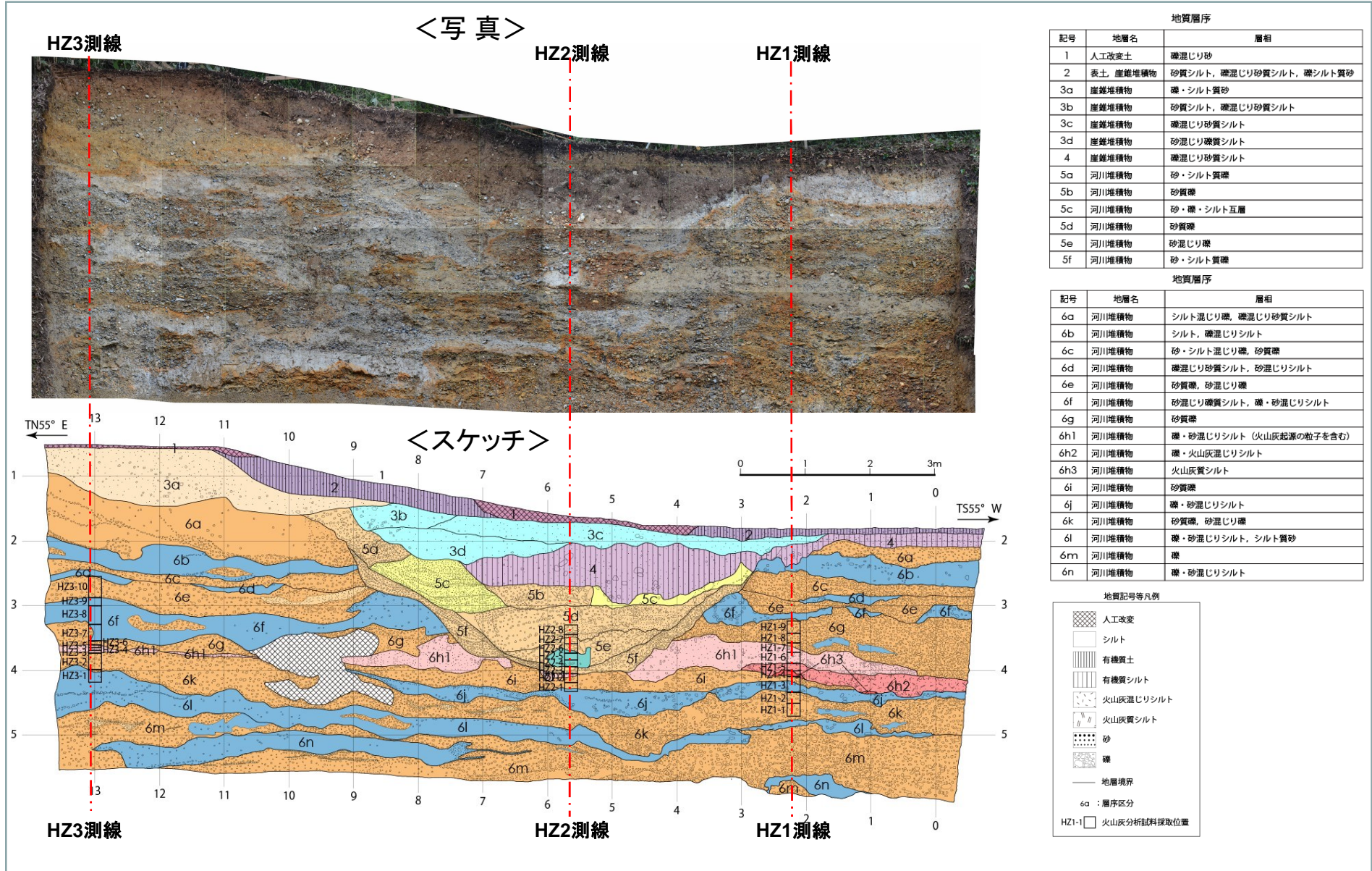
野村(1994):氷上低地・福知山盆地に分布するテフラと地形学上の問題 より抜粋

4.1 地形、地質的な特徴



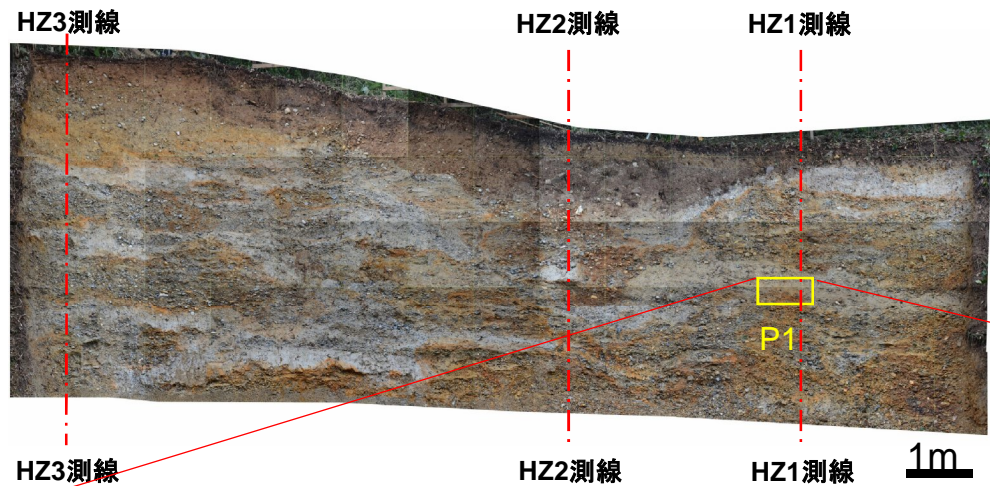
- ・土師地点は小滝他(2002)のLoc.8としても示されている地点であり、小滝他(2002)によると露頭付近は土師の長田野面構成層にアバットして、中位段丘層と考えられる砂礫層が局所的に分布すると示されている。

4.2 現地剥ぎ取り状況(写真、スケッチ)



4.2 現地剥ぎ取り状況(写真、スケッチ)

<詳細写真>



4.2 現地剥ぎ取り状況(写真、スケッチ)

<写真、スケッチからの考察>

- ・主に礫からなる河川堆積物や崖錐堆積物が複数の層を構成している。それらの層の中に火山灰を含む3つの層を確認した。

6h層: 礫およびシルトの互層からなる火山灰を含む河川堆積物。その性状によりさらに三層に細分。

6h1層: 礫・砂混じりシルト(火山灰起源の粒子を含む)

6h2層: 灰褐色を呈する礫・火山灰混じりシルト

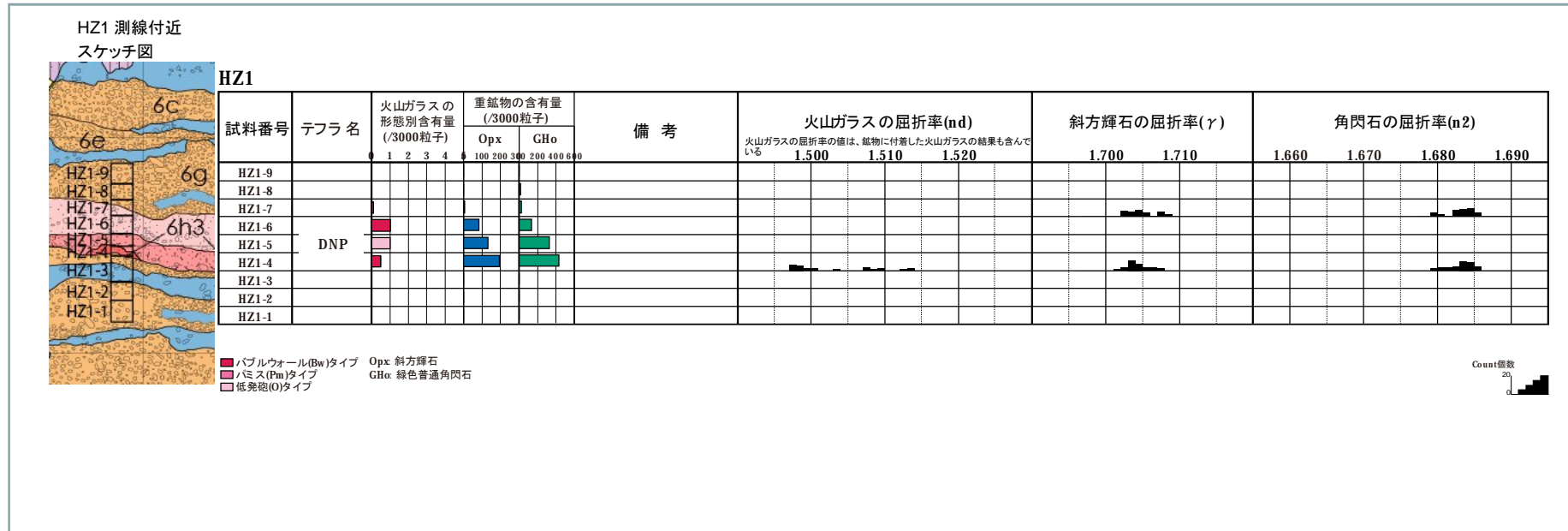
6h3層: 明褐色を呈する粗粒な火山灰質シルト(層厚5-10cm)。

その分布は断続的であり連続性に乏しい。また火山灰質シルトには碎屑物起源の細礫や砂粒子が含まれる。

- ・野村(1994)に記載されている火山灰層の特徴(河川由来の礫や砂を多く含んでいるなど)から、野村(1994)、小滝(2002)で示されている火山灰層は6h1層~6h3層であることが考えられる。

- ・6h1層~6h3層を比較的多く含んでいる測線(HZ1)、旧河床面の中心にあり6h1層~6h3層の一部を含んでいる測線(HZ2)、6h1層~6h3層の一部を含んでいる測線(HZ3)の計3つの測線から試料を採取し、鉱物組成および屈折率測定を行った。

4.3 鉱物組成および屈折率測定の結果



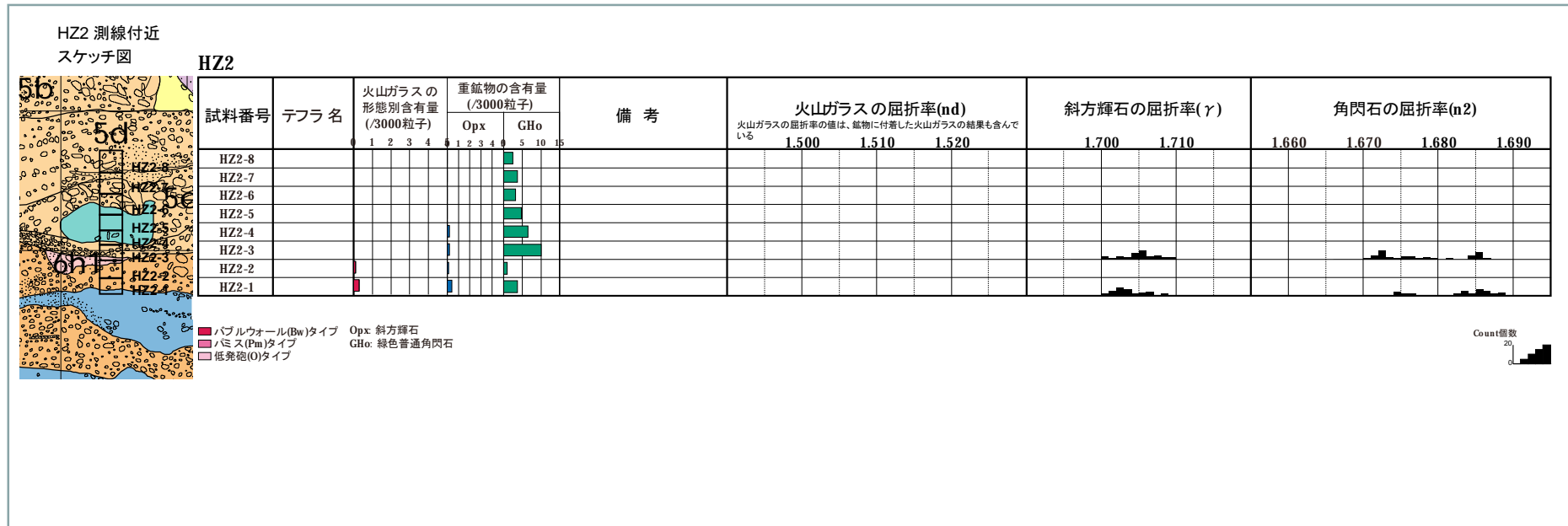
【HZ1 測線】

- 火山灰を含んでいる6h1～6h3から採取したHZ1-4, HZ1-5, HZ1-6の3試料に、多くの火山灰起源の斜方輝石や普通角閃石を含んでいることを確認した。
- 斜方輝石の屈折率は1.701-1.709を示し、普通角閃石の屈折率は1.679-1.686を示した。これらの屈折率は、古澤・梅田(2002)^{*1}による大山池露頭のDNPの屈折率とほぼ一致している。

上記の結果よりHZ1測線上に分布する火山灰を含む河川堆積物層(6h1層～6h3層)中には、DNPが含まれていると推察される。

*1: 古澤・梅田(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, vol.41, No.2, p.123-129, 日本第四紀学会.

4.3 鉱物組成および屈折率測定の結果



【HZ2 測線】

- 全体的に少量の普通角閃石を、一部の試料にごくわずかな斜方輝石を含んでいることを確認した。
- 斜方輝石の屈折率は1.700-1.710を示し、角閃石の屈折率は1.671-1.689を示した。
斜方輝石の屈折率は、古澤・梅田(2002)^{※1}による大山池露頭のDNPの屈折率とほぼ一致しているが、角閃石の屈折率は差異が出ている。

上記の結果よりHZ2測線上に分布する火山灰を含む河川堆積物層(6h1層)中には、DNPと他の火山灰、若しくは他の火山灰が含まれている可能性が考えられる。

※1: 古澤・梅田(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, vol.41, No.2, p.123-129, 日本第四紀学会.

4.3 鉱物組成および屈折率測定の結果



【HZ3 測線】

- HZ3-2に少量の斜方輝石と普通角閃石を含んでおり、その他の試料にはごくわずかな斜方輝石と普通角閃石を含んでいることを確認した。
- 斜方輝石の屈折率は1.699-1.715を示し、角閃石の屈折率は1.670-1.687を示した。
斜方輝石の屈折率は、古澤・梅田(2002)^{※1}による大山池露頭のDNPの屈折率とほぼ一致しているが、角閃石の屈折率は差異が出ている。

上記の結果よりHZ3測線上に分布する火山灰を含む河川堆積物層(6h1層)中には、DNPと他の火山灰、若しくは他の火山灰が含まれている可能性が考えられる。

※1: 古澤・梅田(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, vol.41, No.2, p.123-129, 日本第四紀学会.

4.4 考察

1. 地質学、地形学的見地からの特徴

- ・土師地点は土師の長田野面構成層にアバットして、中位段丘層と考えられる砂礫層が局所的に分布するところである。

2. 火山灰を含む層の観察、分析結果

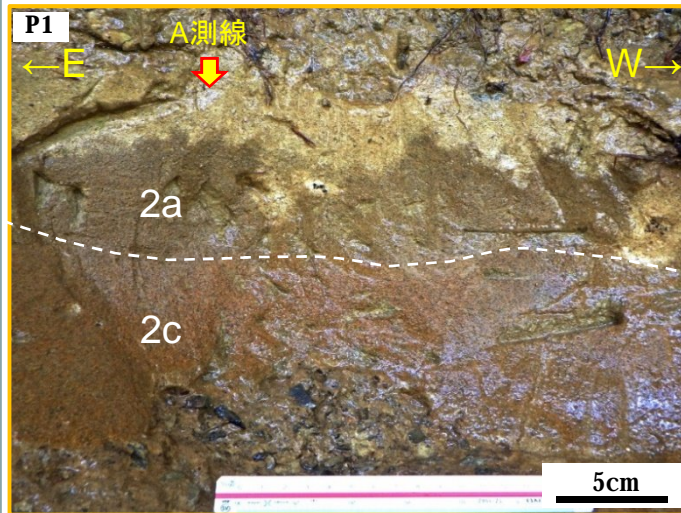
- ・露頭では主に礫からなる河川堆積物や崖錐堆積物が複数の層を構成している。それらの層の中に火山灰を含む3つの層6h1、6h2、6h3を確認した。
- ・斜方輝石と普通角閃石の屈折率よりHZ1測線上に分布する火山灰を含む河川堆積物層(6h1層～6h3層)中には、DNPが含まれていると推察される。
- ・斜方輝石と普通角閃石の屈折率よりHZ2測線上に分布する火山灰を含む河川堆積物層(6h1層)中には、DNPと他の火山灰、若しくは他の火山灰が含まれている可能性が考えられる。
- ・斜方輝石と普通角閃石の屈折率よりHZ3測線上に分布する火山灰を含む河川堆積物層(6h1層)中には、DNPと他の火山灰、若しくは他の火山灰が含まれている可能性が考えられる。

対象となる層は円礫を多く含む河川堆積物に火山灰が含まれているものであり、降灰層厚として評価できない。

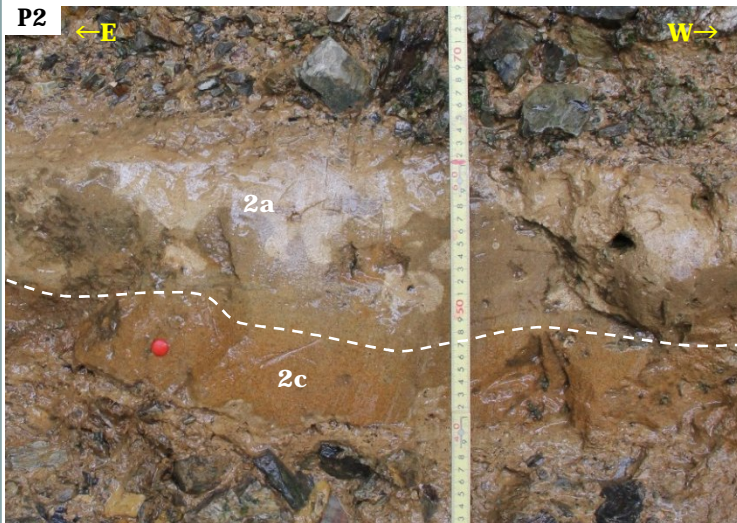
京都市右京区 越畑地点

越畑地点における意見交換会(2018.10.5)での降灰層厚の評価概要

・第2回大山火山の火山灰分布に関する情報収集に係る意見交換会,資料3-1,平成30年10月5日より抜粋

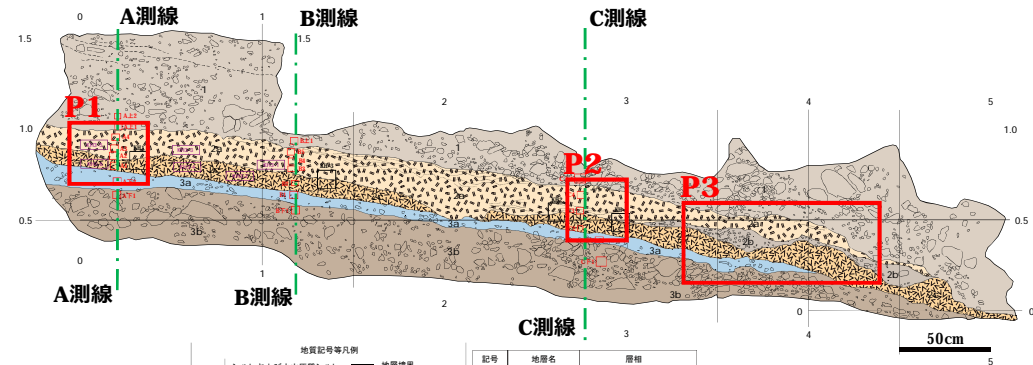


露頭東側では2a層と2c層の境界は明瞭である。



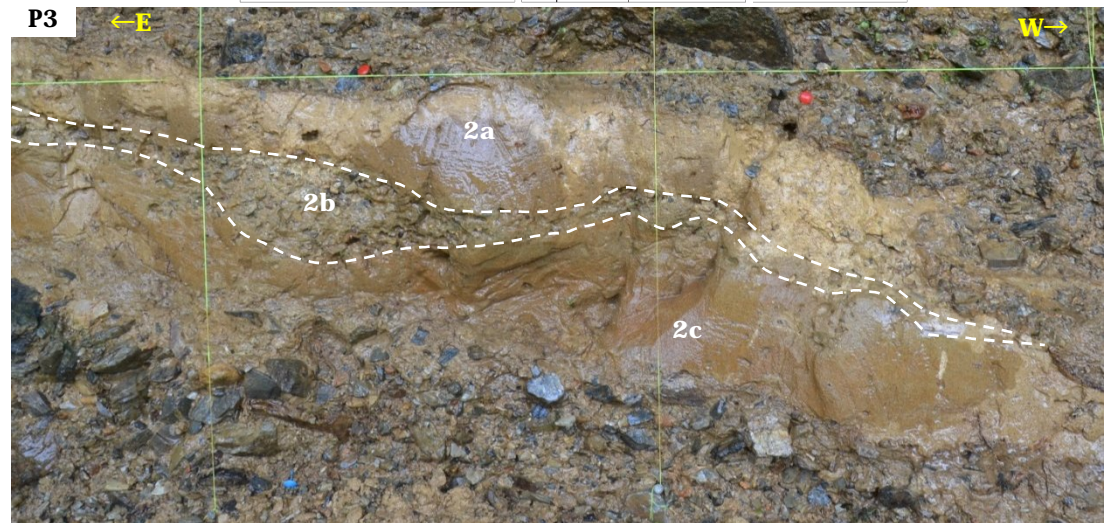
露頭中央部では2a層と2c層の境界は明瞭であり、2a層の下部にラミナが認められる。

