

電源開発株式会社
大間原子力発電所

意見聴取会指摘事項について
(地質関係)

平成16年8月
原子力発電安全審査課

目 次

1. トレンチにおける阿蘇4火山灰の分布状況について
2. M₃面段丘堆積物中に認められる変状の形成について
3. 淡灰色火山礫凝灰岩中の筋状組織の変位について

1. トレンチにおける阿蘇4火山灰の分布状況について

- 1) トレンチにおける阿蘇4火山灰の分布状況について詳しく説明すること。

申請者はトレンチで認められた阿蘇4火山灰の検出・同定について、次のようにまとめている。

1) トレンチ内の火山灰の分布

申請者は、トレンチ内の火山灰の分析に際しては、ローム層を対象に原則として斜面上の測線沿いに10cm間隔で試料採取を行い、顕微鏡下で200粒子の構成粒子について観察を行っている。その構成粒子中の火山ガラス含有率の鉛直分布(青点のプロット)を図-1.1～図-1.3に示す。火山ガラスの含有率には、ローム層cないしローム層bの最上部に顕著なピークが認められる。このピークを示す箇所構成粒子は、緑色角閃石に富み少量のカミングトン閃石を特徴的に伴うこと、ガラスの密集度が高いこと、多くの包有物を含む塊状及び軽石状のガラスが多いこと等の特徴から、銭亀女那川火山灰(Z-M; 山縣他,1989)に同定されるとしている。

また、上記の各深度の試料について約500～約1,000粒子を観察し、火山ガラスの形態について検討した結果、阿蘇4火山灰(Aso4)起源と考えられる火山ガラスが検出された。これらの火山ガラスの形態を図-1.4及び図-1.5に示す。これらの火山ガラスは大規模な火山活動に特徴的なバブルウォール型で、多くは風化により溶け残った肉厚部がY字状の形態を示しており、町田他(2003)に記載されている日本各地の阿蘇4火山灰のガラス形態(図-1.6)と酷似している。さらに、これらのガラスの一部について屈折率を測定するといずれも $n=1.505\sim 1.508$ を示し、町田他(1985)に示された阿蘇4火山灰のガラスの屈折率($n=1.505\sim 1.514$, 多くは $n=1.506\sim 1.510$)の範囲に収まるとしている。以上のことから、これらの火山ガラスは阿蘇4火山灰の火山ガラスであると判断されるとしている。

阿蘇 4 火山灰の火山ガラスの検出個数の鉛直分布(赤点のプロット)を図-1.1～図-1.3 に示す。阿蘇 4 火山灰の検出個数は少ないものの、銭亀女那川火山灰の下位のローム層 b の層準に分布することが確認されている。これらの 2 つの火山灰の層位学的上下関係は、銭亀女那川火山灰が約 5 万年前、阿蘇 4 火山灰が約 7 万年前の堆積とされていることと調和的であり、この点からもローム層 b 中の阿蘇 4 火山灰の同定に問題はないものとしている。

2) トレンチ周辺のボーリングコアにおける火山灰の分布

申請者は、図-1.7 に示すトレンチ周辺のボーリングのコアにおいてもローム層から 10cm 間隔で試料採取を行って、トレンチ内と同様に顕微鏡下で 200 粒子の構成粒子について観察したとしている。さらに各試料の 3,000～4,000 粒子について阿蘇 4 火山灰の観察を行い、その結果をトレンチ沿いの断面図とともに、図-1.8～図-1.10 に示している。

図-1.8～図-1.10 によれば、トレンチ周辺のボーリングコアにおいてもローム層上部に火山ガラスの分布(青色のプロット)のピークが認められる。このピークの火山灰は、トレンチと同層準に分布すること、構成粒子やガラス形態も同様であることから銭亀女那川火山灰であるとしている。

また、トレンチと同様に検出した阿蘇 4 火山灰の火山ガラス(赤色のプロット)は銭亀女那川火山灰の下位のローム層のほぼ同じ層準に広く分布していることが確認されたとしている。