<スケッチ図>



地質記号等凡例		地層名		層相	
シルト および火山灰質シルト	地層境界	1	土石流堆積物	砂・シルト 混じり層	
軽石質粗粒火山灰(暗褐色)	--- 礫層の層状構造	2a	火山灰(暗褐色)	軽石質粗粒火山灰(暗褐色)	
軽石質粗粒火山灰(褐色)	--- 火山灰層の層状構造	2b	流路充満堆積物	火山灰質礫	
礫	2a: 層序区分	2c	火山灰(褐色)	軽石質粗粒火山灰(褐色)	
		3a	洪水流堆積物	火山灰質礫混じりシルト	
		3b	土石流堆積物	礫・シルト 混じり層	

試料採取位置凡例	
□ 研1: ブロックサンプリング位置	
▲ 火山灰分析試料採取位置	
● 粒度分析試料採取位置	



露頭西側では、2a層と2c層の境界付近に中礫を主体とする礫層(2b層)が挟在する。

・越畑地点の火山灰を含む層は2層(2a層、2c層)に区分され、どちらの層もいったん堆積した火山灰が流水等の影響により移動し再堆積して形成された層であり、降灰時の堆積状況が保存されておらず、降灰層厚として評価できないものと考えられる。

・原子力規制委員会(2018): 大山火山の火山灰分布に関する関西電力との意見交換会及び現地調査結果について, 資料5, 平成30年11月21日より抜粋



関西電力株式会社「大山火山の火山灰分布に関する情報収集結果について」より抜粋したものに加筆。

規制庁による模式解釈図

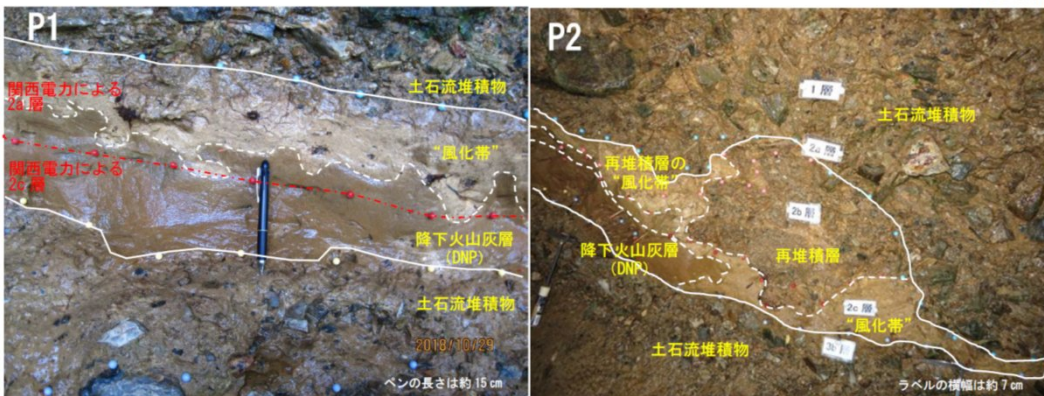
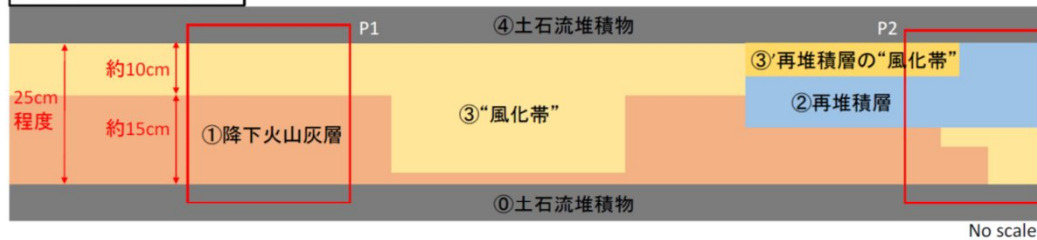


図1. 越畑地点における層区分の解釈

関西電力は礫層(2b層)を基準として色調(赤味)の異なる2層(2a層、2c層)を区分したが(スケッチ参照)、規制庁は風化の進行程度を基準として降下して堆積した層を「降下火山灰層」(風化の程度が小さい)と「風化帯」(風化の程度が大きい)に区分した(模式解釈図参照)。「風化帯」は、降下火山灰層が風化若しくは植生による擾乱で土壌と混じりあったと解釈できる層相を示しており、粒子が変質によって分解され細粒化しているほか、粒子が粘土化したことで白色を呈している。

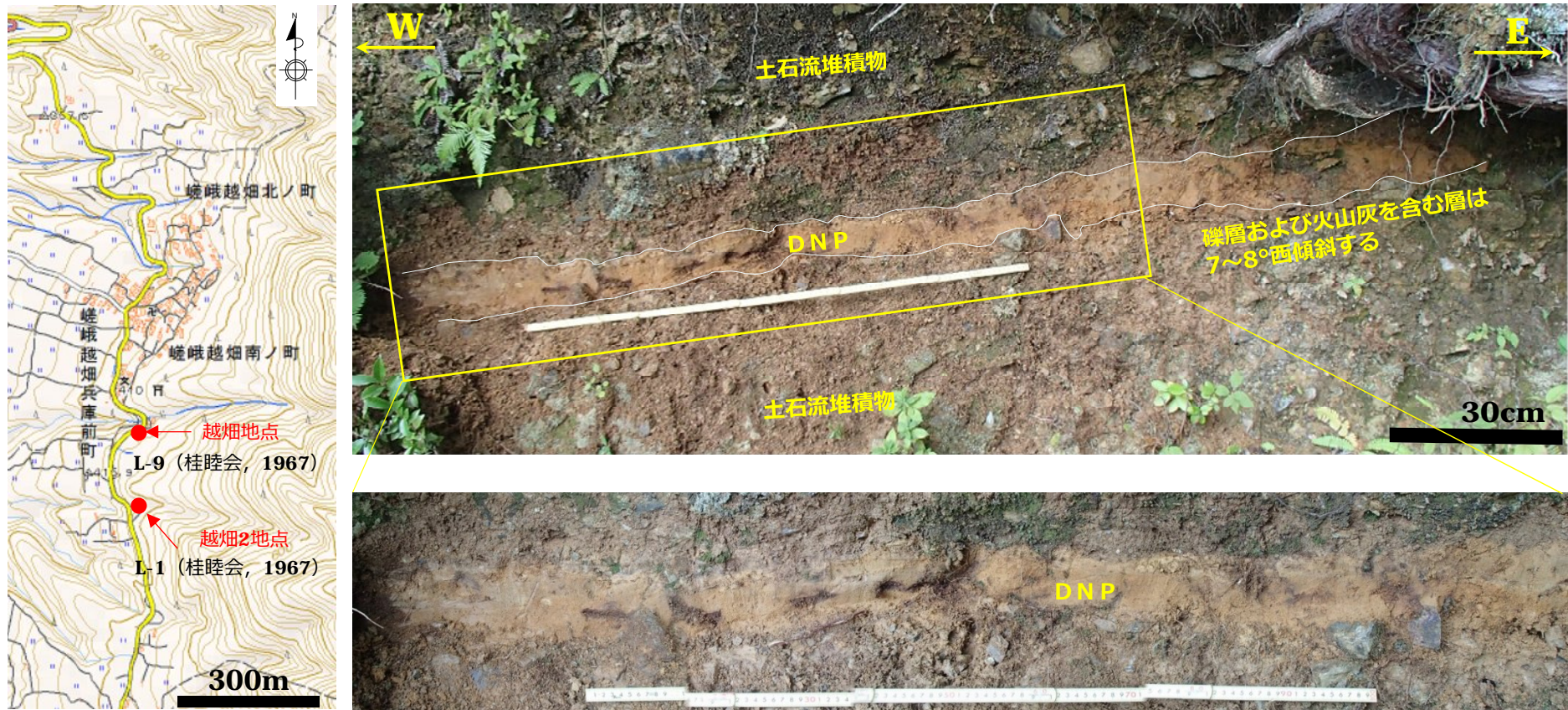
3) 越畑地域のDNPの堆積状況の評価(まとめ)

今回の調査で降下火山灰層として確認できたのは越畑地点で15cm程度、越畑2地点で10cm以上の層厚であった。また、越畑地点では降下火山灰層の上位に10cm程度の「風化帯」が存在する。この「風化帯」は、降下火山灰層が風化若しくは植生による擾乱で土壌と混じりあったと解釈でき得ることから、規制の観点からはこれらについても降下火山灰層として扱うこととする。これらのことから、規制庁としては、越畑地域のDNPの降灰層厚を25cm程度として評価する。

原子力規制委員会(2018)の評価結果より、越畑地点の層厚は、25cmとする。

(参考)越畑地点周辺において 確認されたDNPの状況

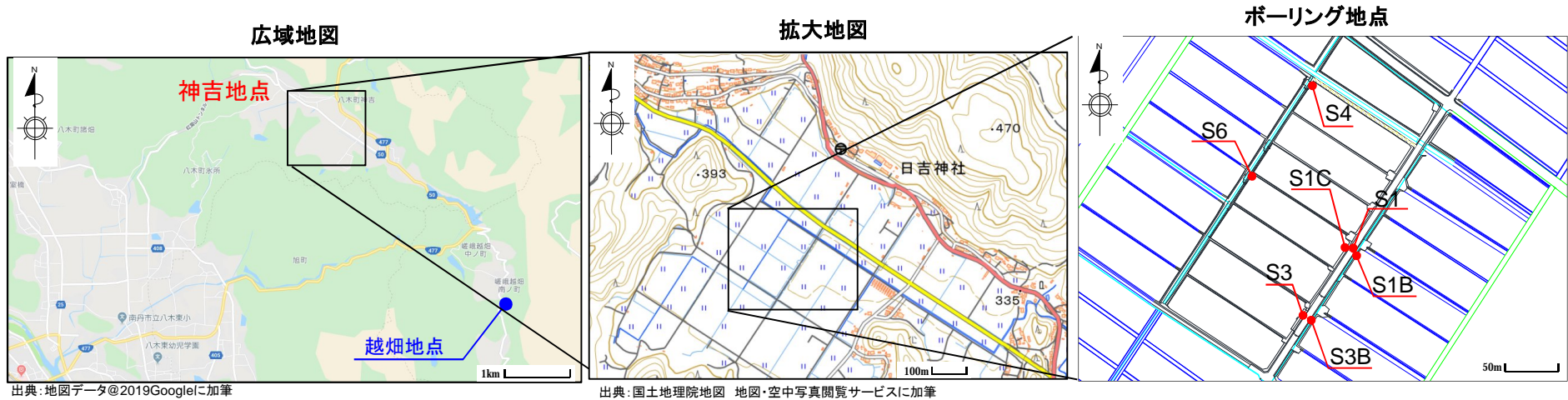
越畑地点周辺(越畑2および神吉地点)では、層厚約10cmのDNP火山灰が認められたが、本調査結果については参考情報とし、火山影響評価における層厚はP33に記載のとおり25cmとする。



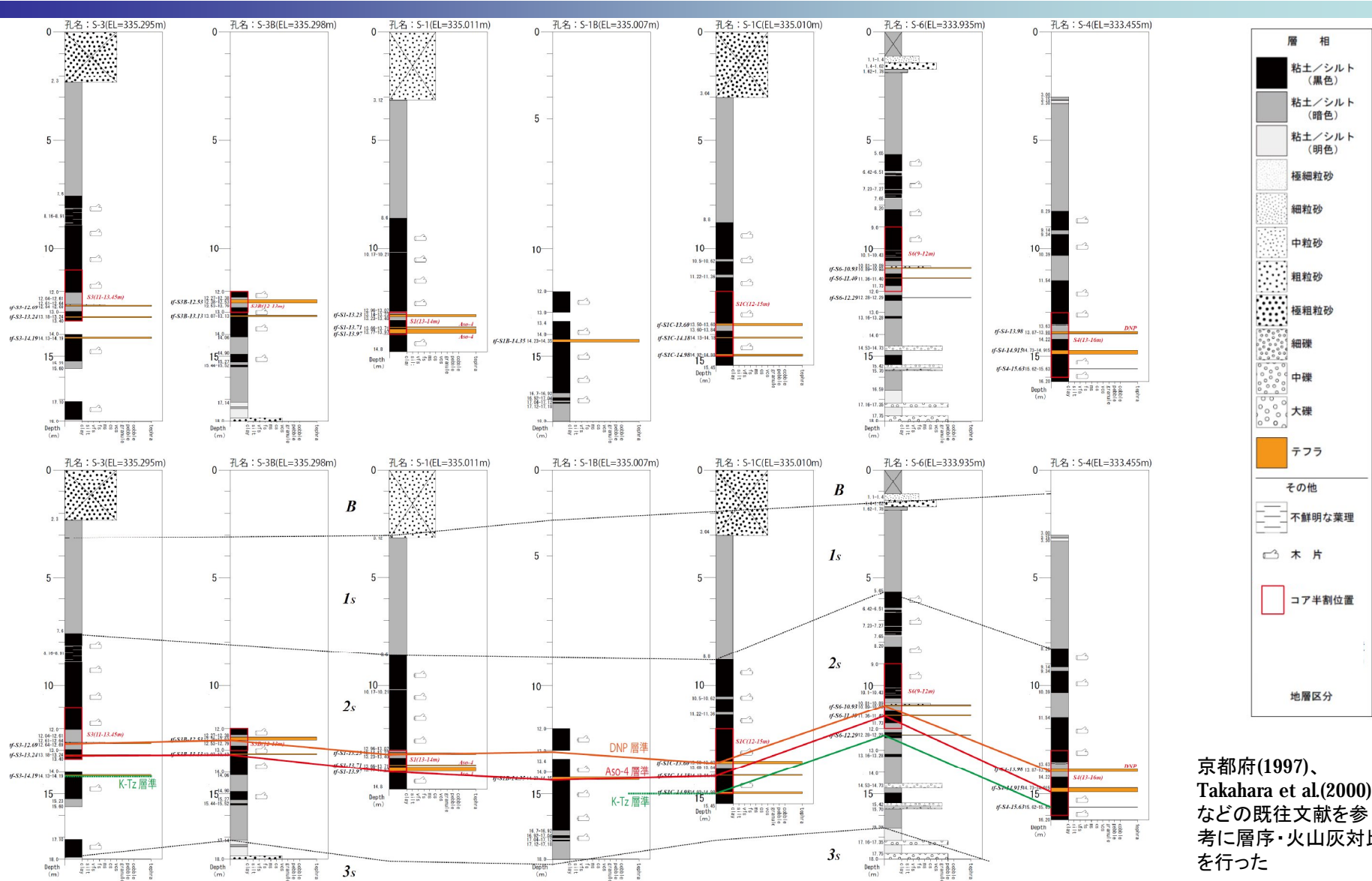
出典：国土地理院地図
地図・空中写真閲覧サービスに加筆

- ・桂睦会（1967）によれば越畑地点より南方向約200mにDNPが確認されたと示されており、越畑地点から尾根を挟んだ反対側にその露頭（越畑2地点）を確認した。
- ・現地で露頭を確認すると越畑地点と同様の層相を持つ火山灰を含む層（約10cm）がほぼ均一に分布している。
- ・越畑地点と同様に火山灰を含む層は礫、砂を含んでいる。

越畑地点の北西約4kmに位置する南丹市八木町神吉には、断層運動により形成されたと考えられている盆地が発達する。この盆地では京都府(1997)、Takahara et al.(2000)などにより盆地構成層の調査が行われており、DNP火山灰をはじめ、複数枚の火山灰を含む厚い堆積層が存在することが知られている。堆積環境として比較的安定していると推測される神吉盆地において、ボーリング調査を実施した。



神吉盆地周辺の空中写真

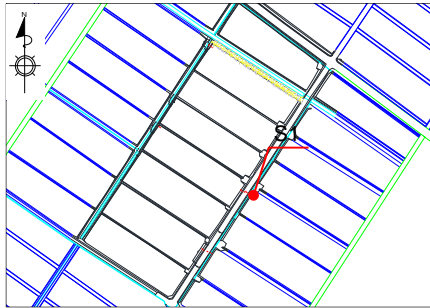


ボーリング柱状図標高対比図(上図:柱状図、下図:層序・火山灰対比)

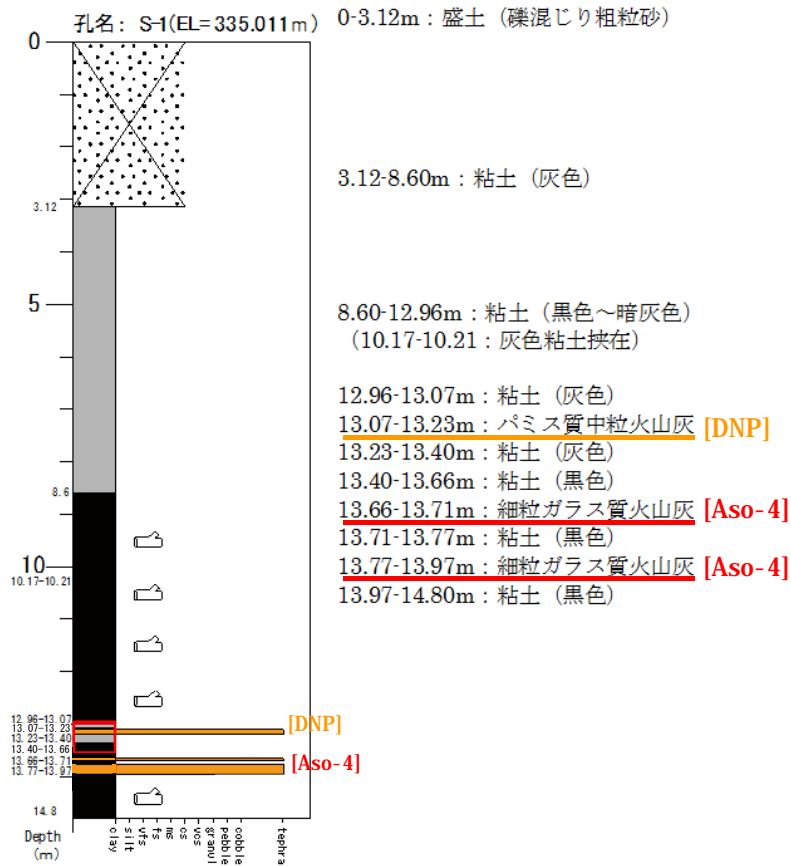
京都府(1997)、
Takahara et al.(2000)
などの既往文献を参
考に層序・火山灰対比
を行った

・標高約322~315m付近に3層の火山灰層が認められ、上位から順にDNP、Aso-4、K-Tzに対比される。
・DNP火山灰相当層の層厚は約10cmである。

ボーリング地点



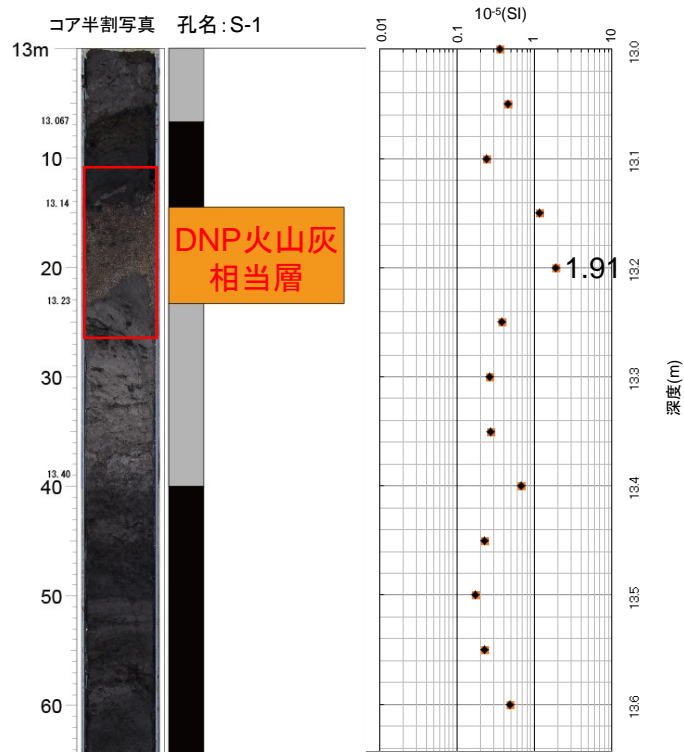
S1地点の柱状図とコア写真



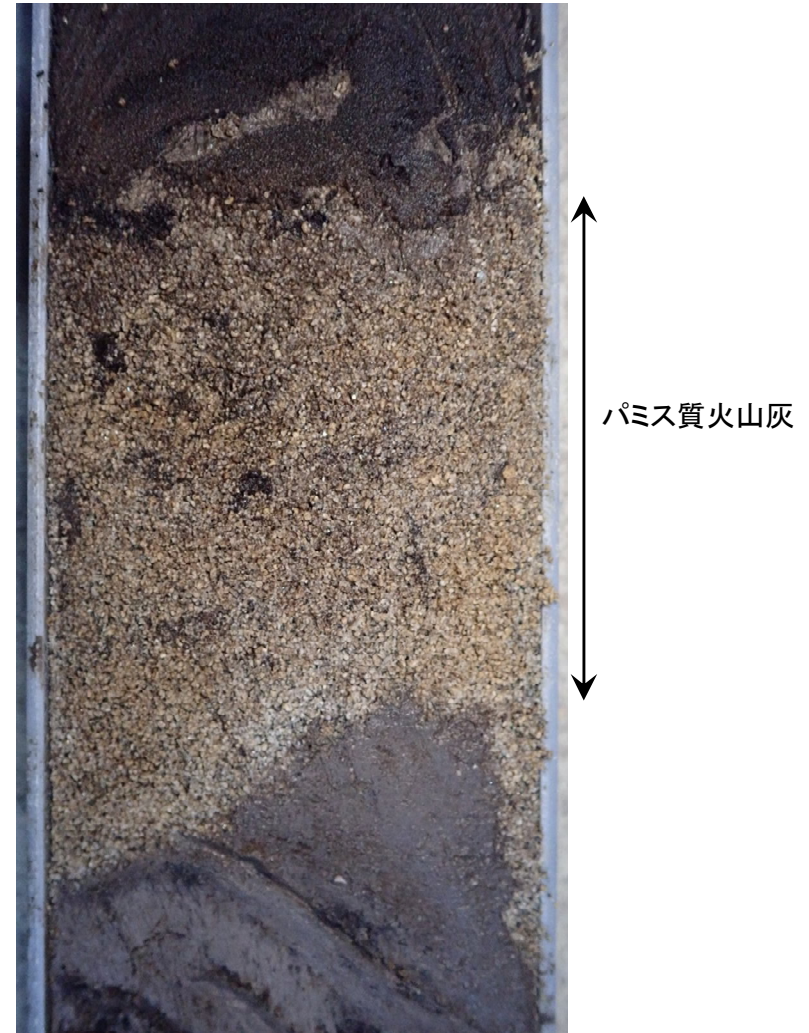
層相	
	粘土/シルト (黒色)
	粘土/シルト (暗色)
	粘土/シルト (明色)
	極細粒砂
	細粒砂
	中粒砂
	粗粒砂
	極粗粒砂
	細礫
	中礫
	大礫
	テフラ
その他	
	不鮮明な葉理
	木片
	コア分割位置
地層区分	



DNP火山灰相当層の層相(S-1孔13.2m付近)



コア半割拡大写真(13.2m付近)

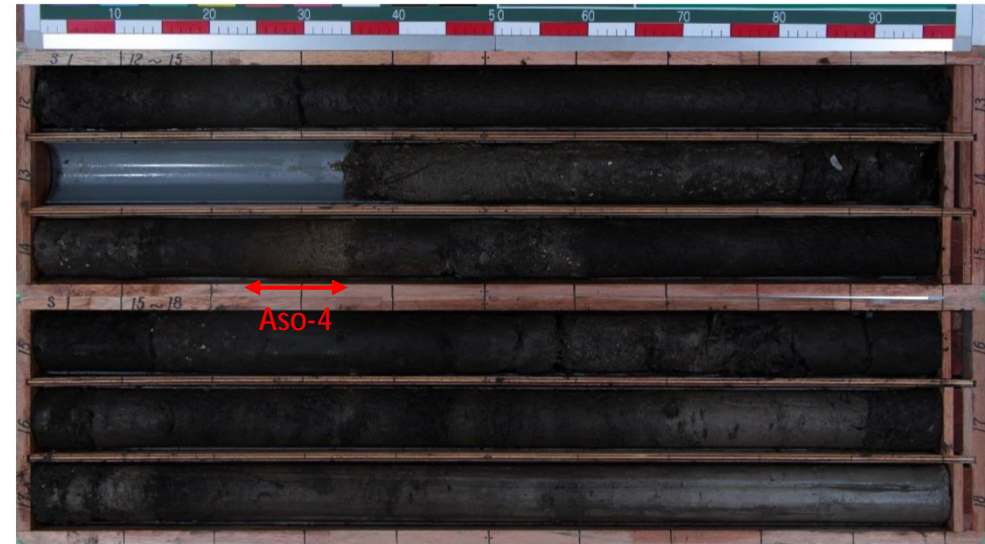


- ・S-1(13.14-13.23m)に分布する火山灰は、層厚約9cmの中粒パミス質火山灰からなる。
- ・全体に均質な粒度の粒子から構成される。
- ・上下層が粘土からなり、静穏な環境が推定される。
- ・異種岩片や碎屑物粒子の混入が認められない。
- ・帯磁率は 1.91×10^{-5} (SI)を示す。

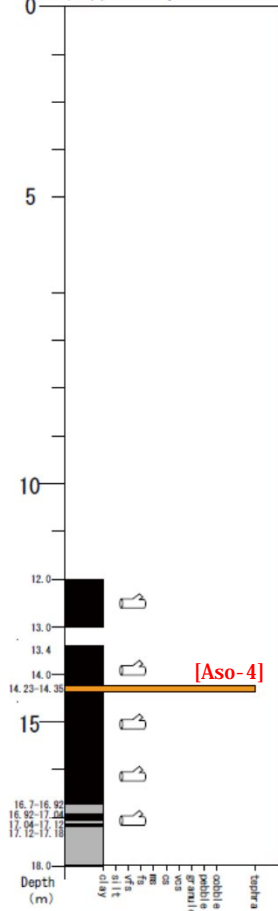
ボーリング地点



S1B地点の柱状図とコア写真



孔名: S-1B(EL=335.007m)



- 12.00-13.00m: 粘土 (黒色)
- 13.00-13.40m: (欠損)
- 13.40-14.23m: 粘土 (黒色)
- 14.23-14.35m: 中粒火山灰 [Aso-4]**
- 14.35-16.70m: 粘土 (黒色)
- 16.70-16.92m: 粘土 (暗灰色)
- 16.92-17.04m: 粘土 (黒色)
- 17.04-17.12m: 粘土 (暗灰色)
- 17.12-17.18m: 粘土 (黒色)
- 17.18-18.00m: 粘土 (黒色)

層相	
	粘土/シルト (黒色)
	粘土/シルト (暗色)
	粘土/シルト (明色)
	極細粒砂
	細粒砂
	中粒砂
	粗粒砂
	極粗粒砂
	細礫
	中礫
	大礫
	テフラ
その他	
	不鮮明な葉理
	木片
	コア分割位置
地層区分	

<S1B地点の実施目的>

S1地点のコア採取時にコアの一部を乱した可能性があるため、別孔として同一足場内にて、S1B地点でのコア採取を実施した。

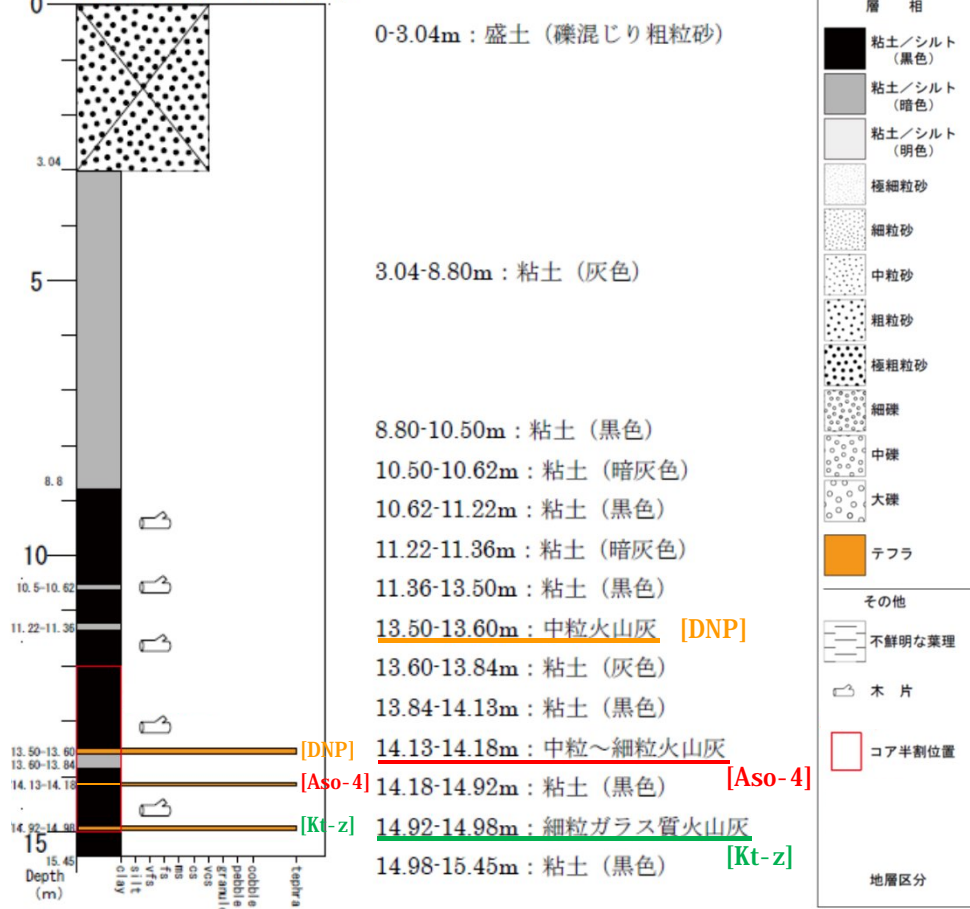
ボーリング地点



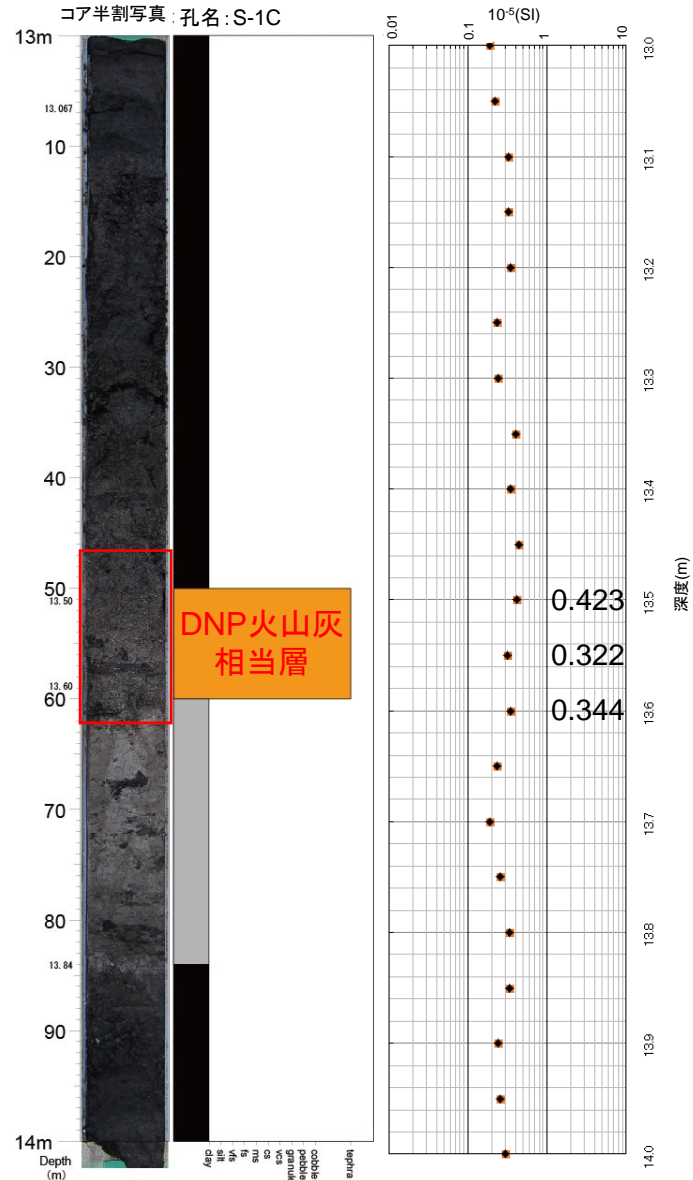
S1C地点の柱状図とコア写真

＜S1C地点の実施目的＞
S1B地点のコア採取時にコアの一部が欠損したため、別孔として同一足場内にて、S1C地点でのコア採取を実施した。

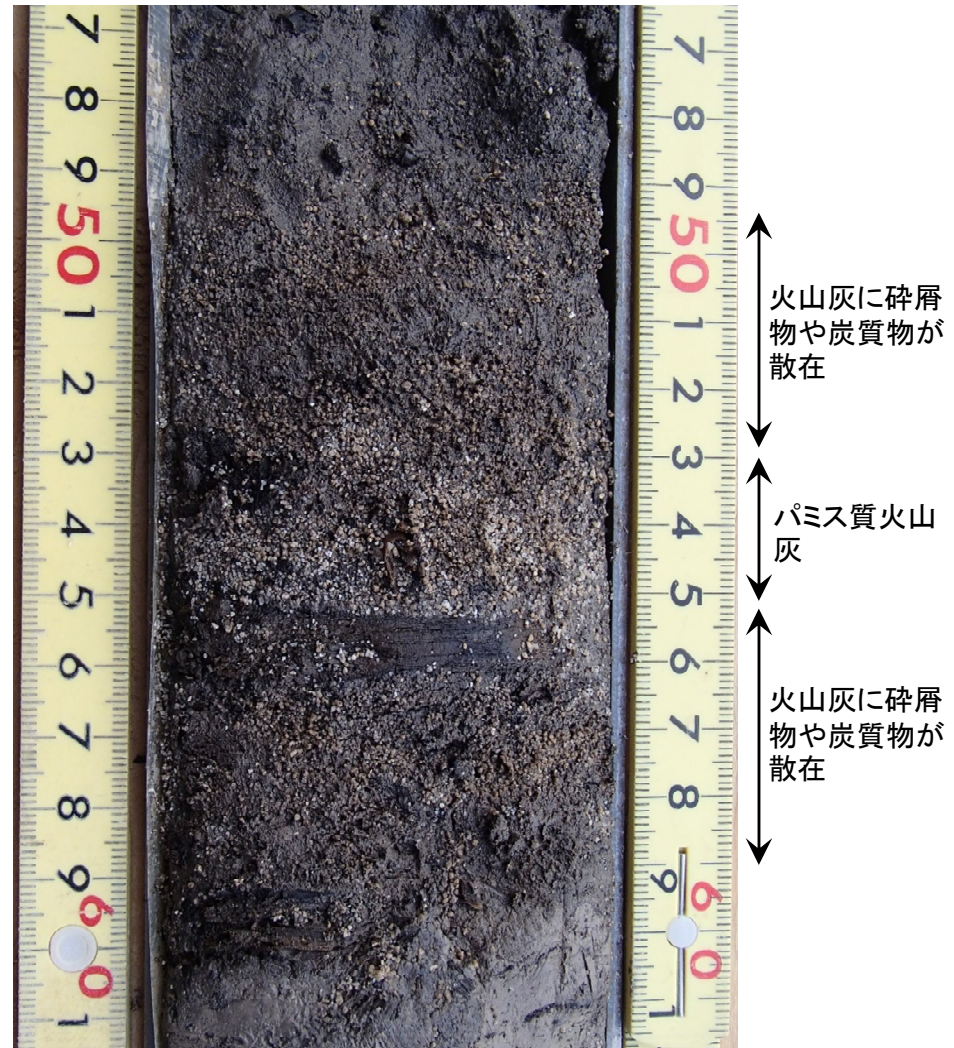
孔名：S-1C(EL=335.010m)



DNP火山灰相当層の層相(S-1C孔13.5m付近)