3) 参考文献

山縣耕太郎・町田 洋・新井房夫(1989) : 銭亀-女那川テフラ 津軽海峡函

館沖から噴出した後期更新世のテフラ, 地理学評論, 62, 195-207

町田 洋・新井房夫(2003) : 新編 火山灰アトラス ー日本列島とその周辺ー,

東京大学出版会, 336p

町田 洋・新井房夫・百瀬 貢(1985) : 阿蘇4火山灰 ー分布の広域性と後

期更新世示標層としての意義ー, 火山, 30, 49-70

位置図

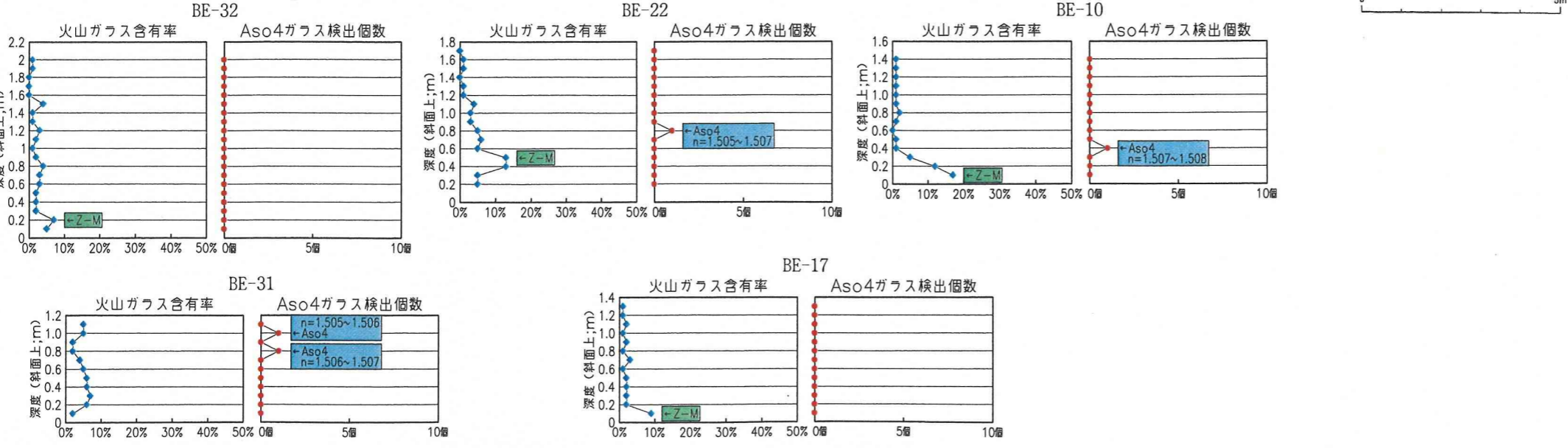
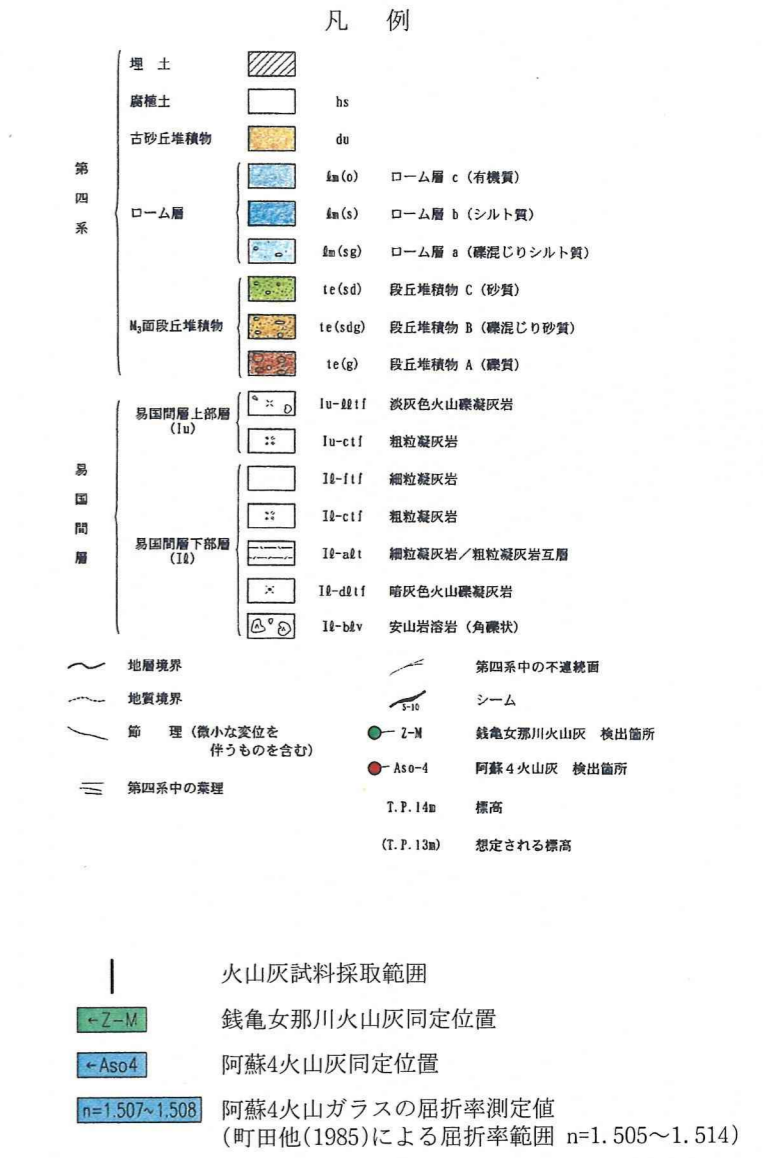
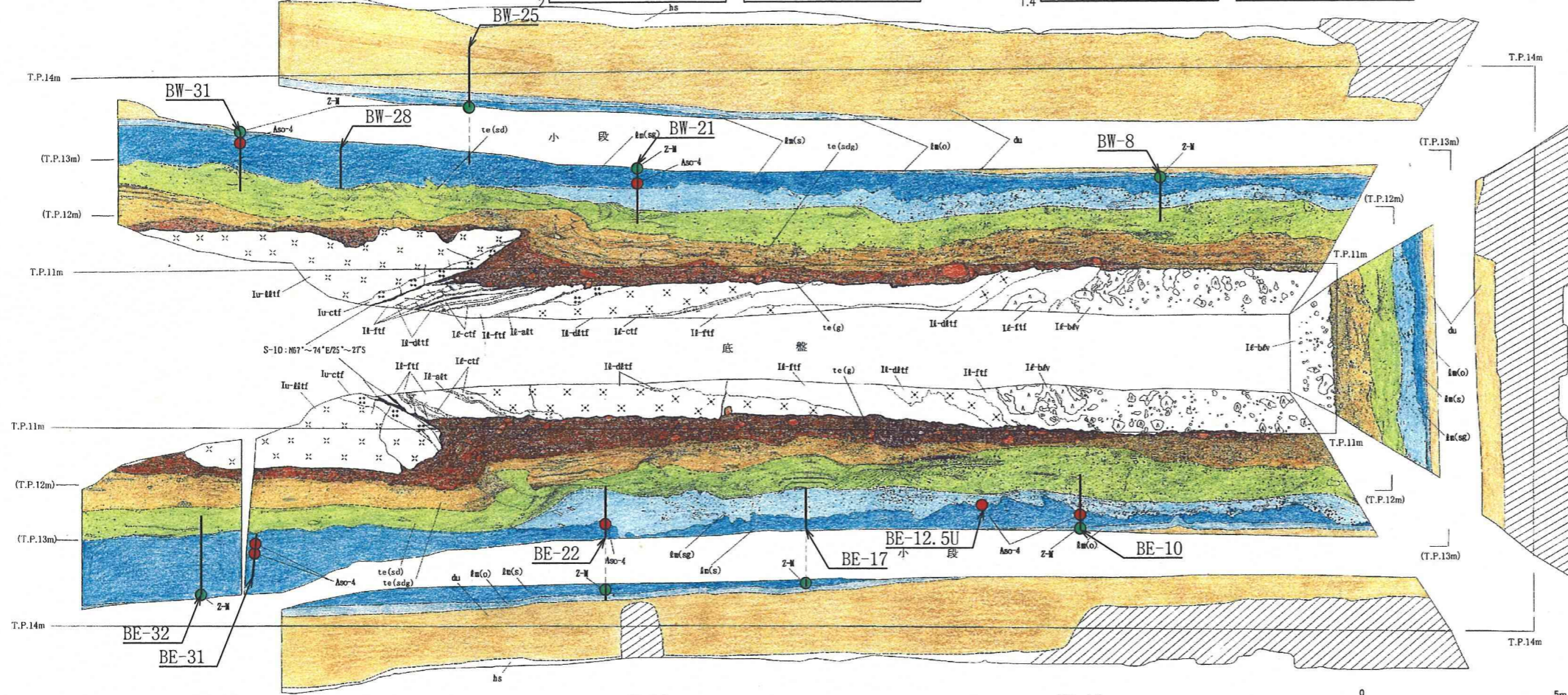
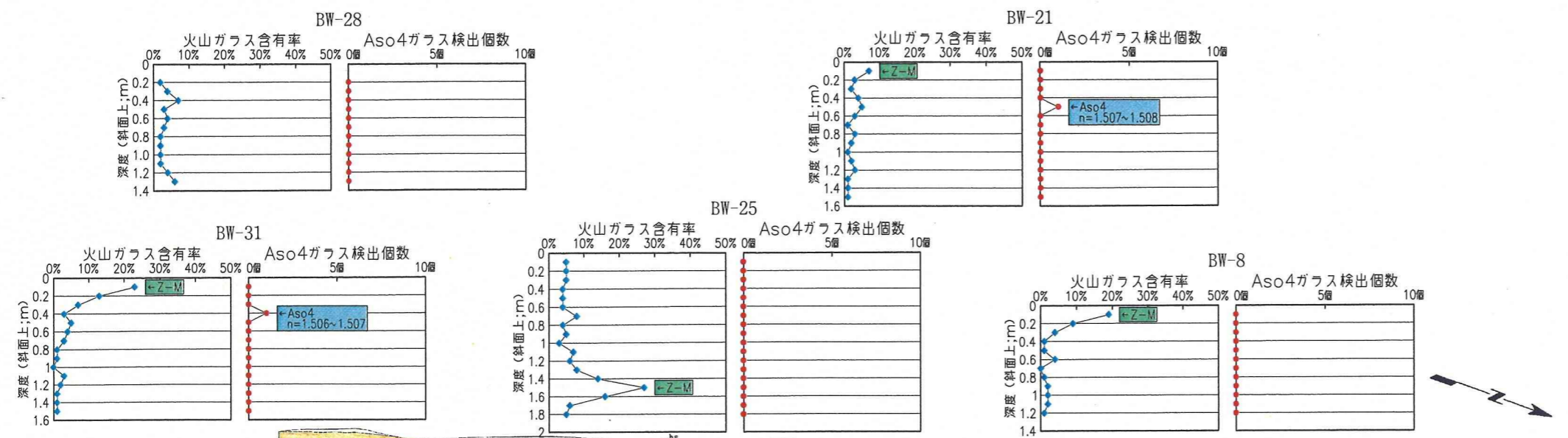
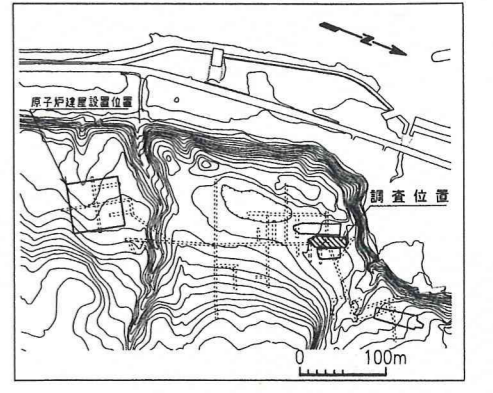
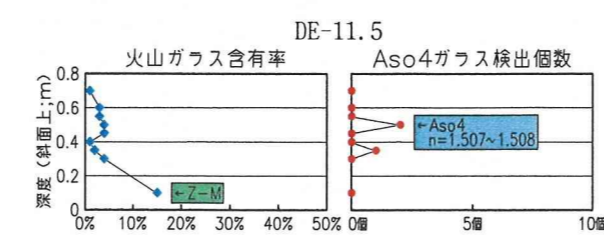
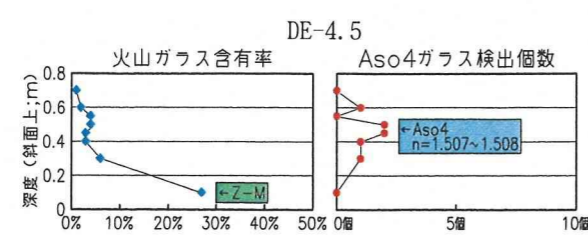
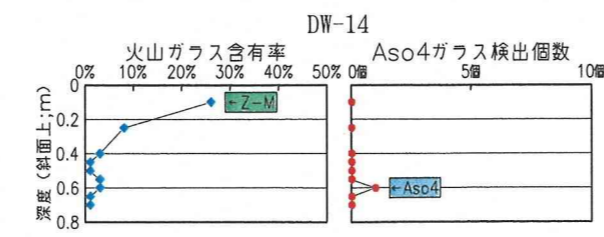
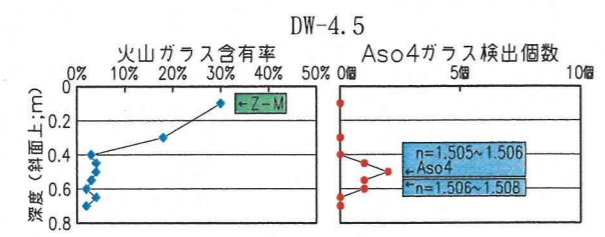
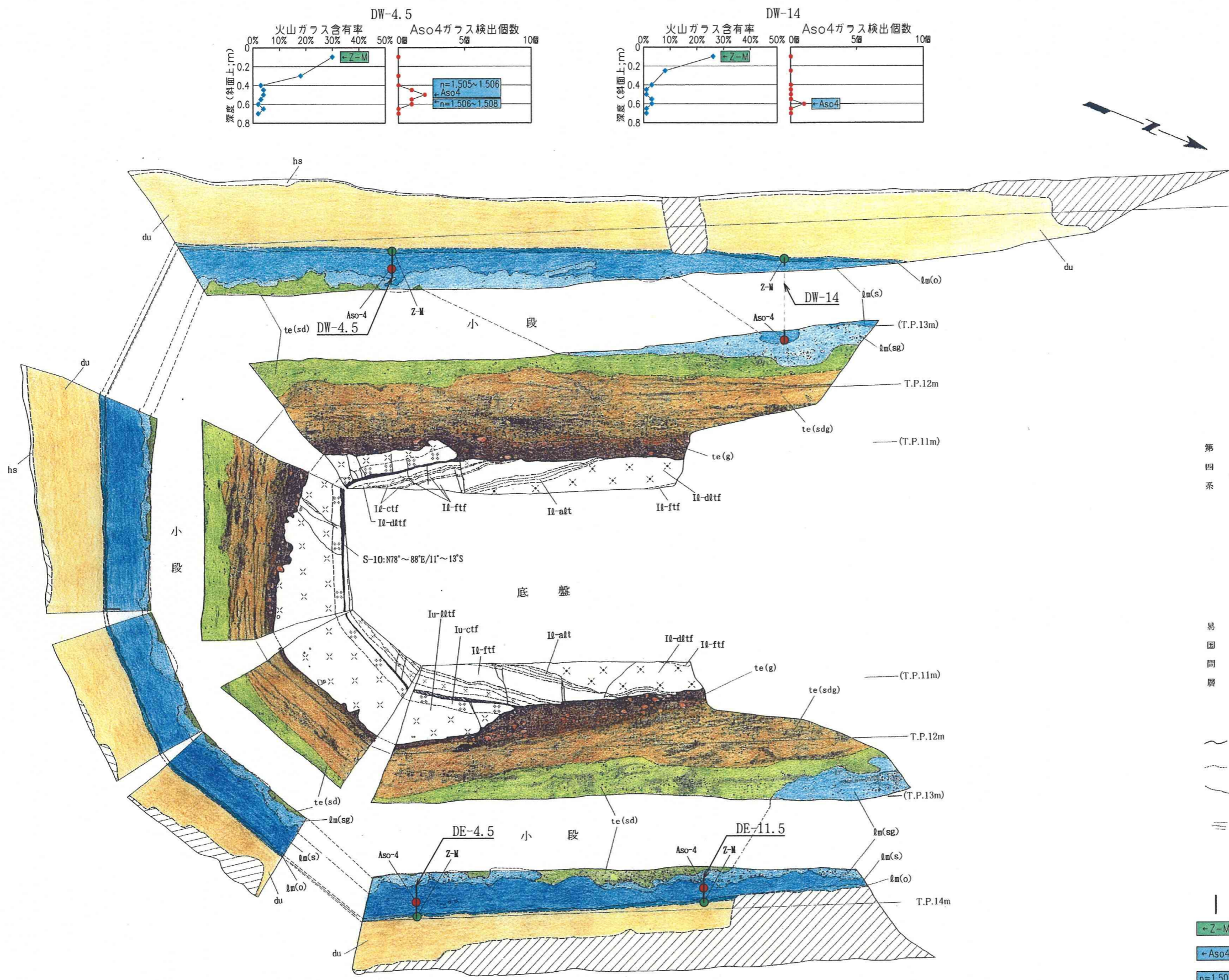
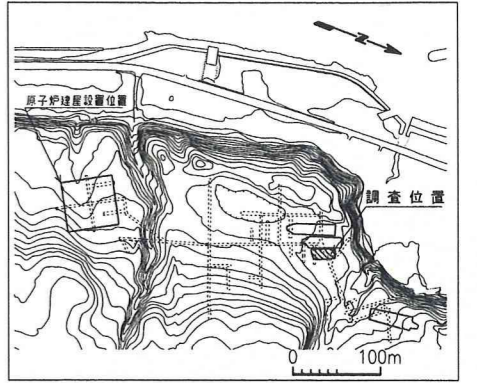