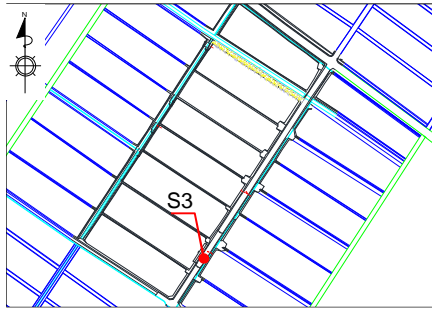


コア半割拡大写真(13.5m付近)

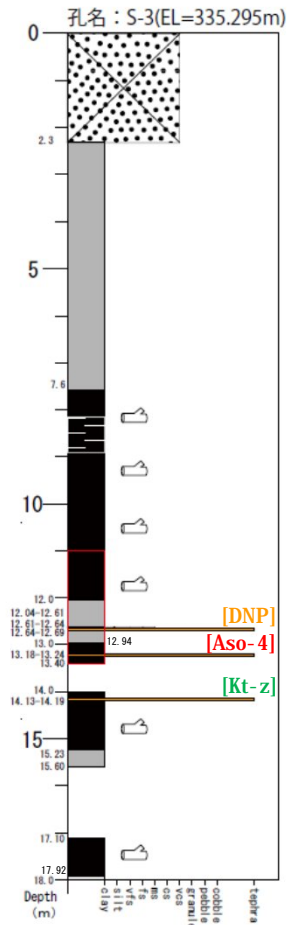


- ・S-1C(13.5-13.6m)に分布する火山灰は、層厚約10cmの碎屑物を含む中粒火山灰からなる。
- ・深度13.53-13.55m間は、ほぼ火山灰起源の粒子みから構成される。
- ・火山灰層は上方細粒化を示すほか、炭質物を含み、降灰後に乱された可能性がある。
- ・帯磁率は $0.322\sim 0.423 \times 10^{-5}$ (SI)を示す。

ボーリング地点



S3地点の柱状図とコア写真

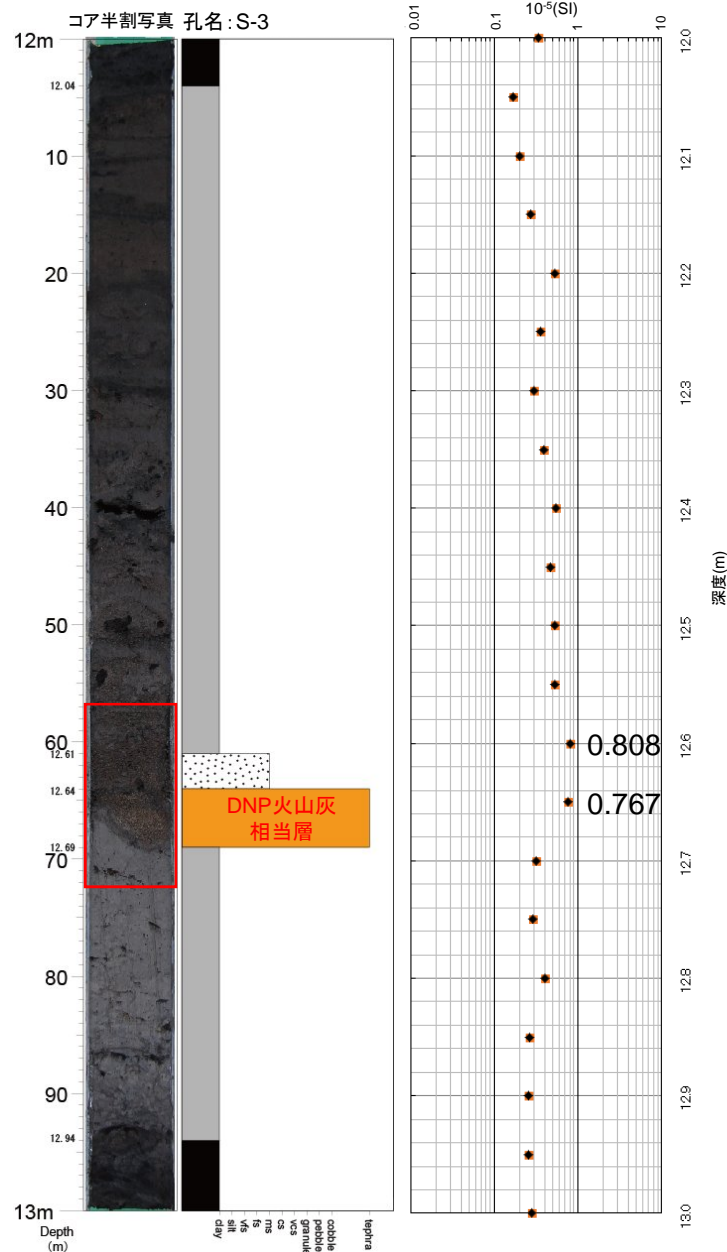


- 0-2.30m: 盛土 (礫混じり粗粒砂)
- 2.30-7.60m: 粘土 (灰色)
- 7.60-12.04m: 粘土 (黒色)
- 12.04-12.61m: 粘土 (暗褐色)
- 12.61-12.64m: 火山灰質砂
- 12.64-12.69m: パミス質火山灰 [DNP]
- 12.69-12.94m: 粘土 (灰色)
- 12.94-13.18m: 粘土 (黒色)
- 13.18-13.24m: 細粒~中粒ガラス質火山灰 [Aso-4]
- 13.24-13.40m: 粘土 (黒色)
- 13.40-14.00m: (欠損)
- 14.00-14.13m: 粘土 (黒色)
- 14.13-14.19m: 火山灰 [Kt-z]
- 14.19-15.23m: 粘土 (黒色)
- 15.23-15.60m: 粘土 (灰色)
- 15.60-17.10m: (欠損)
- 17.10-17.92m: 粘土 (黒色)
- 17.92-18.00m: 粘土 (灰白色)

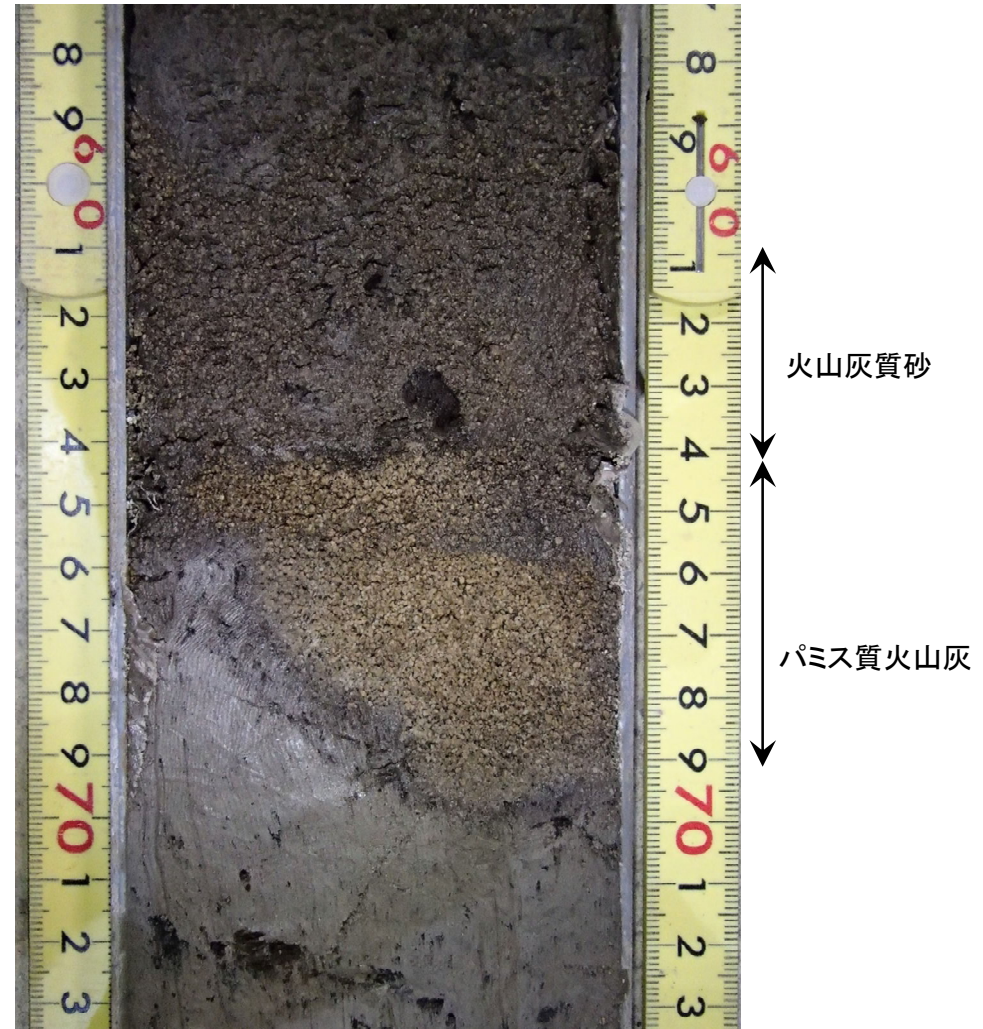
層相	
	粘土/シルト (黒色)
	粘土/シルト (暗色)
	粘土/シルト (明色)
	極細粒砂
	細粒砂
	中粒砂
	粗粒砂
	極粗粒砂
	細礫
	中礫
	大礫
	テフラ
その他	
	不鮮明な葉理
	木片
	コア半割位置
地層区分	



DNP火山灰相当層の層相(S-3孔12.61-12.69m)



コア半割拡大写真(12.6m付近)



- ・S-3(12.61-12.69m)に分布する火山灰は、下部に層厚1-5cmのパミス質火山灰が認められる。
- ・ほぼ火山灰起源の粒子から構成される均質な火山灰層である。
- ・上部は火山灰質なシルト質砂からなる。
- ・帯磁率は 0.767×10^{-5} (SI), 0.808×10^{-5} (SI)を示す。

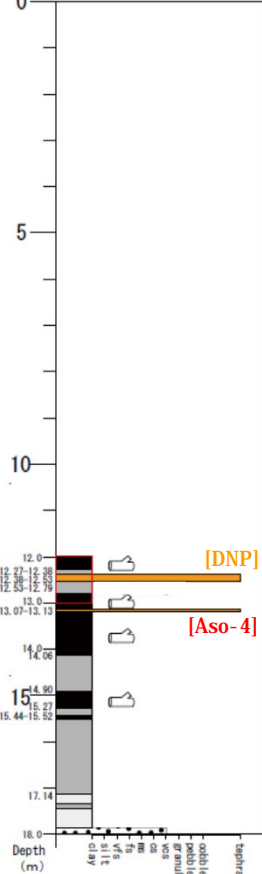
ボーリング地点



S3B地点の柱状図とコア写真



孔名: S-3B(EL=335.298m)

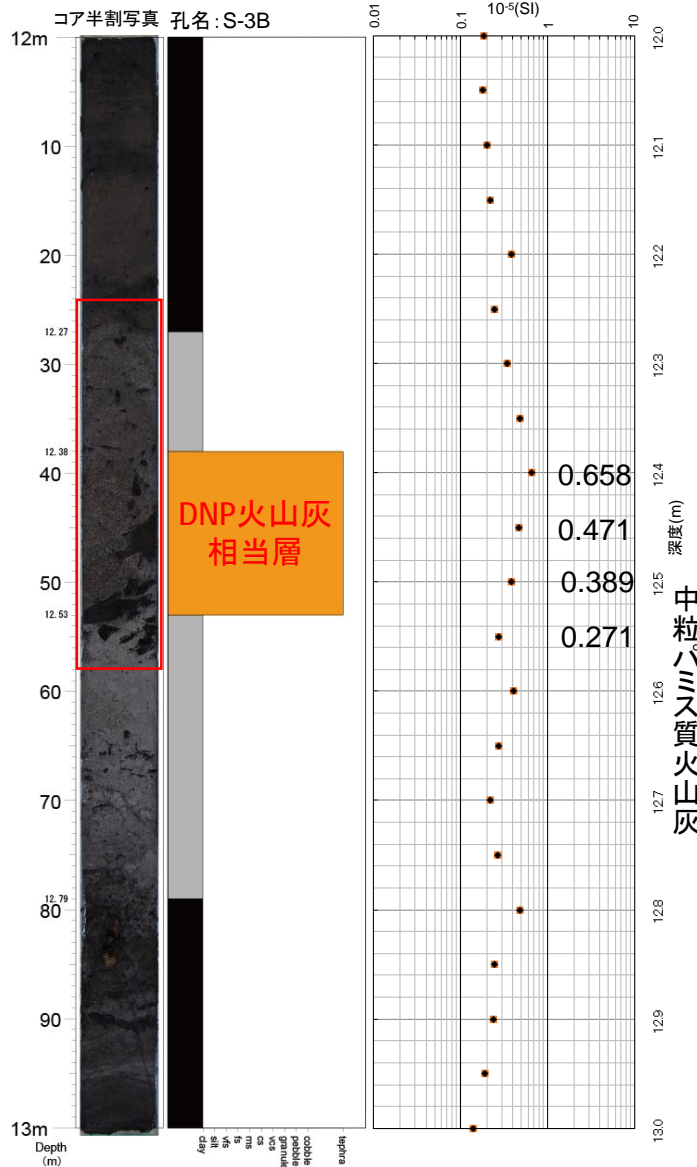


層相	
	粘土/シルト (黒色)
	粘土/シルト (暗色)
	粘土/シルト (明色)
	極細粒砂
	細粒砂
	中粒砂
	粗粒砂
	極粗粒砂
	細礫
	中礫
	大礫
	テフラ
その他	
	不鮮明な葉理
	木片
	コア分割位置
地層区分	

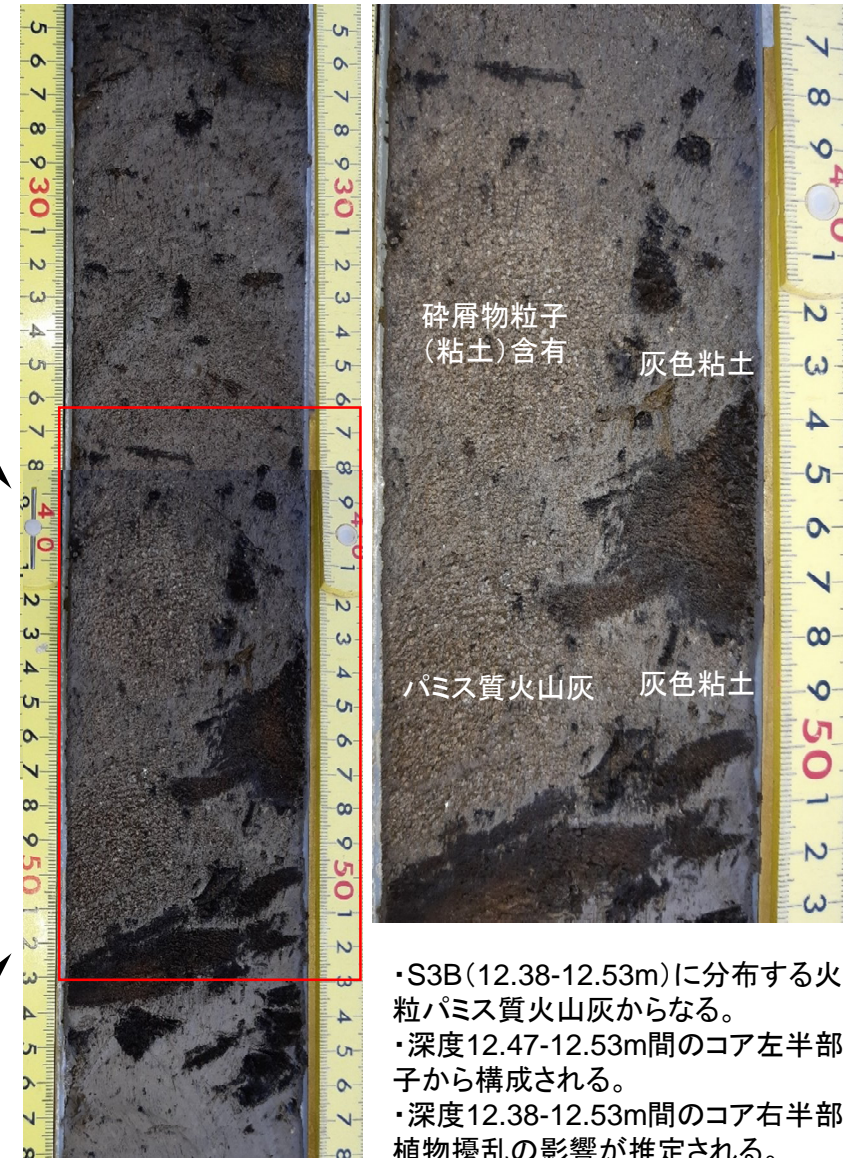
<S3B地点の実施目的>

S3地点のコア採取時にコアの一部が欠損したため、別孔として同一足場内にて、S3B地点でのコア採取を実施した。

DNP火山灰相当層の層相(S3B孔12.38-12.53m)

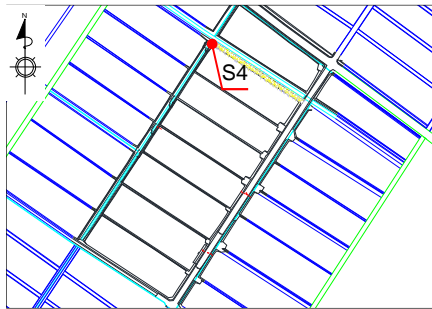


コア半割拡大写真(12.4m付近)



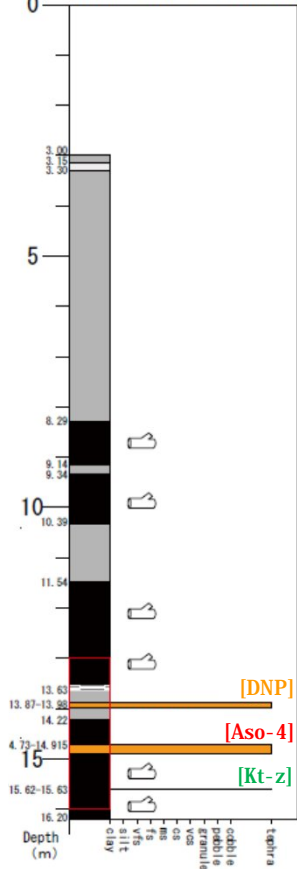
- ・S3B(12.38-12.53m)に分布する火山灰は、褐色を呈する中粒パミス質火山灰からなる。
- ・深度12.47-12.53m間のコア左半部は、概ね均質な火山灰粒子から構成される。
- ・深度12.38-12.53m間のコア右半部は灰白色粘土が分布し、植物擾乱の影響が推定される。
- ・帯磁率は0.389~0.658×10⁻⁵(SI)を示す。

ボーリング地点

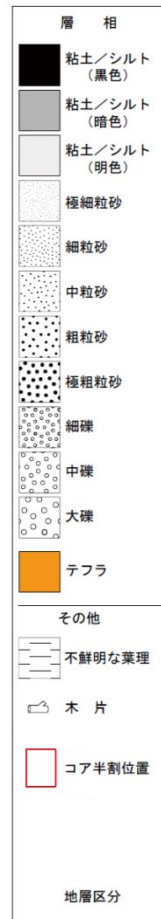


S4地点の柱状図とコア写真

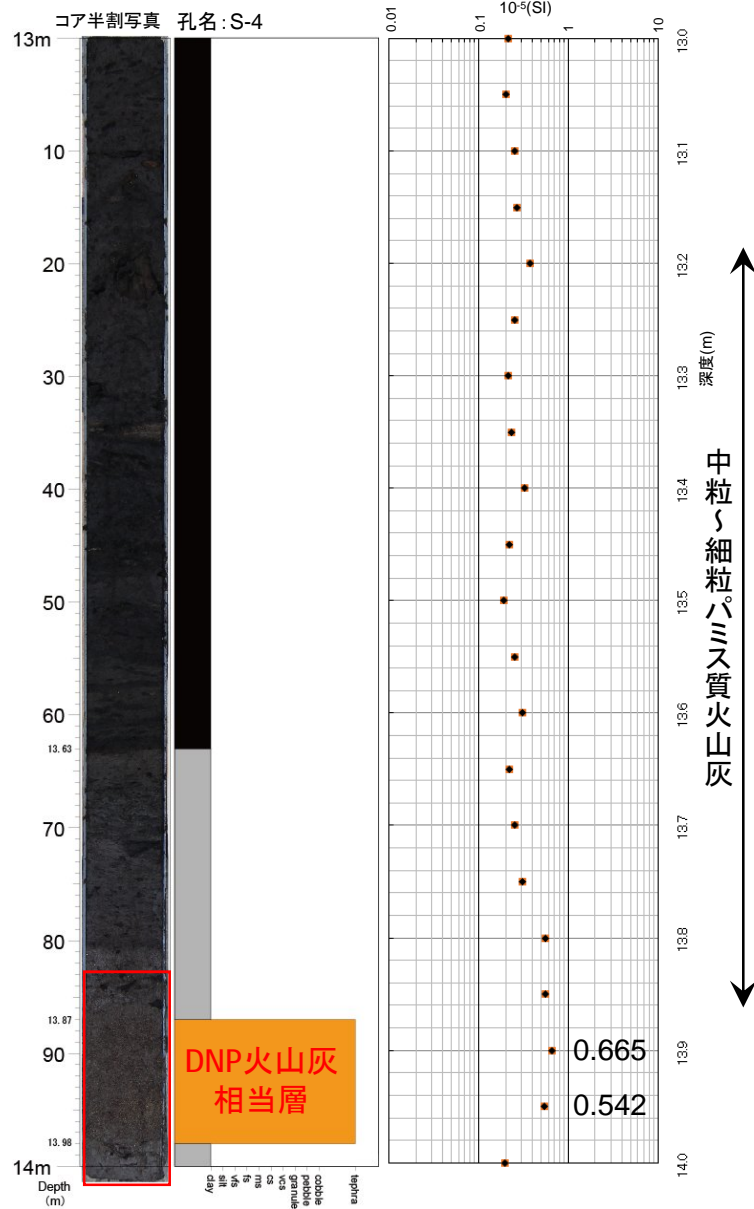
孔名: S-4(EL=333.455m)



- 3.00-3.15m: 粘土 (灰色)
- 3.15-3.30m: 粘土 (灰白色)
- 3.30-8.29m: 粘土 (暗褐色)
- 8.29-9.14m: 粘土 (黒色)
- 9.14-9.34m: 粘土 (暗褐色)
- 9.34-10.39m: 粘土 (黒色)
- 10.39-11.54m: 粘土 (暗褐色)
- 11.54-13.63m: 粘土 (黒色)
- 13.63-13.87m: 粘土 (褐色~暗褐色)
- 13.87-13.98m: パミス質中粒火山灰 [DNP]
- 13.98-14.22m: 粘土 (暗褐色)
- 14.22-14.73m: 粘土 (黒色)
- 14.73-14.88m: 細粒~極細粒ガラス質火山灰
- 14.88-14.915m: 細粒~中粒火山灰 [Aso-4]
- 14.915-15.62m: 粘土 (黒色)
- 15.62-15.63m: 細粒ガラス質火山灰 [Kt-z]
- 15.63-16.20m: 粘土 (黒色~暗褐色)



DNP火山灰相当層の層相(S4孔13.87-13.98m)



コア半割拡大写真(13.9m付近)

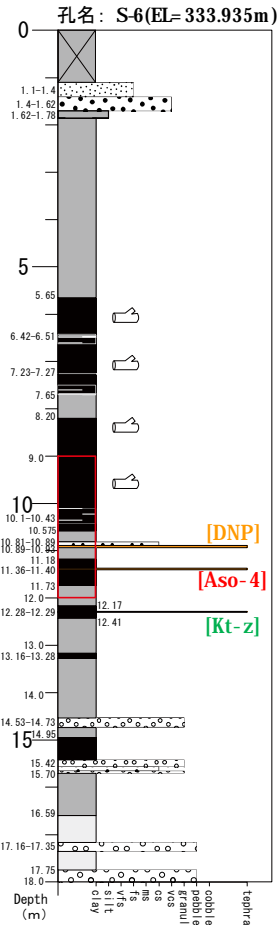


- ・S4(13.87-13.98m)に分布する火山灰は、明褐色を呈する中粒〜細粒火山灰であり、パミスもしくは長石とみられる淡色粒子を主体とし、黒色鉱物粒子を伴う。
- ・上方細粒化し、上部はやや粘土化している。
- ・上下層が粘土からなり静穏な環境が推定される。
- ・上方細粒化しているものの異種岩片や碎屑物粒子の混入が認められない。
- ・帯磁率は、 $0.542 \times 10^{-5}(\text{SI}) \sim 0.665 \times 10^{-5}(\text{SI})$ を示す。

ボーリング地点



S6地点の柱状図とコア写真



- 0.00-1.11m: 耕作土 (暗褐色)
- 1.11-1.40m: シルト混じり細粒砂
- 1.40-1.62m: 礫混じり極粗粒砂
- 1.62-1.78m: シルト・砂互層
- 1.78-5.65m: 粘土 (灰色)
- 5.65-6.42m: 粘土 (黒色)
- 6.42-6.51m: 粘土 (灰褐色)
- 6.51-7.23m: 粘土 (黒色)
- 7.23-7.27m: コアなし (掘削時の崩壊物)
- 7.27-7.65m: 粘土 (黒色)
- 7.65-8.20m: 粘土 (灰褐色)
- 8.20-10.575m: 粘土 (黒色)
(10.1-10.43: 不明瞭な葉理)
- 10.575-10.81m: 粘土 (灰色)
- 10.81-10.89m: 火山灰質中粒砂
- 10.89-10.93m: 中粒～粗粒パミス質火山灰 [DNP]
- 10.93-11.18m: 粘土 (灰色)
- 11.18-11.36m: 粘土 (黒色)
- 11.36-11.40m: 細粒火山灰 [Aso-4]
- 11.40-11.73m: 粘土 (黒色)
- 11.73-12.17m: 粘土 (灰色)
- 12.17-12.41m: 粘土 (黒色)
(12.28-12.29: ガラス質テフラを挟む) [Kt-z]
- 12.41-13.16m: 粘土 (灰色)
- 13.16-13.28m: 粘土 (黒色)
- 13.28-14.53m: 粘土 (灰色)
- 14.53-14.73m: 細礫
- 14.73-14.95m: 粘土 (灰褐色)
- 14.95-15.42m: 粘土 (黒色)
- 15.42-15.70m: 細礫
- 15.70-16.59m: 粘土 (灰褐色)
- 16.59-17.16m: 粘土 (灰白色)
- 17.16-17.35m: 中礫
- 17.35-17.75m: 粘土 (灰白色)
- 17.75-18.00m: 中礫

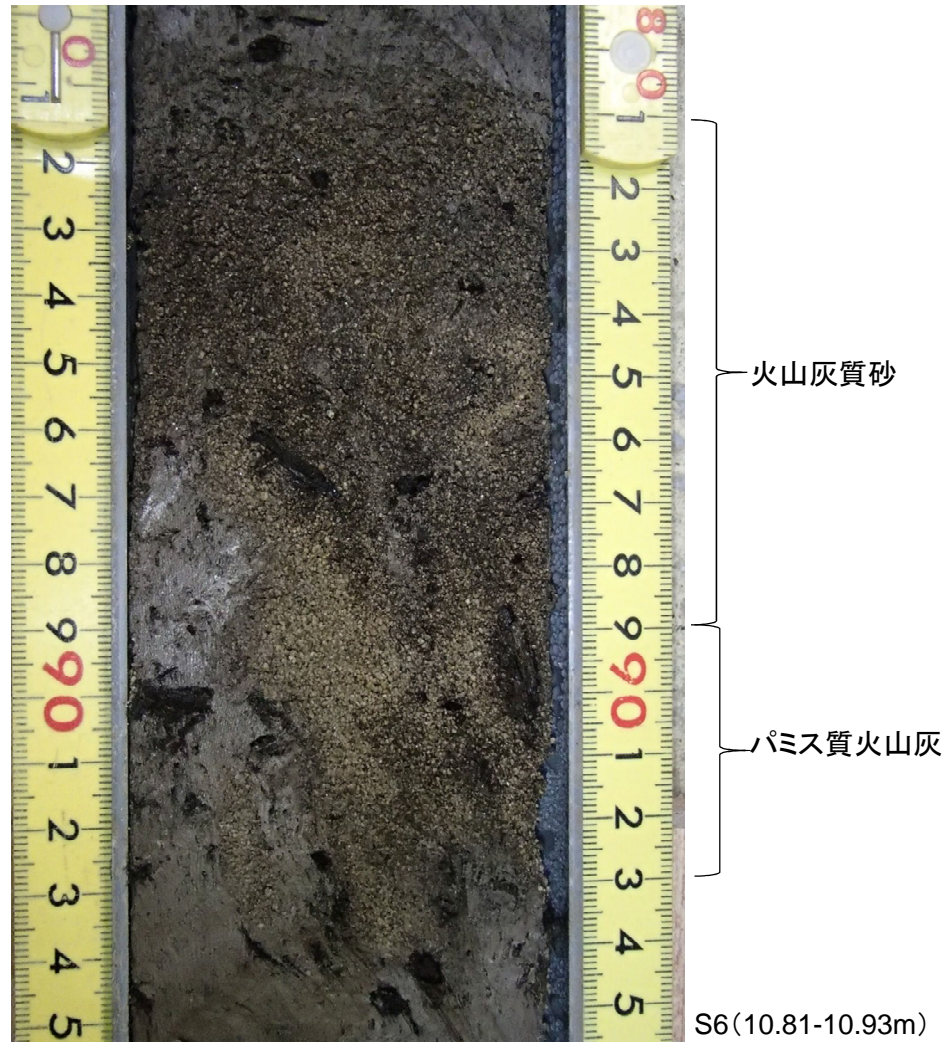
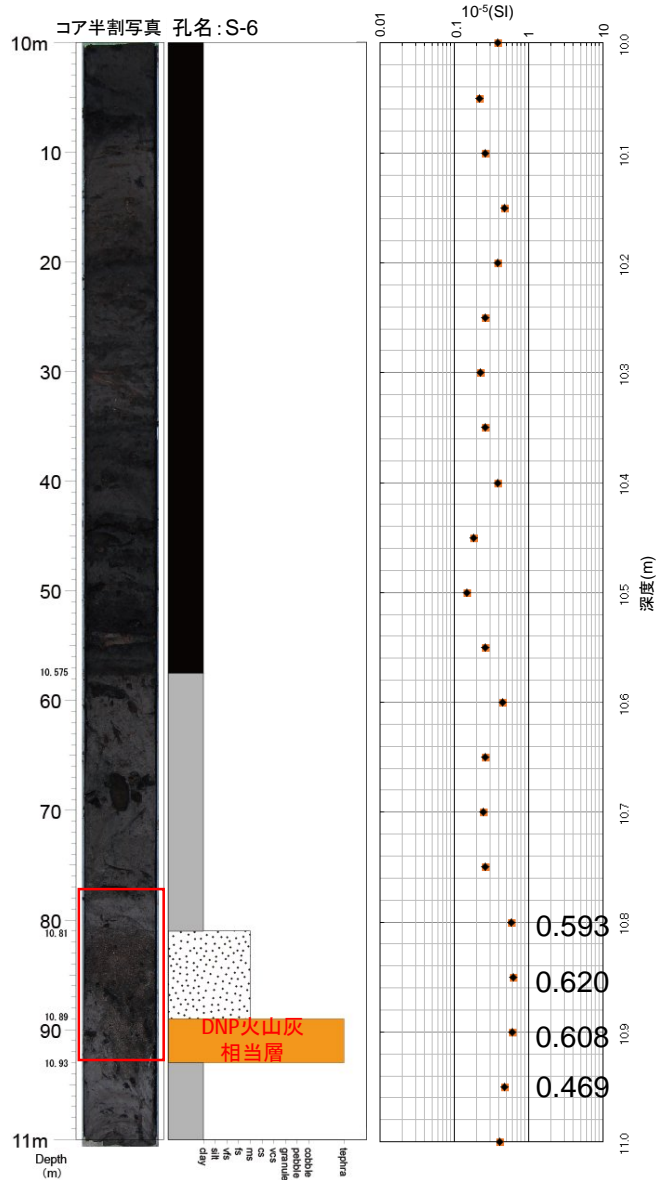
層相

- 粘土/シルト (黒色)
- 粘土/シルト (暗色)
- 粘土/シルト (明色)
- 極細粒砂
- 細粒砂
- 中粒砂
- 粗粒砂
- 極粗粒砂
- 細礫
- 中礫
- 大礫
- テフラ
- その他
- 不鮮明な葉理
- 木片
- コア半割位置
- 地層区分



DNP火山灰相当層の層相(S-6孔10.81-10.93m)

コア半割拡大写真(10.8m付近)



- ・S-6(10.81-10.93m)に分布する火山灰は、下部に層厚約4cmのパミス質火山灰が認められ、上部は火山灰質なシルト質砂からなり、火山灰の再堆積を示唆する。
- ・また、下位の灰白色粘土とは高角度の境界で接し、降灰後の擾乱の影響を被った可能性が高く、肉眼観察では降灰層厚として評価できない。
- ・帯磁率は 0.608×10^{-5} (SI)を示す。

琵琶湖高島沖地点

琵琶湖で確認された火山灰に関する既往文献の記載内容

長橋他(2004) 近畿地方および八ヶ岳山麓における過去43万年間の広域テフラの層序と編年に加筆

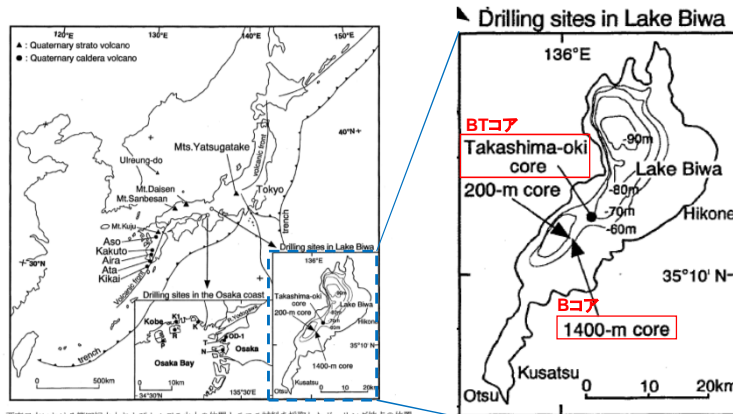


図1 西日本における第四紀火山およびカルデラ火山の位置とテフラ試料を採取したボーリング地点の位置

表2 年代指標テフラにもとづき算出した高島沖コアの堆積速度とテフラ年代

Tephra name	tephra correlation	Depth (m)	Age (Ka)	sed. rate (m/1000y)	Thickness (cm)	Maximum grain size (mm)
BT1		1.52	3.1	0.490		0.28
BT2	Kg	1.72	4.3	0.163		0.25
BT3	K-Ah	2.23	7.3		2.5	0.66
BT4	U-Okii	2.65	10.7	0.116		0.27
BT5		3.18	12.3	0.318		0.20
BT6	Sakate	4.76	17.2	↑		0.33
BT7		7.90	27.1	↑	1.0	0.87
BT8		8.35	28.5	↑	0.3	0.92
BT9	Kitoragawa	8.37	28.5	↑	1.0	1.18
BT10	AT	8.62	29.0		10.0	0.95
BT11		8.72	29.3	0.301	2.5	0.84
BT12		8.84	29.7	↑	2.0	0.73
BT14		14.59	48.7	↑		0.40
BT15	SI	14.69	49.0			0.43
BT16		26.70	79.6	0.387	2+	1.83
BT17		27.15	80.7	↑	8.5	1.80
BT18		27.20	80.9	↑	2.0	2.55
BT19		28.24	83.5	↑	5.0	1.90
BT20		28.34	83.8	↑	1.5	2.53

・長橋他(2004)によると琵琶湖高島沖コアには、DNPの層厚が5cmと示されている。

壇原他(2010) 琵琶湖1400m掘削試料の編年:フィッション・トラック年代とテフラ同定の再検討に加筆

表6 広域テフラ層準および磁気層序に基づいた1400mコアの年代制約

Depth (m)	Sample or horizon	Bed (T,S,R)	Correlation		Control-age ^{1,2} (ka)
			Key tephra or magneto-stratigraphy	BT1400 m core ^{1,2} or GPTS ^{1,4}	
10.3	B3-3	T	(reworked K-Ah)		
12.9	B5-3U	T	K-Ah	BT3	7.3
13.3	B5-3M	T			
13.5	B5-3L	T	U-Okii	BT4	10.7
25.6	B13-3	T	DSs	BT9	
27.1	B15-2	T	AT	BT10	26-29
30.3	B17-2	T	DK,m (+AT)		
37.8	B22cc	T	SI +?	BT14-15	
64.8	B40cc	T	D-?	BT16-18	
65.6	B41-2	T	DNP	BT19	
66.9	B43-1	T	Aso-4	BT22	85-90
70.2	B45-3	T	K-Tz (+Aso-4)	BT25	95
74.6	B53-3	T	Ata		105-110

表4 1400mコアのT層に挟在するテフラ分析の結果

No.	Depth (m)	Sample	Thickness (cm)	Mineral composition				LM	
				VG	LM	HM	Lth	Oth	
T bed									
1	10.3	B3-3	0.5	61	2	0	0	137	PI
2	12.9	B5-3U	1.5-1.8	194	3	1	2	0	PI
3	13.3	B5-3M	1-2	5	191	1	0	3	Kf,Qz,PI
4	13.5	B5-3L	3.5-8	92	63	2	43	0	Af
5	25.6	B13-3	1-1.5	26	70	13	91	0	PI
6	27.1	B15-2	?	156	28	4	4	8	Kf,Qz,PI
7	30.3	B17-2	?	20	95	12	58	15	Qz,PI,Kf
8	37.8	B22cc	1	62	70	47	19	2	PI,Qz
9	64.8	B40cc	6	14	149	37	0	0	PI
10	65.6	B41-2	?	26	108	66	0	0	PI
11	66.9	B43-1	5-7	150	19	10	21	0	PI

・壇原他(2010)によると琵琶湖1400mコアには、DNPの層厚が?(不明)と示されている。

・琵琶湖1400mコア地点においては、DNPの層厚が不明と示されている。一方、琵琶湖高島沖コア地点では、DNPの層厚が5cmと示されている。

水月湖地点

水月湖で確認された火山灰に関する既往文献の記載内容

Albert et al., (2018)

Constraints on the frequency and dispersal of explosive eruptions at Sambe and Daisen volcanoes (South-West Japan Arc) from the distal Lake Suigetsu record (SG06 core), Earth-science Reviews(発行準備中) に加筆