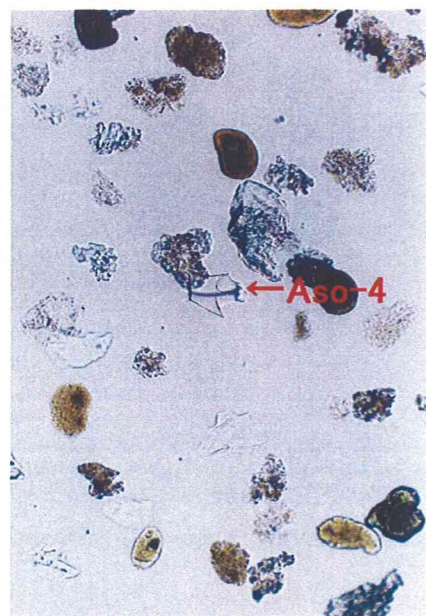
図-1.1 Ts-1トレンチにおける火山ガラスの分布 1-4

位置図

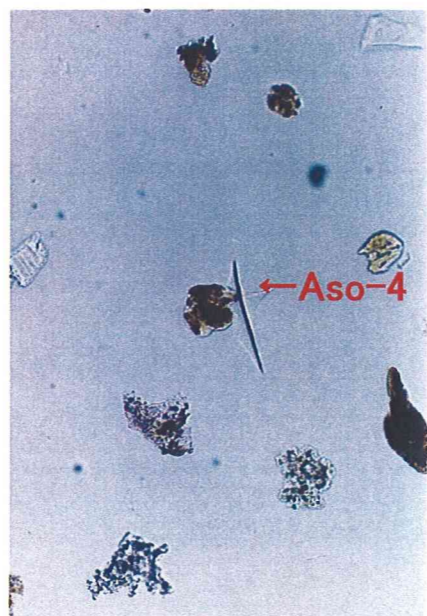


- 凡例
- 埋土 (hatched pattern)
 - 腐植土 (hs, white)
 - 古砂丘堆積物 (du, yellow)
 - 第四系 (Quaternary)
 - ローム層 (Loess layer)
 - ローム層 c (有機質) (lm(o), light blue)
 - ローム層 b (シルト質) (lm(s), medium blue)
 - ローム層 a (礫混じりシルト質) (lm(sg), dark blue)
 - 段丘堆積物 C (砂質) (te(sd), green)
 - 段丘堆積物 B (礫混じり砂質) (te(sdg), brown)
 - 段丘堆積物 A (礫質) (te(g), dark brown)
 - 易国間層 (Miocene)
 - 易国間層上部層 (Iu)
 - Iu-dttf (淡灰色火山礫凝灰岩, dotted pattern)
 - Iu-ctf (粗粒凝灰岩, horizontal lines)
 - Iu-alt (細粒凝灰岩/粗粒凝灰岩互層, vertical lines)
 - Iu-ftf (細粒凝灰岩, horizontal lines)
 - 易国間層下部層 (Il)
 - Il-ctf (粗粒凝灰岩, horizontal lines)
 - Il-dttf (暗灰色火山礫凝灰岩, dotted pattern)
 - 地層境界 (wavy line)
 - 地質境界 (dashed line)
 - 節理 (微小な変位を伴うものを含む) (solid line)
 - 第四系中の葉理 (horizontal lines)
 - 第四系中の不連続面 (dotted line)
 - シーム (s-10, arrow)
 - Z-M (green circle) 銭亀女那川火山灰 検出箇所
 - Aso-4 (red circle) 阿蘇4火山灰 検出箇所
 - T.P. 14m 標高
 - (T.P. 13m) 想定される標高
 - 火山灰試料採取範囲 (vertical line)
 - Z-M (green box) 銭亀女那川火山灰同定位置
 - Aso4 (red box) 阿蘇4火山灰同定位置
 - n=1.507~1.508 (blue box) 阿蘇4火山ガラスの屈折率測定値 (町田他(1985)による屈折率範囲 n=1.505~1.514)