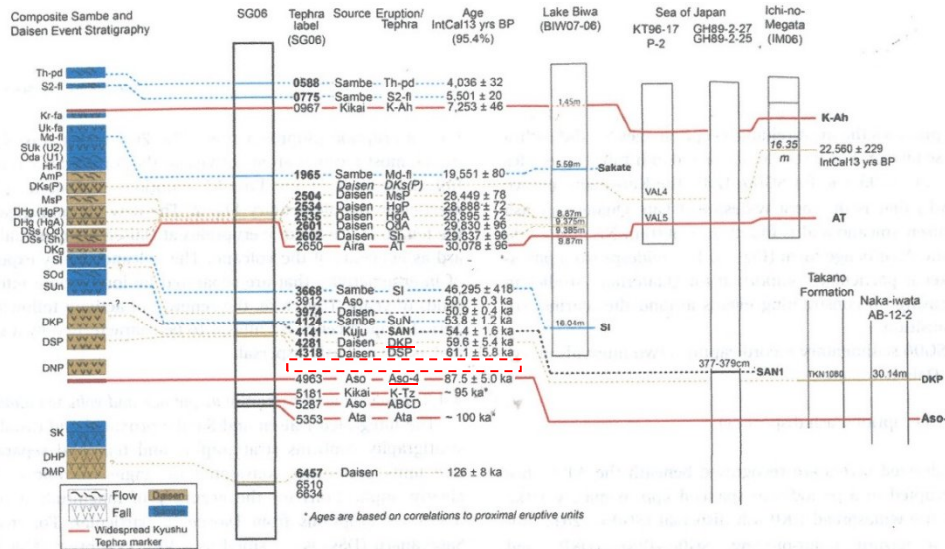


Fig. 9. The integrated proximal-distal event stratigraphy of Daisen and Sambe volcanoes based on the record preserved in the Lake Suigetsu SG06 sedimentary archive, with correlations to other sedimentary records. The SG06 tephra ages are shown as IntCal13 yrs. BP in the radiocarbon timeframe (95.4%). Beyond the annually laminated and 14C dated portion of the sequence, the age-depth model is based on a linear extrapolation that is anchored by deeper chronological tie points, which include $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of volcanic units (e.g., Aso-4/SG06-4963). All ages reported that are outside the ^{14}C timeframe are provided in ka with 2σ errors (equivalent to 95.4% probability range).

this is likely to reflect unfavourable dispersal axis. For instance the sub-Plinian/Plinian fall associated with Daisen Kusadanihara (DKs), which is exposed to the north of the Daisen summit (Domitsu et al., 2002; Yamamoto, 2017), and the Daisen Namatake (DNP) Plinian eruption, which is dispersed E/SE towards the southern shores of Lake Biwa (Yamamoto, et al., 2017) are both absent from the Lake Suigetsu stratigraphy. The Sambe Plinian Kisuki (SK) eruption (Table 1) has a strong north-easterly dispersal mapped just to the north of Lake Suigetsu (Machida and Arai, 2003). The absence of visible tephra layers associated with large magnitude eruptions at Daisen and Sambe does not preclude their future identification as non-visible cryptotephra horizons in the Lake Suigetsu record. Indeed in European distal tephrostratigraphic investigations, the mapped distribution of ash fall from many large eruptions have been greatly extended through the identification of cryptotephra layers (e.g., Blockley et al., 2007; Lowe et al., 2015; Albert et al., 2015). Ongoing cryptotephra investigations through the Lake Suigetsu sediments will resolve many additional tephra fall layers, and dramatically extend known ash dispersals of Japanese eruptions (e.g., McLean et al., 2018).

・Albert et al.,(2018)によると水月湖コア(SG06)には、肉眼視が可能なDNPの層は確認されなかったと示されている。

・水月湖においては、DNPの層は確認されていない。

①岡田・谷本(1986)に記載されるDNPの降灰層厚に関する情報

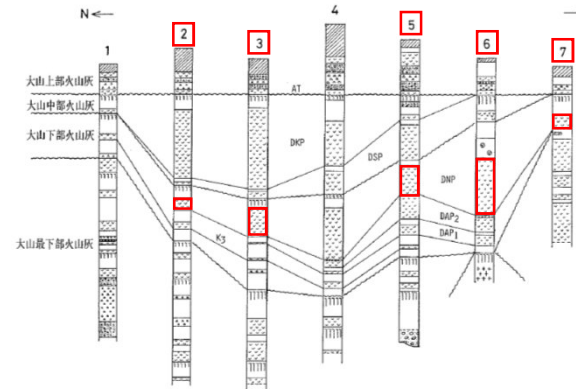
DNPの降灰層厚に関する情報について

① 岡田・谷本(1986)に記載される内容を以下に示す

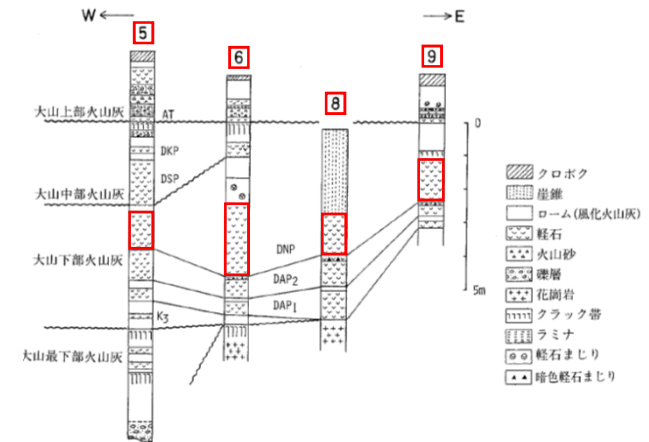
岡田・谷本(1986) : 大山下部火山灰から新たに発見された2枚の降下軽石層について より引用・加筆



第2図 柱状図の位置。1: 東柏町杉地～大杉間 2: 倉吉市服部 3: 倉吉市倅谷～般若間
4: 関金町大山池 5: 関金町荒田 6: 関金町関金宿～三朝町福本間 7: 中和村別所 8: 人形峠
9: 上斎原村恩原貯水池南



第3図 南北方向の柱状対比図。凡例は第4図。



第4図 東西方向の柱状対比図

4: 関金町大山池地点について

この地点は、報告徴収命令で示された大山地点(岡田・石賀(2000))と同一であると判断した。
なお、本文献の柱状図から読み取ったこの地点の層厚は、200cmであり報告徴収命令で示された大山池地点と同じ層厚であった。

岡田・谷本(1986)に記載される柱状図から以下に述べる対象地点のDNPの層厚を読み取ると、
倉吉市服部地点で45cm、倉吉市倅谷～般若間^{かせだに}地点で110cm、関金町荒田地点で115cm、
関金町関金宿～三朝町福本間^{ちゅうかそん}地点で220cm、中和村別所地点で50cm、人形峠地点で120cm
及^{かみさいばらそんおんばら}び上斎原村恩原貯水池南地点で120cmのDNPが記載されている。

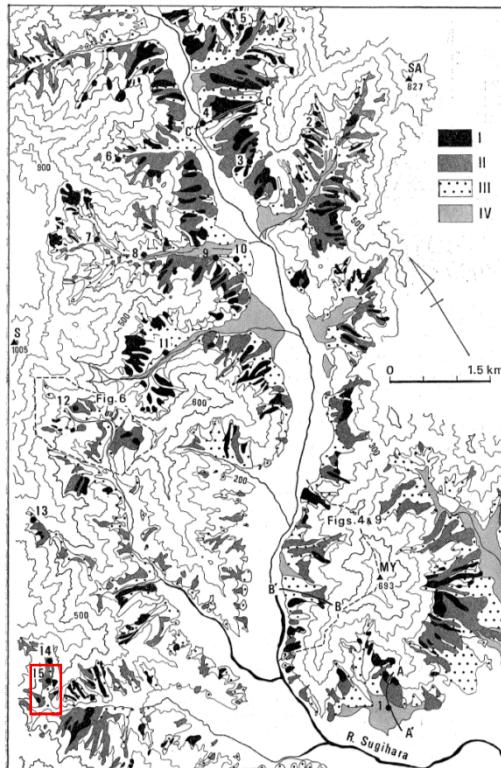
②田中他(1982)に記載されるDNPの降灰層厚に関する情報

関西電力(2019)での評価

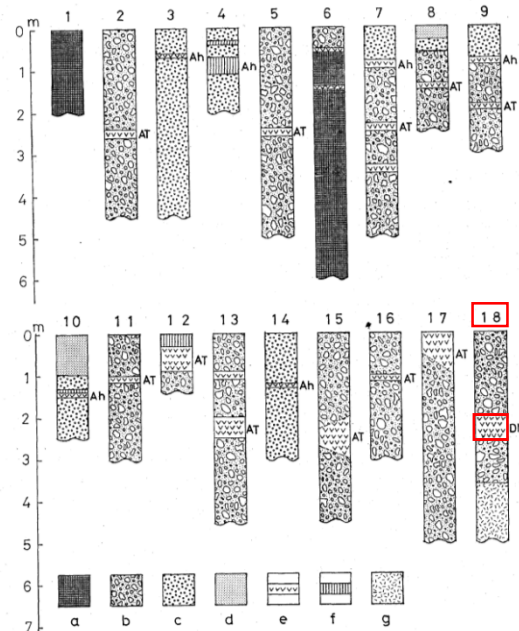
DNPの降灰層厚に関する情報について

② 田中他(1982)に記載される内容を以下に示す

田中他(1982): 杉原川流域の山麓斜面の形成機構ならびに形成年代について より引用・加筆



第3図 杉原川流域の山麓斜面の分布および露頭位置
I: I面 II: II面 III: III面 IV: IV面 MY: 妙見山 S: 千ヶ峰 SA: 樺ヶ峰
1~15: 露頭位置および図番号, A~A', B~B', C~C': 第11図の観断面形状位置



第5図 柱状図

a: I面構成層 b: II面構成層 c: III面構成層 d: IV面構成層 e: 火山灰 f: 黒ボク g: 基盤
1. 妙見山西麓 2. 妙見山西麓 3. 妙見山西麓 4. 安楽田 5. 丹治谷林道終点 6. 河上神社
7. 清水東林道 8. 轟谷奥 9. 市原谷奥 10. 市原谷中流 11. 市原谷出口 12. 熊野神社 13. 町
立牧場 14. 神光寺 a 15. 神光寺 b 16. 宮前谷奥 17. 奥荒田林道終点 18. 奥荒田林道入口

第3図15地点では、粗大な堆積物よりなるII面構成層がみられる。この堆積物中からは、その時代決定の資料として他の火山灰層が見つかった(第5図, 18)。この火山灰層の厚さは40~60cm, 2次堆積の分も含めると、その厚さは80cmに達する部分もある。野外での観察からは、ATに比べてより固く、粘性があり、厚さは大という特徴がある。この火山灰は有色鉱物の特徴から大山を給源とする大山生竹軽石(DNP)(町田・新井, 1979)に対比され、その降下年代は6~7万年前と推定されている¹¹⁾。

田中他(1982)によれば、兵庫県多可町奥荒田林道入口地点でDNPの層厚が40~60cmと記載されている。

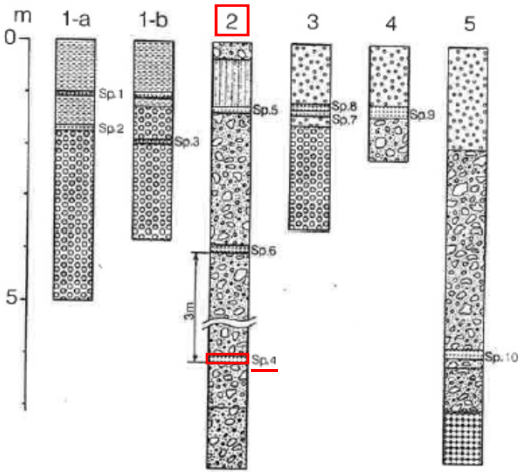
③野村・田中(1992)に記載されるDNPの降灰層厚に関する情報

関西電力(2019)での評価

DNPの降灰層厚に関する情報について

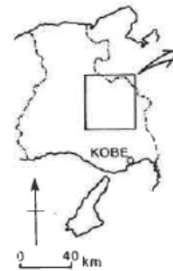
③ 野村・田中(1992)に記載される内容を以下に示す

野村・田中(1992):兵庫県東部に降下した後期更新世以降のテフラ より引用・加筆



第二図 柱状図

1. 降下テフラ
2. 火山灰質堆積物
3. ローム混じり岩層
4. クロボク
5. シルト層
6. 段丘礫層
7. 半固結～未固結岩層
8. 固結の進んだ岩層
9. 基盤岩



第一図

以下、Sp.1について検討する。Sp.4は斜方輝石・角閃石からなることから、大山起源のものであると判断される。Sp.5に「A」の火山ガラスを多量に含有することから、このテフラは大山中部累層よりも古いと考える。また、葦山地域や、大山東麓地域のテフラは、下部のものほど、角閃石が多い傾向にある(野村、一九九二)。また、大山中部累層のそれぞれのテフラは鉱物の品種に特徴がある(前田・新井、一九七九)が、Sp.4はその特徴をそなえていない。この様な点から、このテフラは大山下部累層に相当すると考える。下部累層の中で、Sp.4と類似した鉱物組成のテフラにはSp.5があり、Sp.5はDNPであると判断される。なお、DNPはこの地域では流層面II面の最下部付近に確認されており(田中ほか、一九九二)、「A」におけるSp.4の存在の仕方と共通している点とも調和的である。

(中略)

①) 氷上町沼のテフラ
(二) 氷上低地
加古川上流部には中・古生層の頁岩、頁岩とチャートが互層をなす層状チャートからなる山地がある。これら山地のうち、チャートの分布する地域には、山麓に大量の岩層が供給され、急傾斜の麓層面が形成されている。「A」はそのような麓層面中であり、岩層はマトリックスの状態から一層に区分できる。下半部は径八十cm以下の未風化の岩層よりなり、マトリックスが粘土質で、固結が進行している。一方、岩層層の上半部は半固結～未固結、未風化で、下部と同様に径八十cm以下の未風化の岩層よりなる。その上部は岩層が点在するクロボクに覆われる。構成岩石はすべてチャートであり、未風化で、稜角が鋭く、堅硬である。岩層層中には、最下部付近に降下軽石層、最上部付近にガラス質火山灰が、いずれもレンズ状で挟在している。また、上位の岩層のほぼ中部には、岩層層の他の部分にくらべてシルト質マトリックスにとむ点で特徴的な岩層層があり、露頭中央部の埋没谷地形を示す部分以外は、現在の地表とはほぼ同様の傾斜で堆積している(第二図)。
下位の降下軽石(Sp.4)は最大層厚三十cm、黄赤色を呈し、水分が多い場合はミソ土状を呈してみられる。上位のガラス質火山灰(Sp.5)は黄褐色を呈し、層厚八cmである。岩層層中のマトリックスにとむ角礫層(Sp.6)は、層厚約五十cm、ペブル以下の角礫を含有し、黄灰色を呈し、火山ガラスを多量に含有している。

野村・田中(1992)によれば、兵庫県丹波市氷上町沼地点でDNPの層厚が30cmと記載されている。

資料7: DNP等層厚線面積の検証について

- ・ DNPの噴出規模を算出するため、Google Earth Proを用いて各等層厚線図の面積を下のとおり算出した。
- ・ これらの面積の妥当性を検証するため、三斜法により算出を行い、比較した。

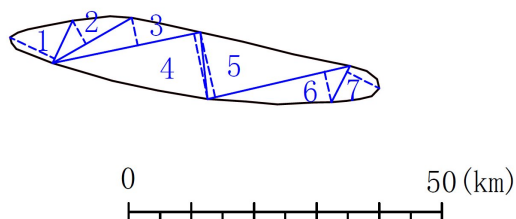


降灰層厚(cm)	25	50	100
面積(km ²)	3,589	1,646	474

Google Earth Proにより算出した面積

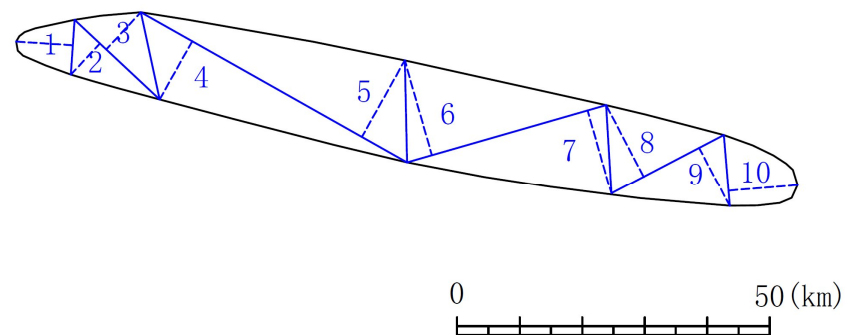
・三斜法は等層厚線図を三角形に分割し、各三角形の面積の合計によって等層厚線図の面積を求めるものであり、数多くの三角形に分割するほど高精度となるが、ここでは10程度の分割を行い、面積を求めた。

等層厚線: 100cm



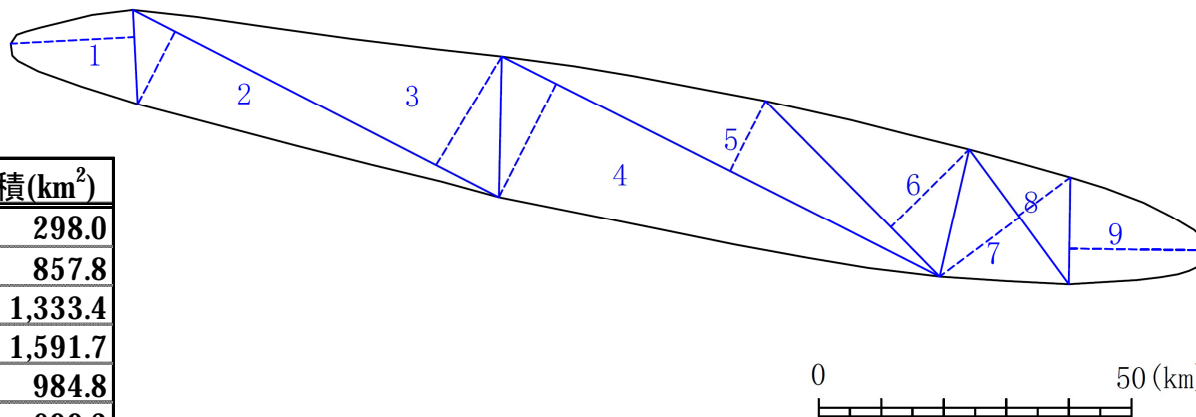
番号	底辺(km)	高さ(km)	倍面積(km ²)
1	7.491	7.895	59.1
2	14.594	4.283	62.5
3	24.076	4.528	109.0
4	24.076	10.623	255.8
5	23.326	10.597	247.2
6	23.326	4.961	115.7
7	6.488	5.806	37.7
合計			887.0
面積			443.5

等層厚線: 50cm



番号	底辺(km)	高さ(km)	倍面積(km ²)
1	8.777	9.103	79.9
2	18.633	6.792	126.6
3	18.633	8.076	150.5
4	48.834	10.617	518.5
5	48.834	14.008	684.1
6	33.127	15.737	521.3
7	33.127	13.850	458.8
8	20.283	12.937	262.4
9	20.283	10.552	214.0
10	11.448	11.123	127.3
合計			3,143.4
面積			1,571.7

等層厚線：25cm



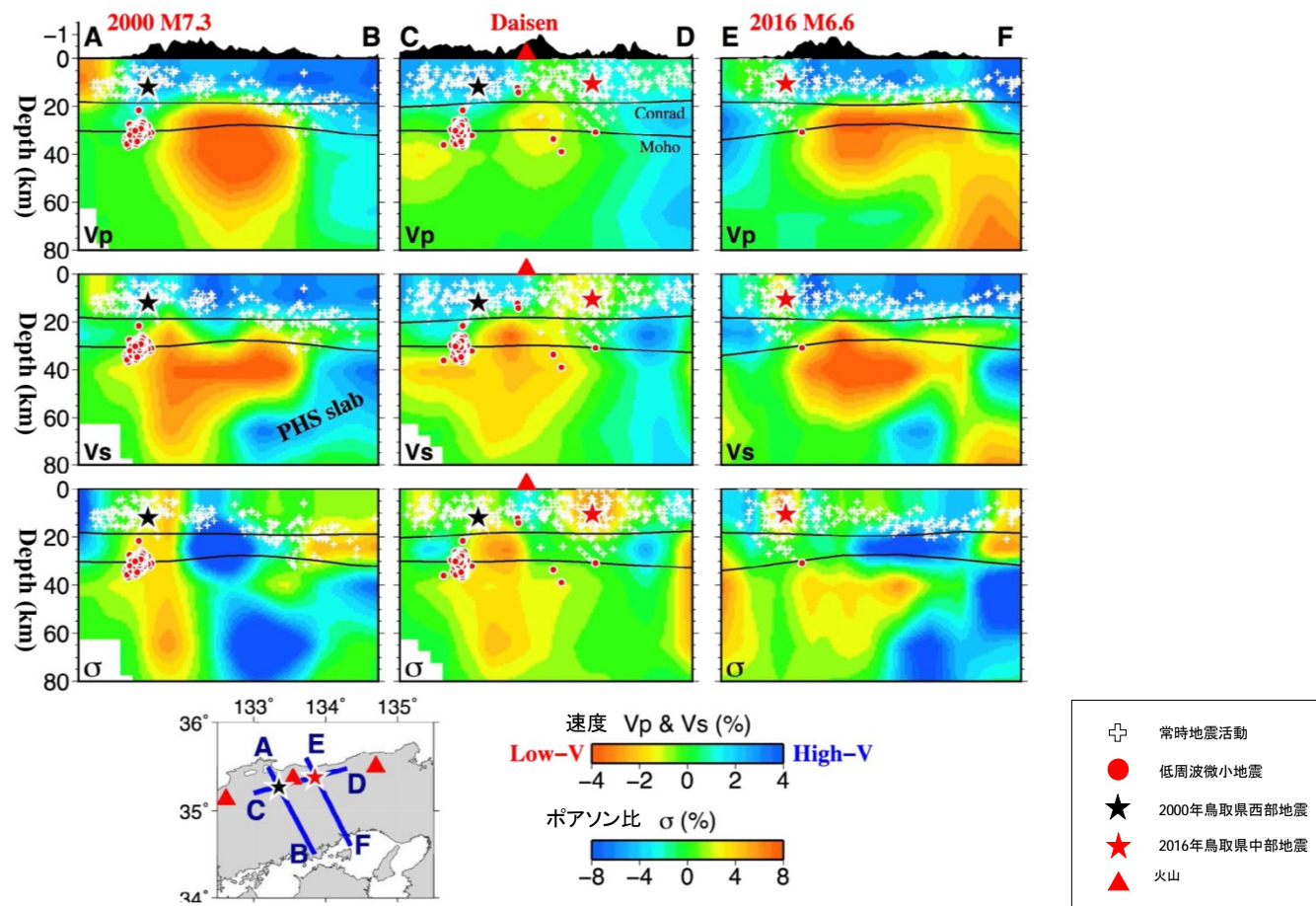
番号	底辺(km)	高さ(km)	倍面積(km ²)
1	15.078	19.761	298.0
2	65.725	13.052	857.8
3	65.725	20.287	1,333.4
4	78.364	20.311	1,591.7
5	78.364	12.567	984.8
6	39.555	17.678	699.3
7	26.755	15.903	425.5
8	26.755	10.276	274.9
9	16.988	22.138	376.1
合計			6,841.4
面積			3,420.7

- Google Earth Proで算出した面積と、三斜法で算出した面積を下表に示す。
- 三斜法で算出した面積は、Google Earth Proで算出した面積の94～96%を再現できており、Google Earth Proで算出した面積は妥当であることを確認した。

降灰層厚(cm)	25	50	100
①Googel Earth Proで算出した面積(km ²)	3,589	1,646	474
②三斜法で算出した面積(km ²)	3,420	1,572	444
比率(②÷①)	95%	96%	94%

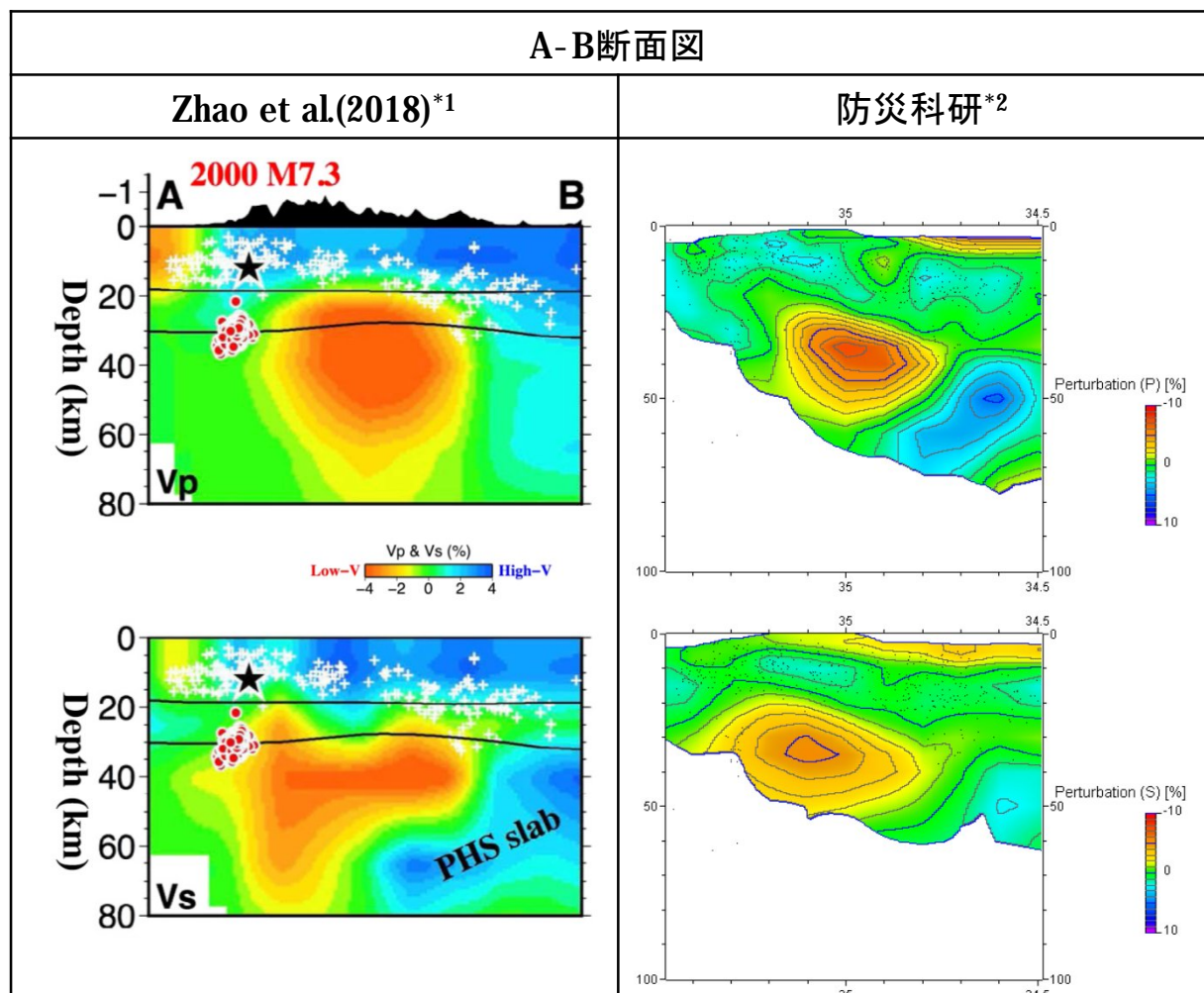
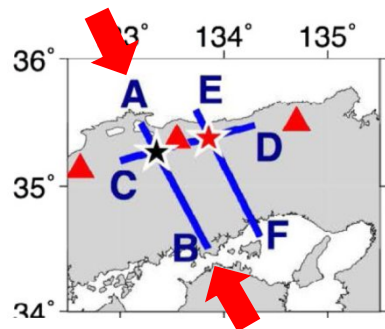
資料8: 防災科学技術研究所による地震波速度構造モデルについて

- Zhao et al.(2011,2018)によれば、地震波トモグラフィ解析の結果、大山の地下深部に広がる低速度層は20km以深に位置しているとされている。
- 一方、防災科学技術研究所（以下、「防災科研」という。）では、高感度地震観測網(Hi-net)、日本海溝海底地震津波観測網(S-net)の地震観測データを使用した日本列島下の3次元地震波速度構造モデルが公開されており、順次改定が行われている。
- 最新の公開データである「海域拡大2019年版」について、Zhao et al.による速度構造モデルとの比較を行う。



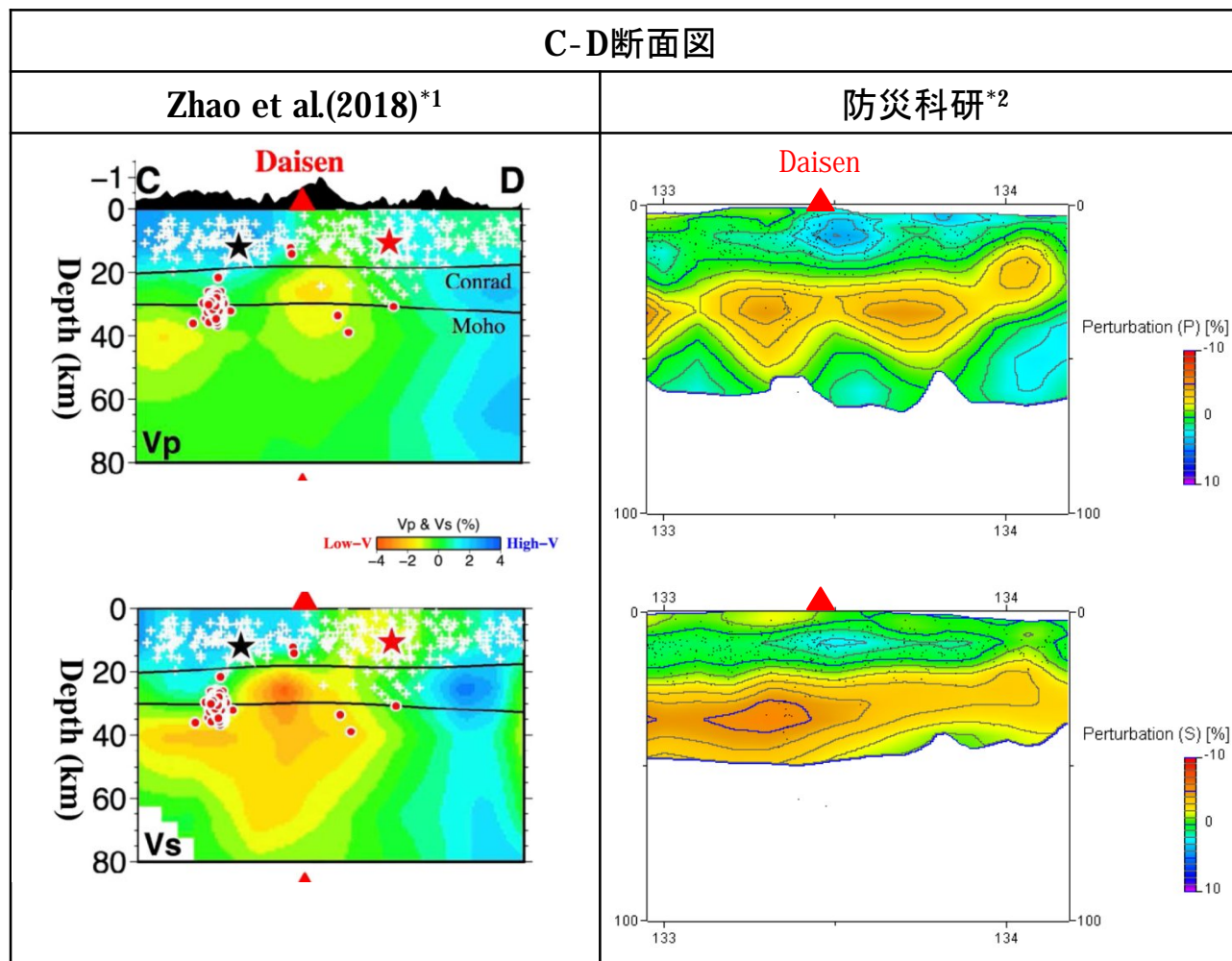
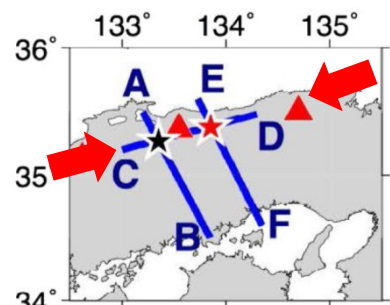
Zhao et al.(2018)より引用・加筆

- ・ 防災科研の速度構造モデルは、そのデータや、任意の位置において断面図を作成するソフトウェア（日本列島三次元地震波速度構造表示ソフトウェア）がホームページ上で公開されている。
(http://www.hinet.bosai.go.jp/topics/sokudo_kozo/)
- ・ それらを用い、Zhao et al.(2018)が示す断面図と同じ位置において作成した断面図とを比較する。



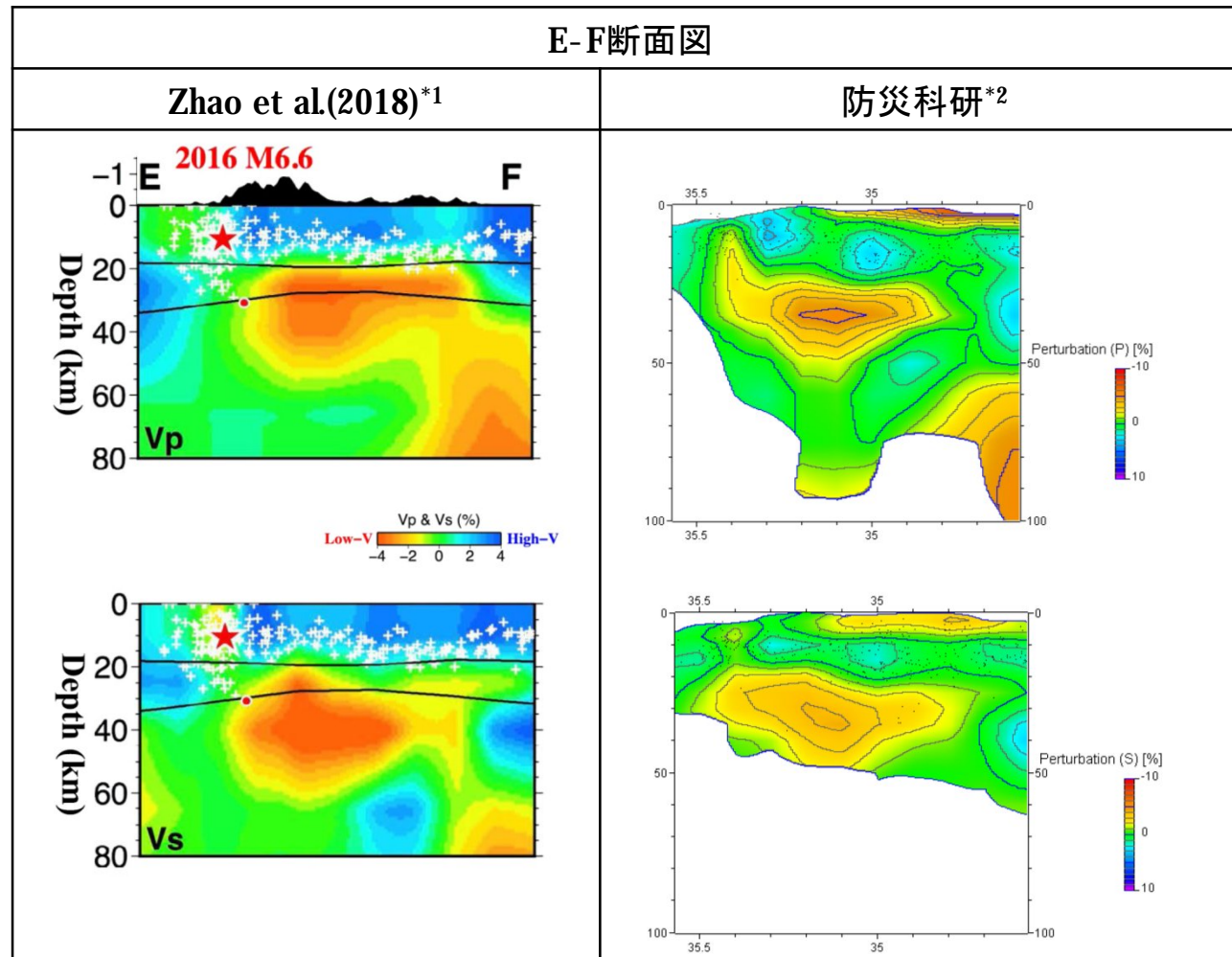
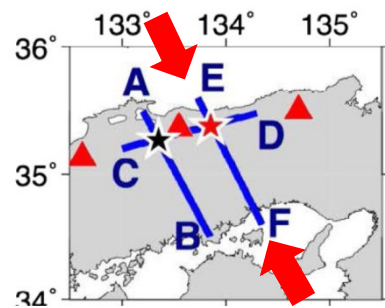
*1: Zhao et al.(2018)より引用・加筆

*2: Matsubara et al.(2019)より引用



*1: Zhao et al.(2018)より引用・加筆

*2: Matsubara et al.(2019)より引用・加筆



*1: Zhao et al.(2018)より引用・加筆
 *2: Matsubara et al.(2019)より引用・加筆

・ 防災科研では、Zhao et al.(2018)と概ね同等の深度に同様の低速度層が分布することが示されている。

資料9： 既往文献による降下火碎物の体積算出方法の概要について

Legros(2000)による降下火砕物の体積算出方法の概要について

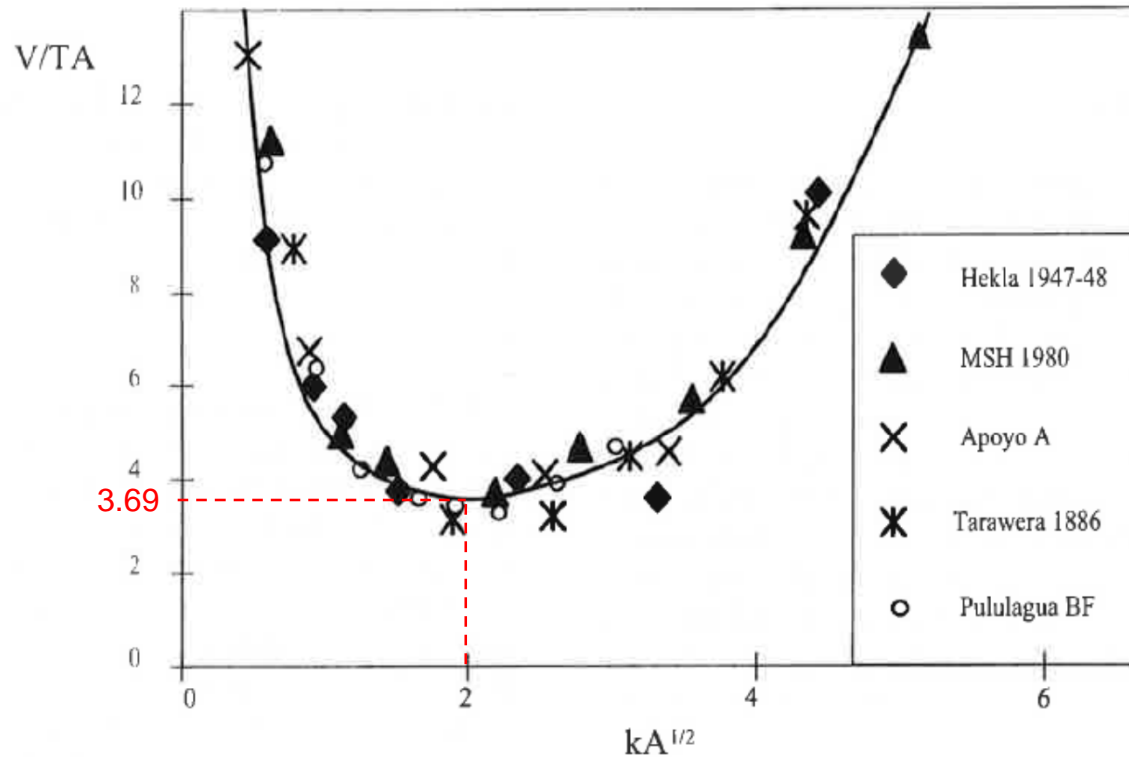


Fig. 1. Theoretical relation between the dimensionless volume V/TA and the dimensionless thinning rate $kA^{1/2}$ as deduced from Eq. 4. V/TA has a minimum value of 3.69 for $kA^{1/2} = 2$. Isopach data from several deposits are seen to collapse around this curve (references in Table 1).