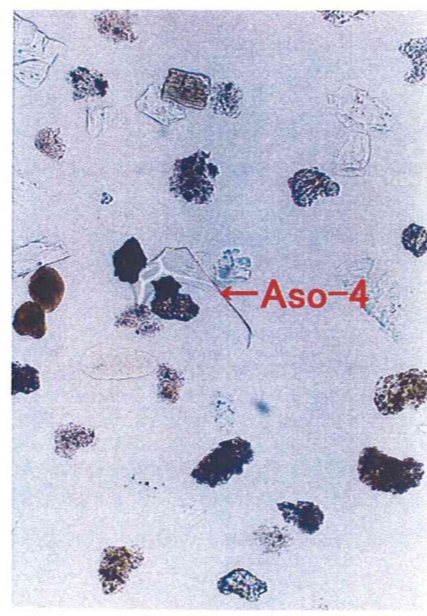
図-1.2 Ts-2トレンチにおける火山ガラスの分布 1-5



Ts-1
BE-10測線
深度(斜面上)0.4m



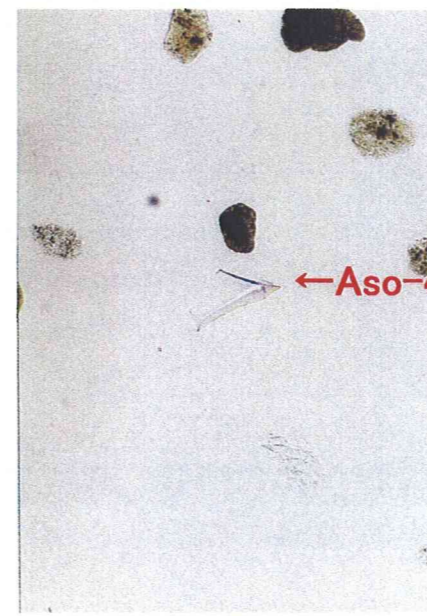
Ts-1
BE-12.5U



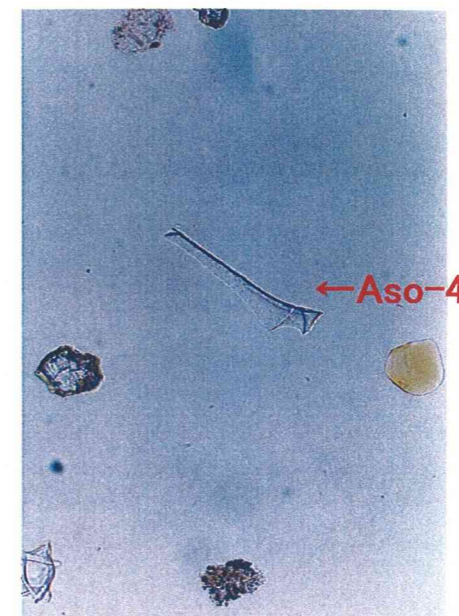
Ts-1
BE-22測線
深度(斜面上)0.8m



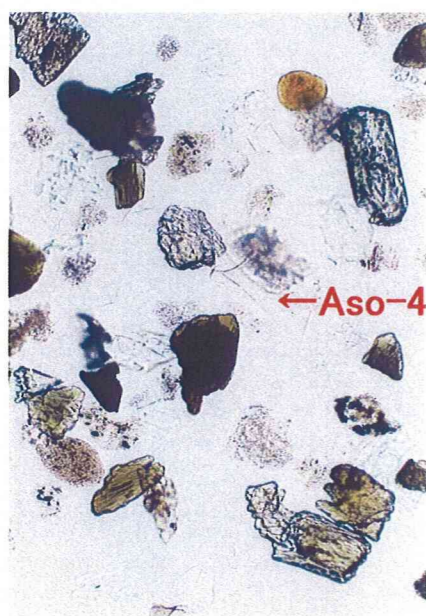
Ts-1
BE-31測線
深度(斜面上)1.0m



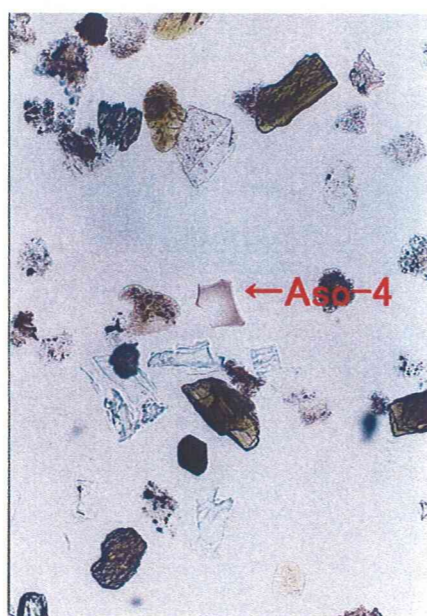
Ts-1
BW-21測線
深度(斜面上)0.5m



Ts-1
BW-31測線
深度(斜面上)0.4m



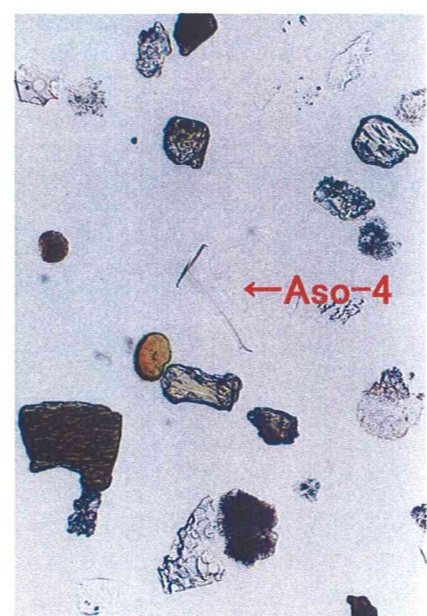
Ts-2
DE-4.5測線
深度(斜面上)0.45m



Ts-2
DE-4.5測線
深度(斜面上)0.5m



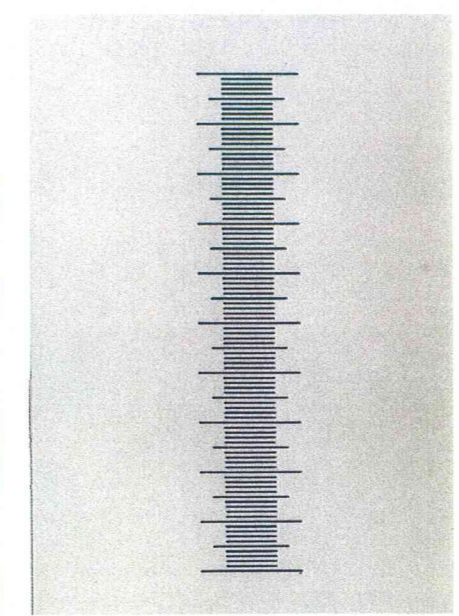
Ts-2
DE-11.5測線
深度(斜面上)0.5m



Ts-2
DW-4.5測線
深度(斜面上)0.5m



Ts-2
DW-14測線
深度(斜面上)0.6m

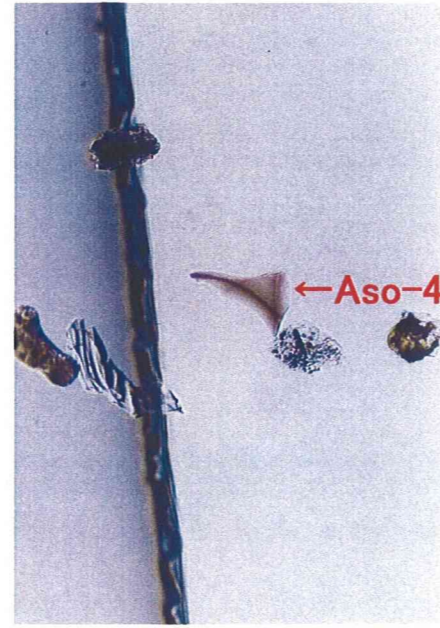


縮尺写真
最小目盛り0.01mm

図-1.4 Ts-1, Ts-2 トレンチにおける
阿蘇4 火山灰の顕微鏡写真



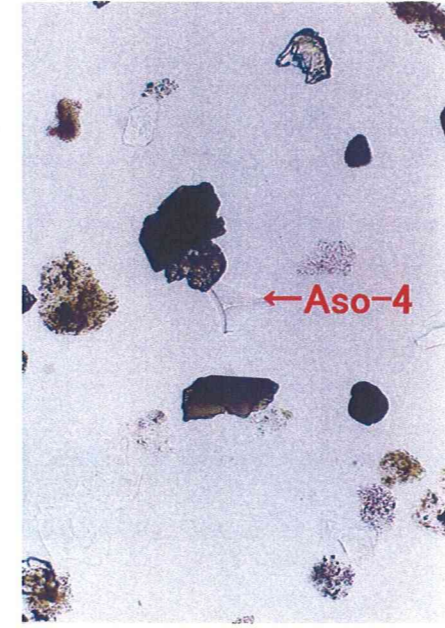
Ts-3
EE-6測線
深度(斜面上)0.5m



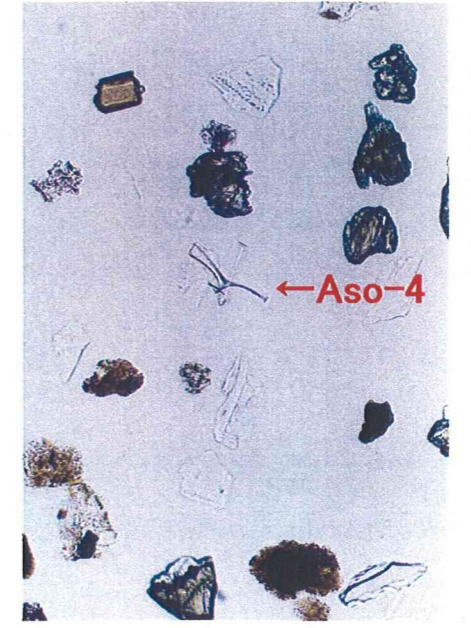
Ts-3
EE-9測線
深度(斜面上)0.3m



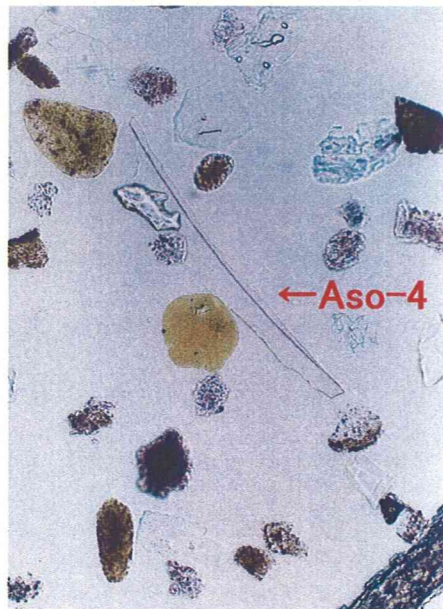
Ts-3
EE-18測線
深度(斜面上)0.45m



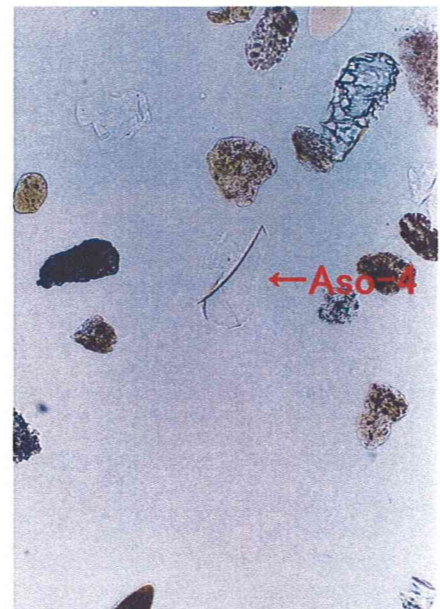
Ts-3
EE-36測線
深度(斜面上)0.75m



Ts-3
EE-36測線
深度(斜面上)0.85m



Ts-3
EW-5.5測線
深度(斜面上)0.4m



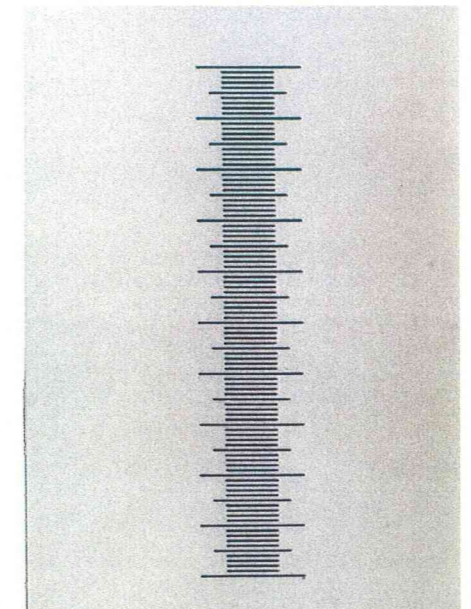
Ts-3
EW-9測線
深度(斜面上)0.35m



Ts-3
EW-20測線
深度(斜面上)0.5m



Ts-3
EW-36.5測線
深度(斜面上)0.65m



縮尺写真
最小目盛り0.01mm

図-1.5 Ts-3 トレンチにおける阿蘇4 火山灰
の顕微鏡写真

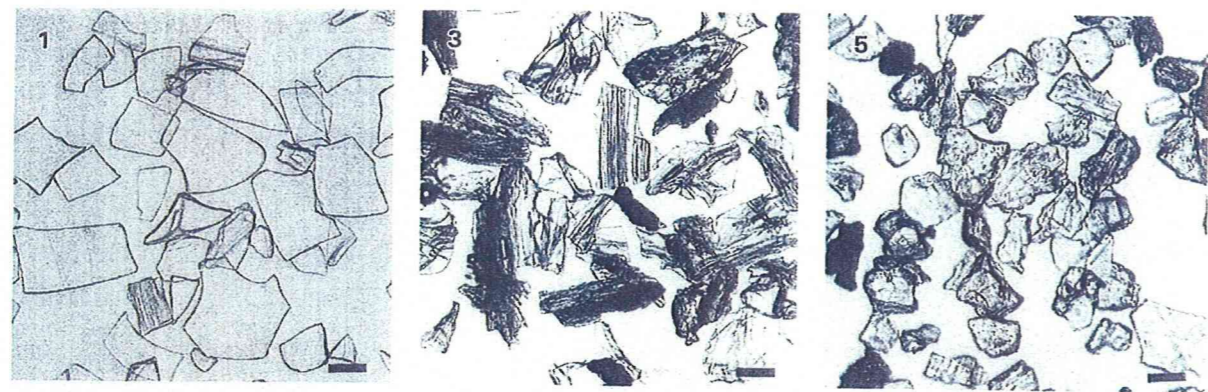
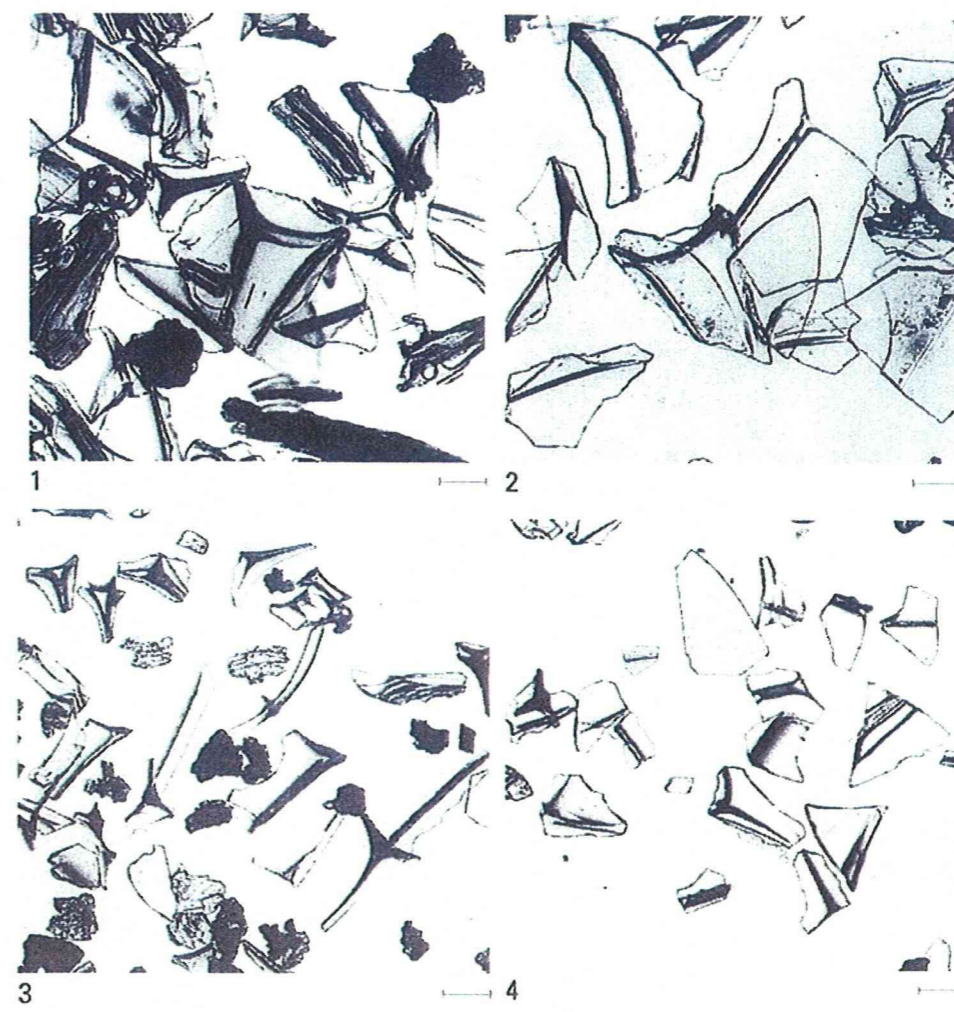


写真2 火山ガラスの形態を示す顕微鏡写真。
 1. バブル型(平板状) … 始良Tn火山灰(AT)
 2. バブル型(Y字状) … 阿蘇4火山灰(Aso-4)
 3. 軽石型(繊維状) … 鬼界幸屋(竹島)テフラ(K-Ky)
 4. 軽石型(スポンジ状) … 鬱陵隠岐火山灰(U-Ok)
 5. 急冷破碎型(塊状) … 立川ローム上部ガラス質火山灰(UG)
 スケール: 1-3, 5は0.1mm; 4は1mm.