V/TA は $kA^{1/2}=2$ に対して最小値3.69となる。
 いくつかの火砕物からの等層厚線のデータはこの曲線の周辺にプロットされる。

Legros(2000)より引用・加筆

図-1 $V=2Texp(kA^{1/2})/k^2$ の式から導き出される V/TA と $kA^{1/2}$ の理論的關係

Legros(2000)によると、降下火砕物の層厚が火口から離れるにつれて指数関数的に減少するという仮定に基づき得られる $V=2Texp(kA^{1/2})/k^2$ の式から V/TA と $kA^{1/2}$ の理論的關係を図-1のように示し、 $V=3.69TA$ の式を提案したと示される。この手法は、1つの等層厚線のデータが得られたときに最小体積を求めることができるものである。

Hayakawa(1985)による降下火砕物の体積算出方法の概要について

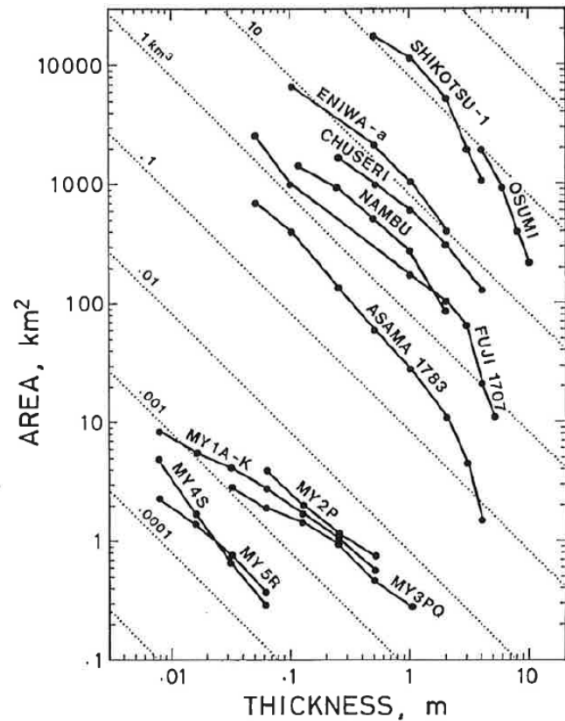


Fig. 42. Relation between the areas enclosed by isopachs, S , and the thickness, T , for the Miyakejima 1983 deposit (MY; HAYAKAWA *et al.*, 1984) and for some plinian deposits (references are given in Table 12). The product TS is almost constant for each deposit excepting the Osumi deposit and some of the Miyakejima deposit. The dotted lines are iso-volume lines assuming $V=12.2 TS$.

点線は、 $V=12.2TS$ と仮定したときの同体積線

Hayakawa(1985)より引用・加筆

図-1 火砕物に対する等層厚線の面積 S と厚さ T の関係

表-1 結晶法により質量と体積を求めた降下火砕物のTSに対するVの割合

Table 10. Ratio of V to TS for the deposits for which the mass (and volume) has been determined by the crystal method.

	M ($\times 10^{15}$ g)	V (km^3)	T (cm)	TS (km^3)	V/TS
Taupo*	13.74	24	50	1.53	15.7
			25	2.27	10.6
Waimihia*	17.77	29.08	50	2.26	12.9
			25	1.90	15.3
Hatepe*	3.70	6.00	50	0.530	11.3
			25	0.455	13.2
Chuseri	4.01	6.68	100	0.593	11.3
			50	0.495	13.5
Nambu	0.97	2.16	50	0.253	8.5
			25	0.232	9.3
(Average)				5つの降下火砕物の傾き(V/TS)の平均値 \Rightarrow	12.2

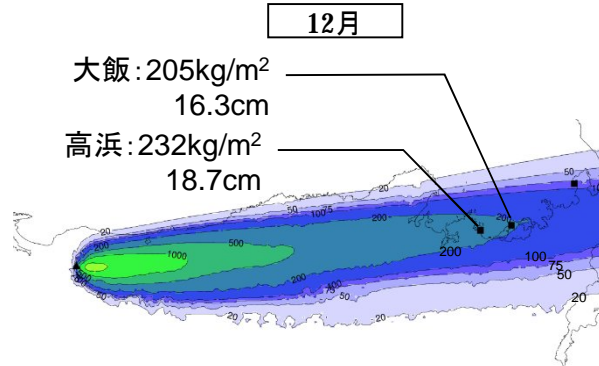
Hayakawa(1985)より引用・加筆

Hayakawa(1985)によると、等層厚線に囲まれる面積 S と厚さ T の関係は図-1のように示され、厚さと面積の積 TS は一部の降下火砕物を除くと各火砕物でほぼ一定であり、同じ火砕物では大きく変わらないと示される。この性質を利用することによって、Hayakawa(1985)は、体積 V を簡便に計算することのできる式 $V=12.2TS$ を導いた。係数12.2は、表-1に示す結晶法により計算された5つの降下火砕物の結果から、体積 V が積 TS と比例関係にあるとし、5つの降下火砕物の傾き(V/TS)の平均値である。

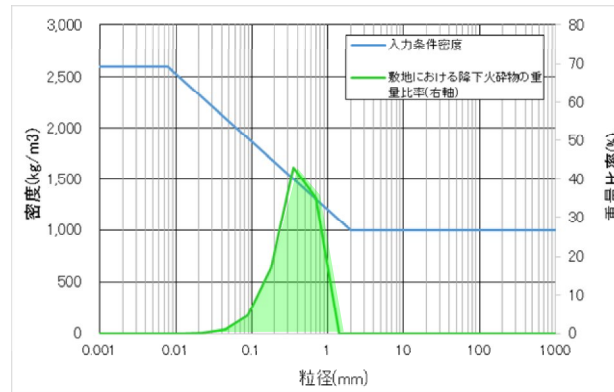
資料10: 敷地におけるDNP降下火碎物の密度について

降下火砕物シミュレーションの結果から、各発電所敷地に降灰する降下火砕物の密度及び粒径を確認した。

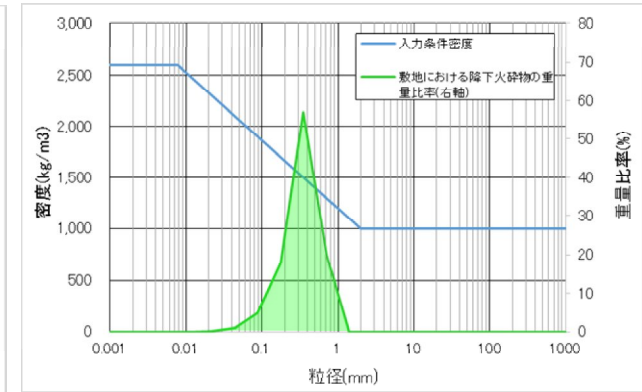
基本ケース(再掲)



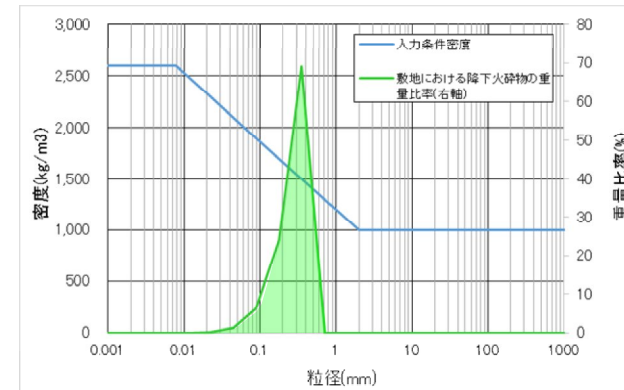
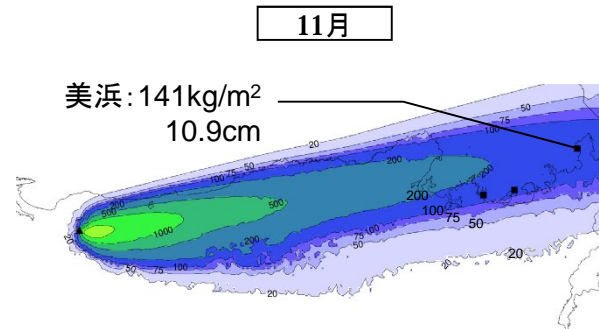
高浜発電所



大飯発電所



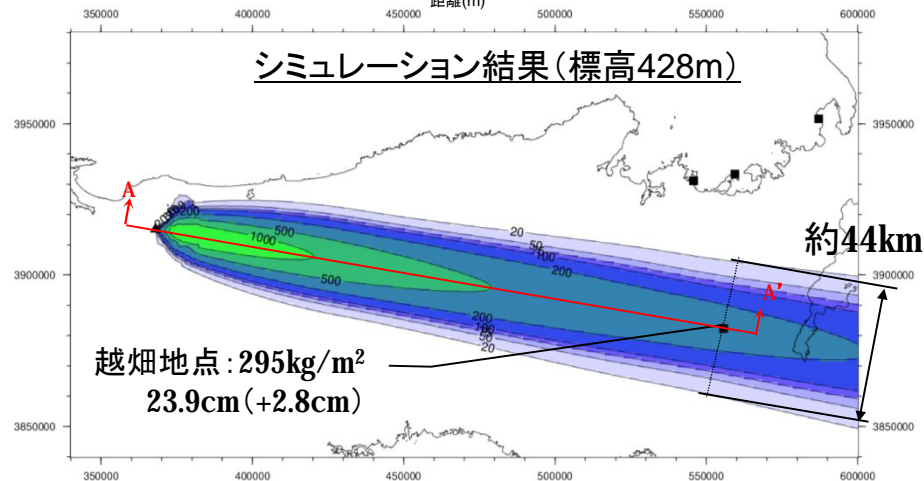
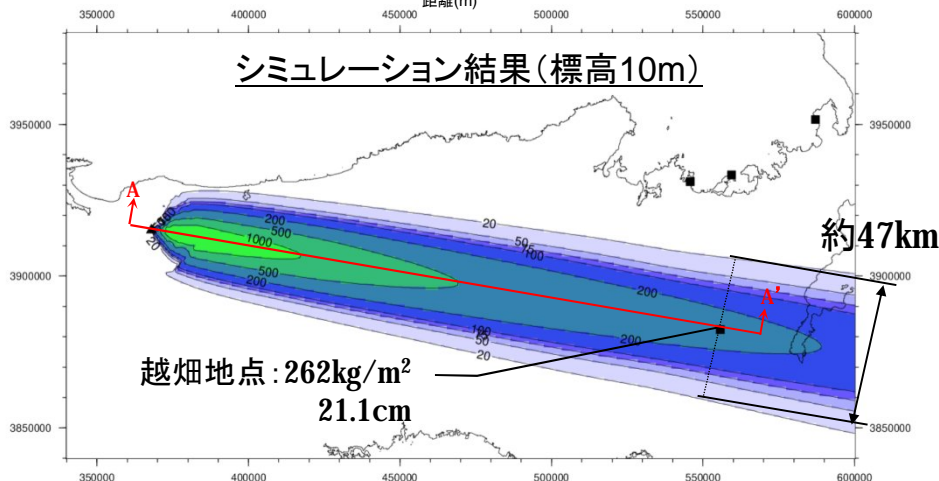
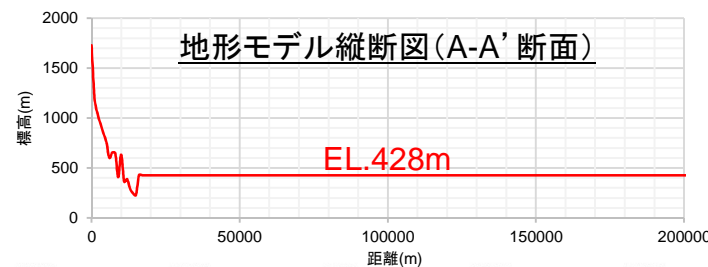
美浜発電所



- ・基本ケースのうち降下火砕物層厚が最も大きかった月(高浜・大飯は12月、美浜は11月)において、発電所敷地に降灰する密度及び粒径の分布を示す。
- ・各発電所には主に粒径0.1~1.0mmの範囲の軽石主体の降下火砕物が堆積する。

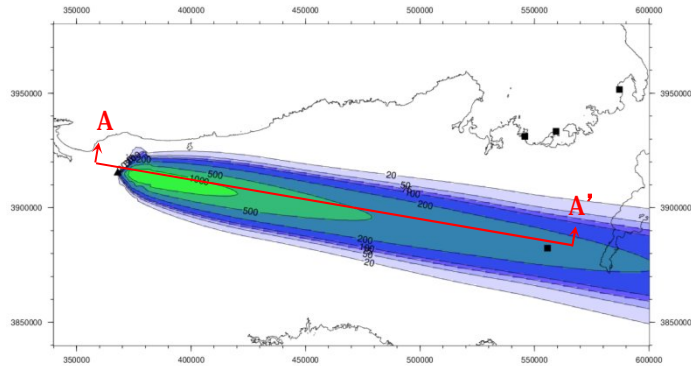
資料11: 降下火碎物シミュレーションの妥当性の検証

- ・不確かさケース1における大飯発電所の層厚が19.3cmであるのに対し、風向のみを越畑地点に向けた仮想風としたシミュレーションでは、越畑地点の層厚が23.9cmとなった。この差異について検討した。
- ・大飯発電所地点の標高は10m、越畑地点の標高は428mであり、大山からの距離はそれぞれほぼ同じである。
(大飯は約192km、越畑地点は約191km)
- ・層厚の違いが生じる要因として評価地点の標高の影響が考えられることから、その確認のため、シミュレーション領域の地表標高を、一律EL.10mとした場合と、一律EL.428mとした場合のシミュレーションを実施し、層厚の変化を確認した。

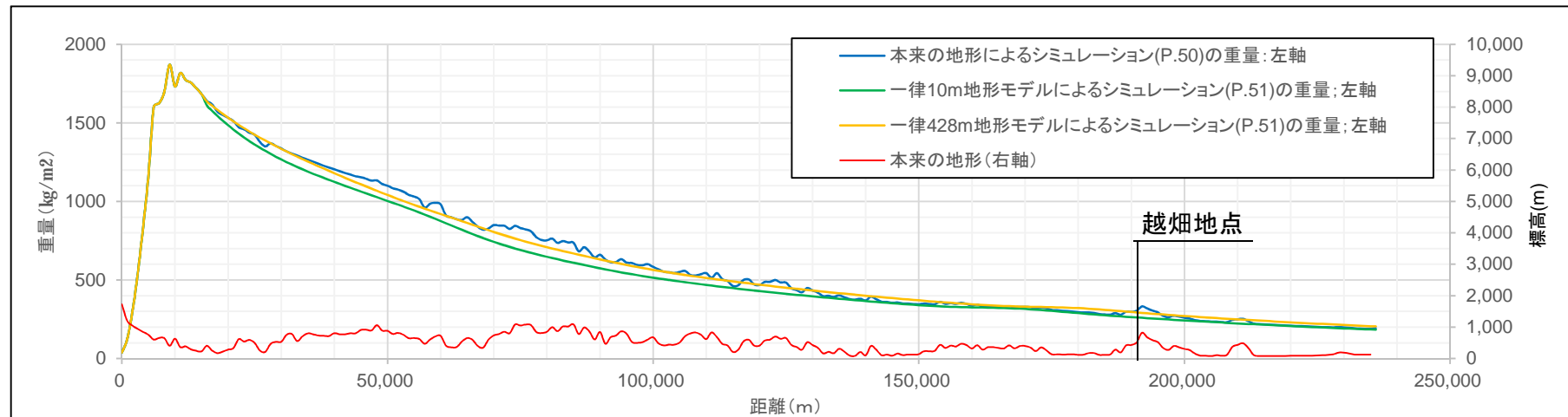


- ・地表標高を10mにした場合と428mにした場合では、越畑地点は約3cmの層厚の上昇が確認された。
- ・また、越畑地点における20cm以上の堆積幅は、地表標高10mの場合、428mの場合に比べ広く堆積することが確認された。
- ・地表の標高が低いほど、降下火砕物の落下時間は長くなり、その結果、拡散も進むことから、標高が低いほど降下火砕物が降灰する範囲の幅は広くなり、堆積する層厚は薄くなると考えられる。
- ・以上から、不確かさケース1における大飯発電所と、越畑地点への仮想風シミュレーションでの越畑地点における層厚の差異の主たる要因は、各地点の標高の違いと考えられる。

- ・風向のみを越畑地点に向けた仮想風としたシミュレーションは本来の地形モデルを用い、また、前頁のシミュレーションではその地形モデルをEL.10m及びEL.428mに改変したモデルで実施した。
- ・本来の地形モデルによるシミュレーションは、地形の起伏が降下火砕物の降灰に影響を及ぼしていると考えられるため、その確認を行った。



地形モデル及び降下火砕物重量縦断位置図



地形モデル及び降下火砕物重量縦断面図

- ・本来の地形によるシミュレーション結果では、地形の起伏に応じて降下火砕物の重量も変化するが、一律10m及び428mとした地形モデルでは降下火砕物の重量は距離に応じて一律的に推移することを確認した。
- ・本来の地形による重量と、一律428mとした地形による重量は、越畑地点付近においては一致することを確認した。