Aso-4 1: 熊本県錦町山下, 2: KH69-2-4, 3: 青森県五戸町, 4: 北海道十勝・広尾町楽古川下流.

町田 洋・新井 房夫(2003):「新編 火山灰アトラスー日本列島とその周辺」, 東京大学出版会, 336p.のp289の一部を引用。
 写真右下にあるスケールは0.1mmの長さ。

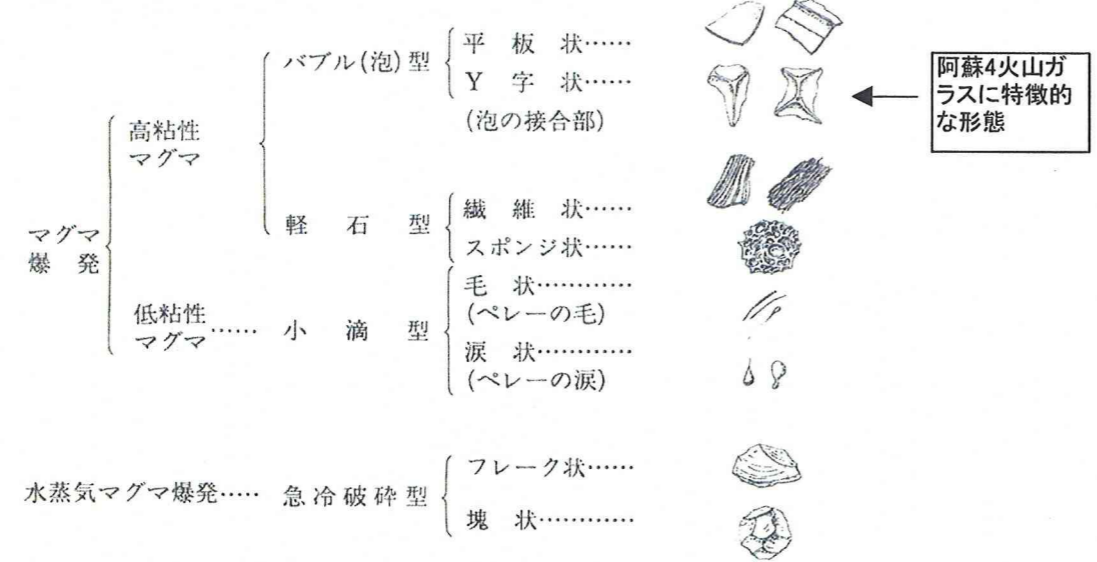


図6 火山ガラスの形態分類.

町田 洋・新井 房夫(2003):「新編 火山灰アトラスー日本列島とその周辺」, 東京大学出版会, 336p.のp18 図6を引用。一部加筆。

図-1.6 文献による阿蘇4火山灰の形態的特徴

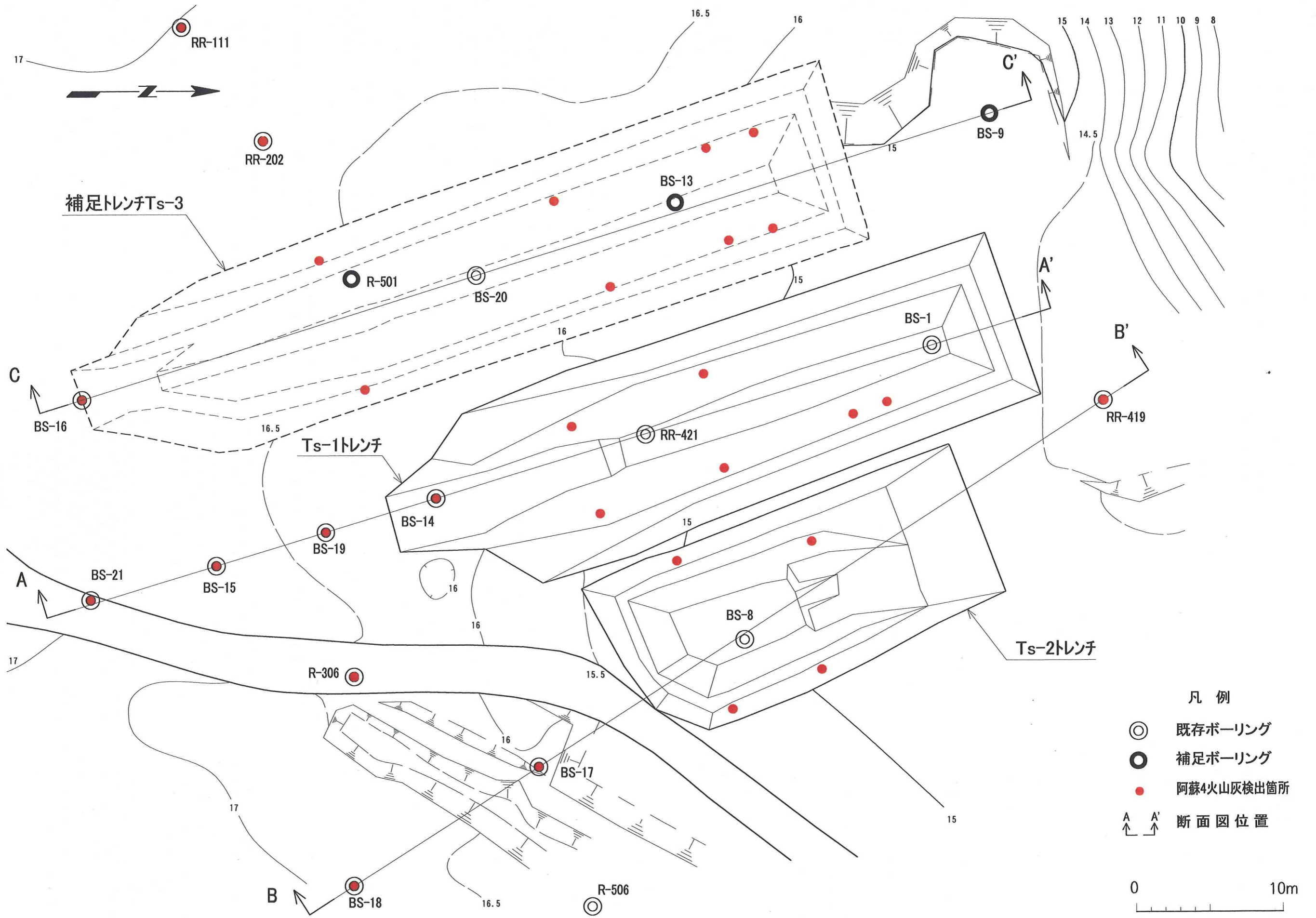


図-1.7 トレンチ周辺の調査位置図

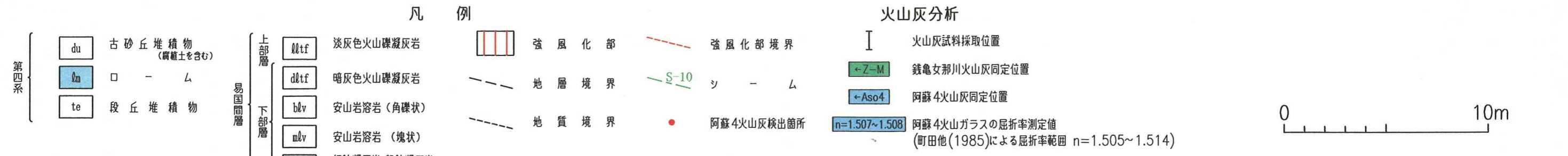
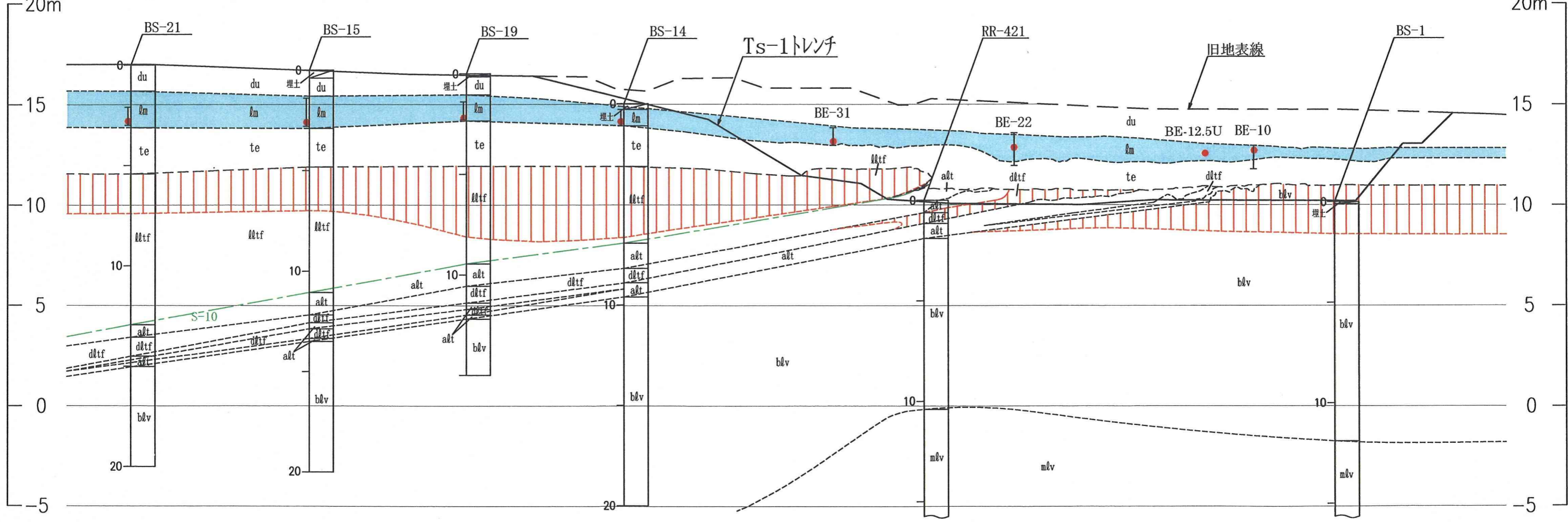
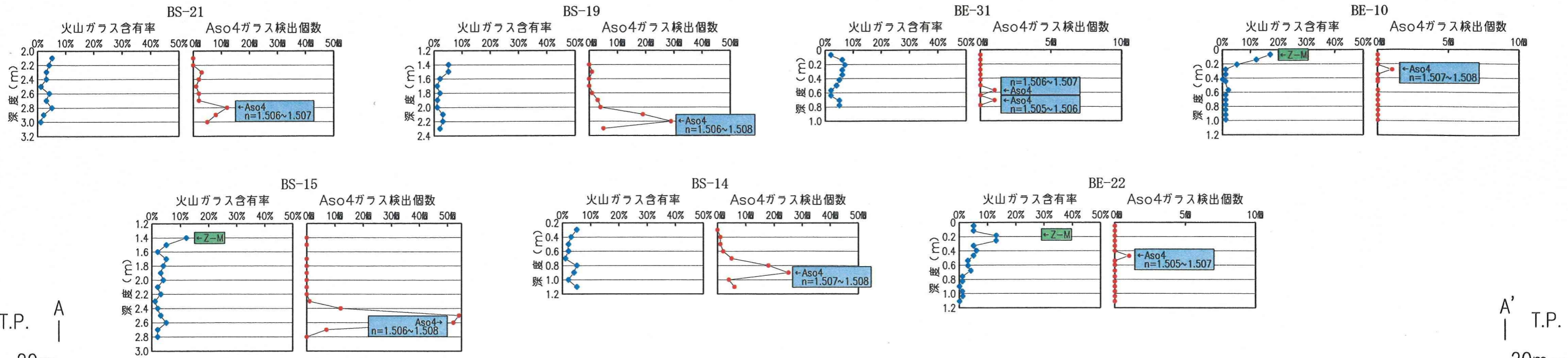
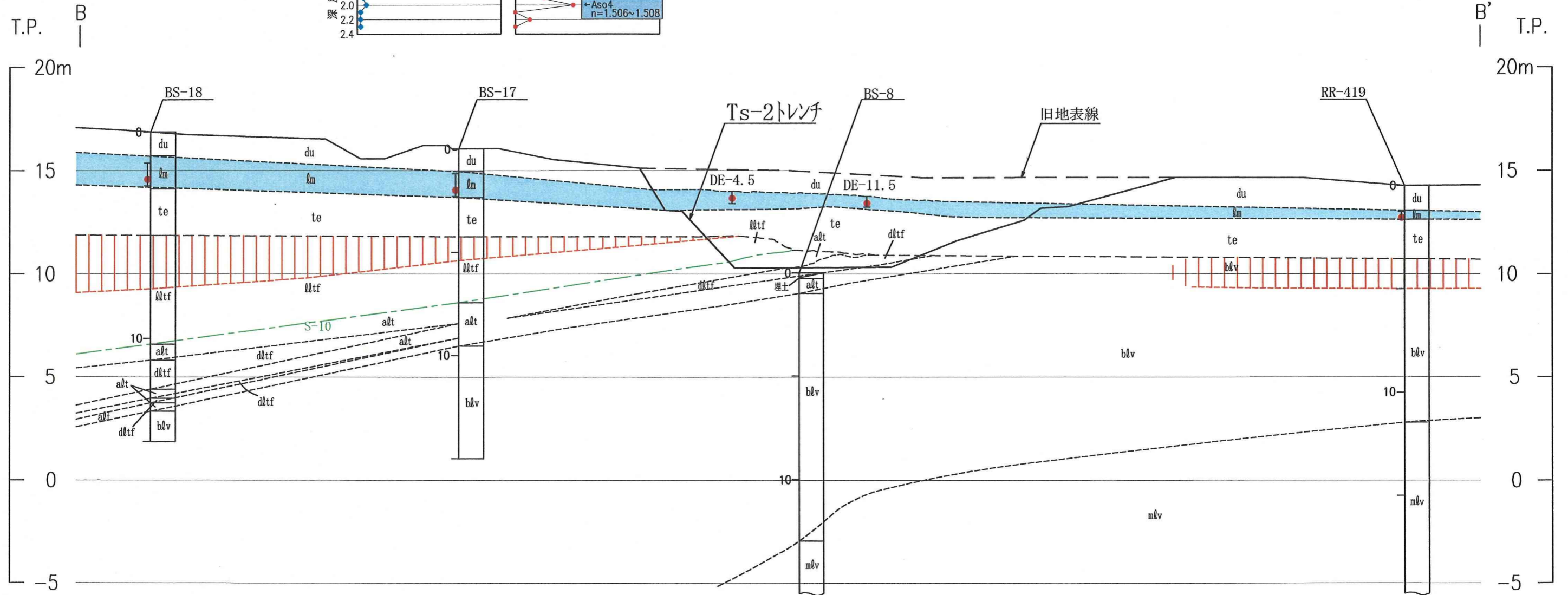
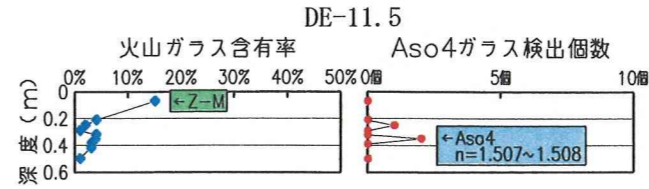
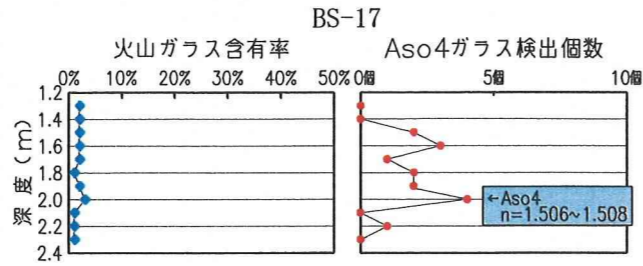
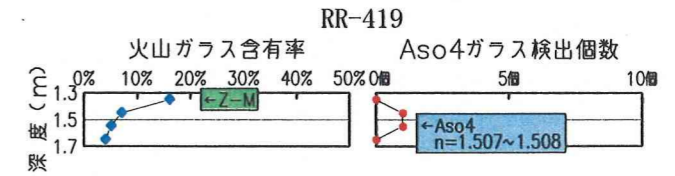
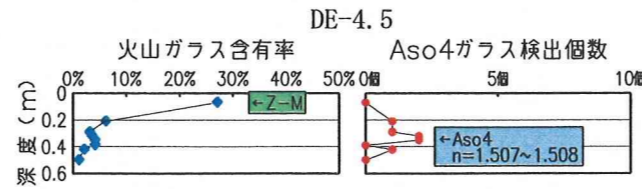
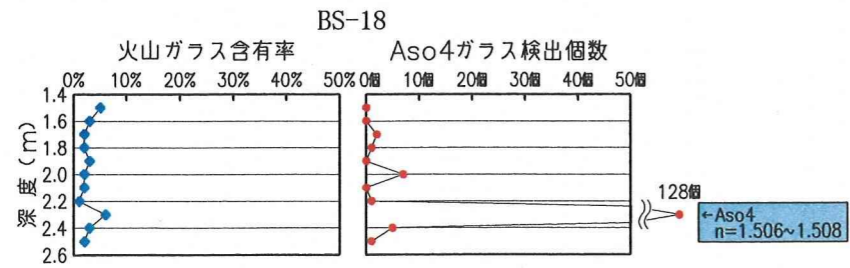


図-1.8 Ts-1 トレンチ沿いの断面図と火山灰分布



- 凡例
- | | | | | | | | |
|-----|----|-----------------|------|------|-------------------------|------|--------|
| 第四系 | du | 古砂丘堆積物 (腐植土を含む) | 上部層 | lltf | 淡灰色火山礫凝灰岩 | 強風化部 | 強風化部境界 |
| | lm | □ - △ | | dltf | 暗灰色火山礫凝灰岩 | | |
| | te | 段丘堆積物 | 易国間層 | blv | 安山岩溶岩 (角礫状) | 地層境界 | 地質境界 |
| | | | | mlv | 安山岩溶岩 (塊状) | | |
| | | | | alt | 細粒凝灰岩・粗粒凝灰岩・暗灰色火山礫凝灰岩互層 | | |
| | | | | | | | |

火山灰分析

- | | |
|---------------|---|
| I | 火山灰試料採取位置 |
| ←Z-M | 銭亀女那川火山灰同定位置 |
| ←Aso4 | 阿蘇4火山灰同定位置 |
| n=1.507~1.508 | 阿蘇4火山ガラスの屈折率測定値 (町田他(1985)による屈折率範囲 n=1.505~1.514) |

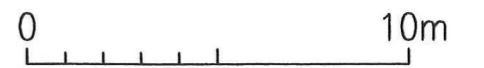


図-1.9 Ts-2 トレンチ沿いの断面図と火山灰分布

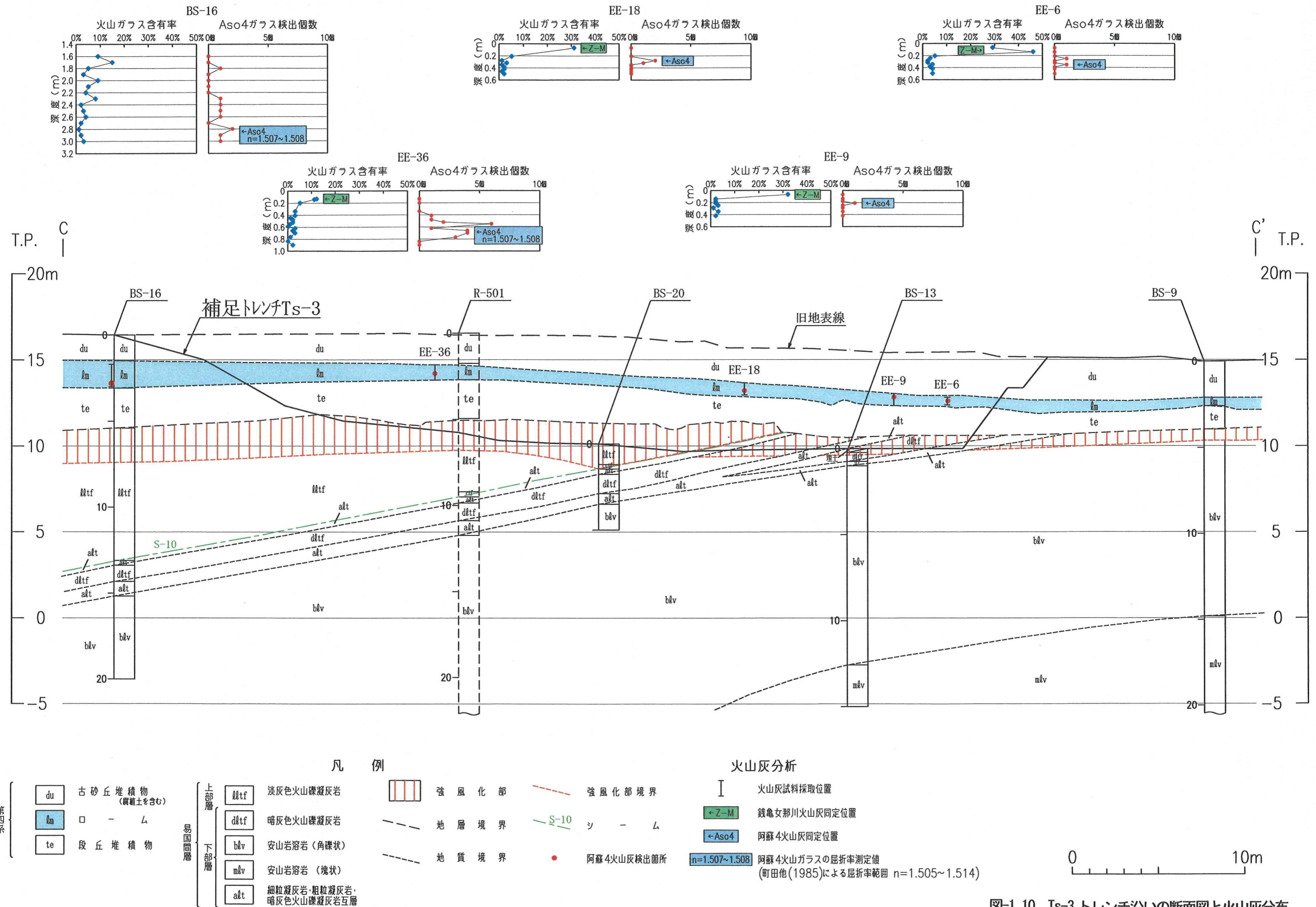


図-1.10 Ts-3 トレンチ沿いの断面図と火山灰分布

2. M_3 面段丘堆積物中に認められる変状の形成について

- 1) M_3 面段丘堆積物中に認められる変状について，形成の観点から考察すること。

申請者は、M₃面段丘堆積物中に見られる変状は、阿蘇4火山灰堆積以前(約7万年前)に形成され、それ以降には及んでいないことから、耐震設計上問題となるものではないとしている。

変状は、段丘堆積物中の礫層の変形や不連続面として Ts-1 及び Ts-3 トレンチで認められるが、隣接する Ts-2 トレンチでは認められないことから、広範囲に及ぶ可能性は低いとしている。

また、礫層の変形の変位には累積性は見られないことから、変状の成因は構造的のものである可能性は低いとしている。

さらに、トレンチ周辺には地すべり地形は認められず、変状は地すべり地形を伴うような大規模な地すべりによって生じたものではないが、小規模な地すべりによって生じた可能性は否定できないとしている。

一方、文献^{1),2),3)}によれば、断層等の弱面の周辺の岩盤が強く風化し、その風化岩盤が吸水膨張により、上盤側が弱面に沿って上方に変位した事例が報告されている。

本地点においてトレンチ周辺の風化性状を検討した結果、トレンチ周辺の強風化部の分布が変状の分布と調和的であること、強風化部には膨潤性の粘土鉱物であるスメクタイトが約22%～約26%含まれていることが分かったとしている。スメクタイトの膨潤については、この程度のスメクタイトの含有率によって膨潤圧力が発生することが Komine and Ogata(1996)⁴⁾に示されている。

申請者は風化による膨潤の可能性について検討し、図-2.1 に示すような変状の形成過程を考えている。その成因については、強風化

部のスメクタイトの膨潤圧力によりシーム上盤側の強風化岩盤がシームに沿って上方に変位し，それによって変状が形成された可能性と，膨潤圧力に地震動の外力が加わったことにより，強風化部が局所的に上方に変位し，変状が形成された可能性もあるとしている。

ステージ 1

M₃段丘面の波食台が形成された。このときの淡灰色火山礫凝灰岩のスメクタイト含有率は10数%程度と推定される。

ステージ 2

波食台が海岸砂礫に覆われて波浪・風雨による浸食が停止し，風化が進行することによって，淡灰色火山礫凝灰岩に強風化部が形成された。その時のスメクタイト含有率は20数%程度に増加したと推定される。

ステージ 3

海退が進み，トレンチ付近の環境が海水から淡水に変化した。このとき，スメクタイトが淡水中で膨潤することによって，シーム上盤側の強風化部にシームに沿うせん断応力が生じ，シームのせん断強度を超えた時*に上盤側の一部(強風化部)がシームに沿って上方に滑り，礫層の変形や不連続面といった変状が形成された。

*せん断強度を超えた時というのは，膨潤圧力のみで超える場合と膨潤圧力に地震動の外力が加わった場合とが考えられる。

ステージ4(約7万年前)

淡水環境下でローム層aが変状による凹部を埋めるように堆積し、さらに、その上位に阿蘇4火山灰が降下・堆積した。

ステージ5(約5万年前)

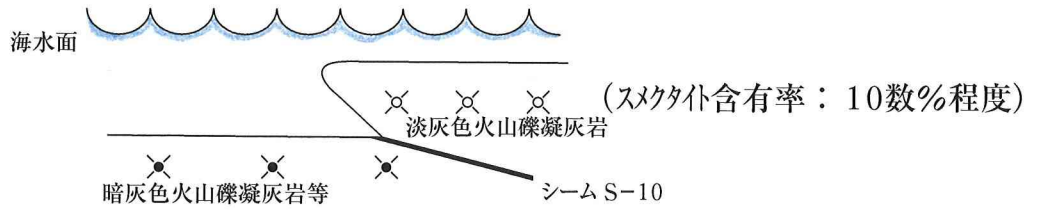
さらに、陸化が進み、ローム層bの上位に銭亀女那川火山灰が降下・堆積した。

以上が申請者が検討した変状の成因であるが、変状は阿蘇4火山灰堆積以前(約7万年前)に形成され、それ以降には及んでいないことから、耐震設計上問題となるものではないという評価は妥当と判断される。

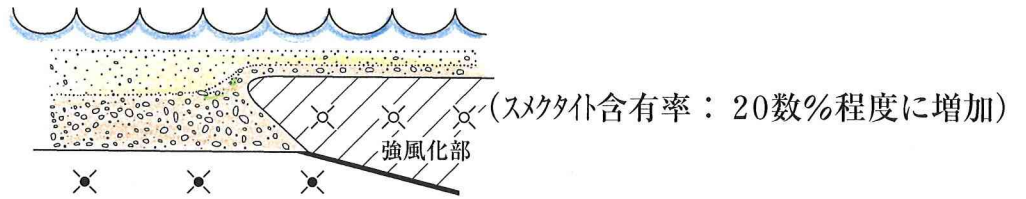
参考文献

- 1) 東北電力株式会社(1996)：東通原子力発電所 原子炉設置許可申請書，平成8年8月（平成10年5月一部補正）
- 2) 橋本修一，三和 公，猪原芳樹，松下芳浩(2001)：断層破碎部の膨張による第四系の変形，日本地質学会第108年学術大会 講演要旨
- 3) 三和 公，橋本修一，猪原芳樹，松下芳浩(2001)：岩盤表層部における非構造的膨張変形現象について，日本応用地質学会東北支部第9回研究発表会講演集
- 4) Komine,H. and Ogata,N. (1996)：Prediction for swelling characteristics of compacted bentonite, Canadian Geotechnical Journal, Vol.33, No.1

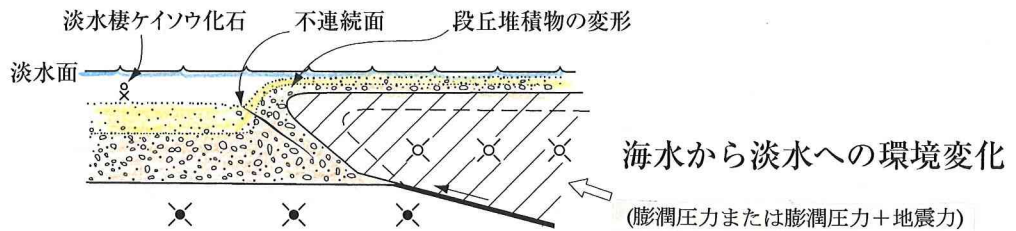
ステージ 1 : 波食台の形成



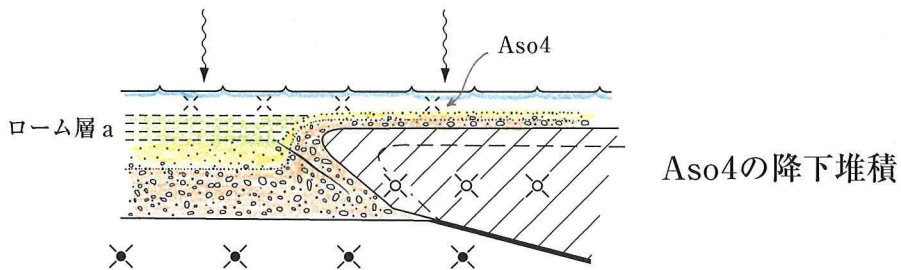
ステージ 2 : 海岸砂礫による被覆 (浸食の停止・風化の進行)



ステージ 3 : 海退と変状の形成



ステージ 4 : ローム層 a の堆積と Aso4 の降下堆積



ステージ 5 : 陸化とローム層 b の堆積

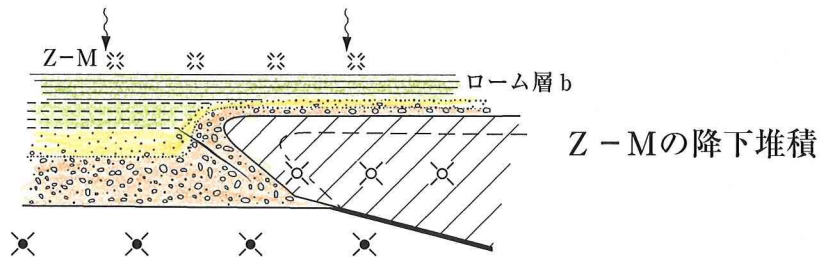


図-2.1 M3面段丘堆積物中の変状の形成

3. 淡灰色火山礫凝灰岩中の筋状組織の変位について

- 1) 試掘坑内で観察された淡灰色火山礫凝灰岩の筋状組織の変位の記述を，適切に修正すること。

申請者は、試掘坑に見られる筋状組織の性状及び変位について以下のように検討している。

筋状組織は堆積物が過去に完全に固結していない状態でせん断破碎を受け、その後の続成作用で固結した小規模な断層である。一般に断層の連続性・変位量・破碎幅には相関性があるとされている。

筋状組織の分布を図-3.1 に示す。筋状組織の多くは、連続性が乏しいものが多く、試掘坑の両側壁、天端の3面で連続性が見られるものは、A～C地点の3箇所である。

また、筋状組織の幅の頻度分布を図-3.2 に示す。筋状組織の幅は数cm未満のものが大半であり、10cm以上のものは少ない。約10cmの幅を持つ筋状組織は図-3.1のA、B地点で見られ、いずれも坑壁の3面で観察される。そのうち、A地点のものは、図学的方法により、見掛けの鉛直変位量が50cm程度と推定され、B地点のものについては、幅がA地点と同様に約10cmであること、走向・傾斜がほぼ同じであることから、その見掛けの鉛直変位量も同じく50cm程度と推定している。

一方、C地点の筋状組織の幅は約5cmであることから、C地点の筋状組織の見掛けの鉛直変位量はA地点の筋状組織よりは小さいと推定している。

以上のことから、申請者は試掘坑内で見られる筋状組織の見掛けの鉛直変位量は最大で50cm程度と推定している。

なお、原子炉設置許可申請書に記載の筋状組織の記述については、表-3.1のように修正している。

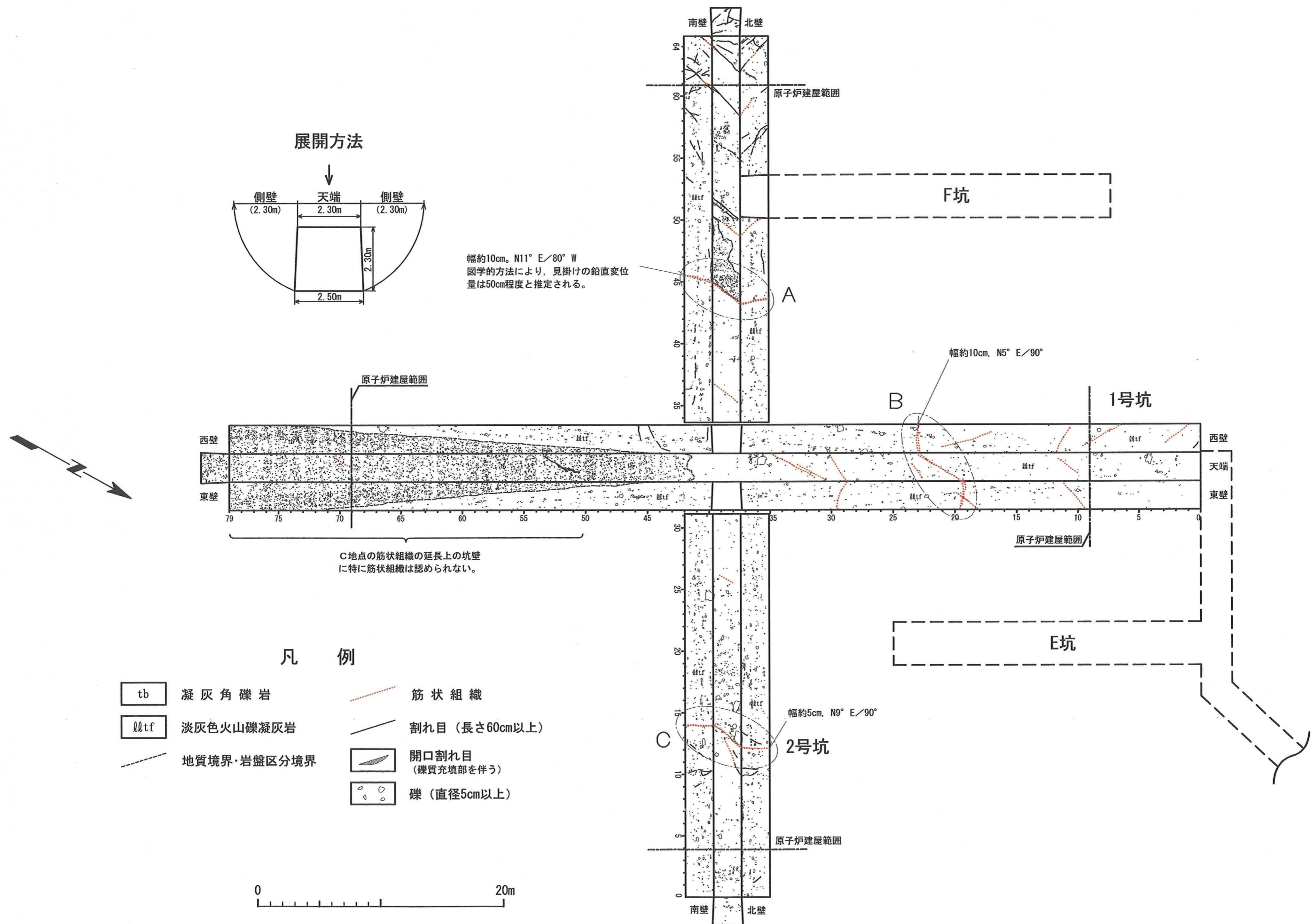


図-3.1 試掘坑における筋状組織の分布
3-2

データ数: N=26

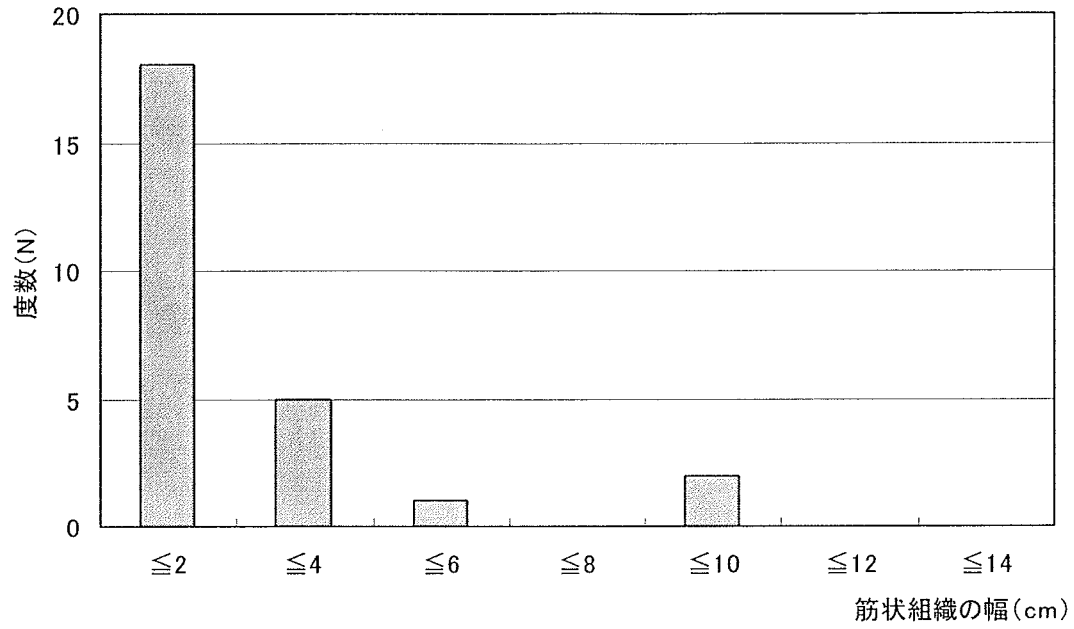


図-3.2 筋状組織の幅の頻度分布 (試掘坑内)

表-3.1 筋状組織の記述に関わる比較表

| 頁 | 申請書 (平成 16 年 3 月) | 変更案 (平成 16 年 8 月) | 変更理由 |
|-----------------------|--|---|-------------------------------|
| 6-3-68 ～ 6-3-69 | <p>淡灰色火山礫凝灰岩は、全体的に均質で塊状を呈し、礫径が数 c m の主として軽石または黒色の本質ないし類質の礫を多く含む。本質礫の中には、礫径が数十 c m のものが稀に認められる。なお、試掘坑内の淡灰色火山礫凝灰岩には、筋状のやや細粒な固結部（以下「筋状組織」という。）が散見される。この筋状組織は周辺の岩盤と同じ構成物から成り、その幅は最大約 10 c m に達するものもあるが、数 mm ～数 c m のものが主体であり、その走向は NE - SW 方向～N - S 方向で、高角度の傾斜が卓越する。</p> <p>また、試掘坑内の淡灰色火山礫凝灰岩には、連続性の乏しい亀裂（以下「割れ目」という。）が局所的に分布する。割れ目の走向は NE - SW 方向～N - S 方向で、傾斜は E 又は W、その角度は約 45° ～90° が卓越する。割れ目は一部に開口を伴い、開口した面には黒色のマンガン質付着物が認められることが多い。</p> <p>凝灰角礫岩は塊状を呈し、礫径が 64mm 以上の安山岩の類質礫や異質礫を多く含み、多様な色調を呈している。</p> <p>なお、地表近傍の易国間層には、厚さ約 3 m ～約 10m の淡黄灰色から淡黄褐色を呈する風化した部分が認められる。</p> | <p>淡灰色火山礫凝灰岩は、全体的に均質で塊状を呈し、礫径が数 c m の主として軽石または黒色の本質ないし類質の礫を多く含む。本質礫の中には、礫径が数十 c m のものが稀に認められる。なお、試掘坑内の淡灰色火山礫凝灰岩には、筋状のやや細粒な固結部（以下「筋状組織」という。）が散見される。この筋状組織は周辺の岩盤と同じ構成物から成り、その幅は最大約 10 c m に達するものもあるが、数 mm ～数 c m のものが主体であり、その走向は NE - SW 方向～N - S 方向で、高角度の傾斜が卓越する。<u>試掘坑内の一部の筋状組織には、それを境に地層の変位が認められ、その見掛けの鉛直変位量は最大 50 c m 程度と推定される。したがって、筋状組織は過去に完全に固結していない状態でせん断破碎を受け、現在では面の固結している断層であると考えられる。</u></p> <p>また、試掘坑内の淡灰色火山礫凝灰岩には、連続性の乏しい亀裂（以下「割れ目」という。）が局所的に分布する。割れ目の走向は NE - SW 方向～N - S 方向で、傾斜は E 又は W、その角度は約 45° ～90° が卓越する。割れ目は一部に開口を伴い、開口した面には黒色のマンガン質付着物が認められることが多い。</p> <p>凝灰角礫岩は塊状を呈し、礫径が 64mm 以上の安山岩の類質礫や異質礫を多く含み、多様な色調を呈している。</p> <p>なお、地表近傍の易国間層には、厚さ約 3 m ～約 10m の淡黄灰色から淡黄褐色を呈する風化した部分が認められる。</p> | <p>□内追加(今回) 下線部追加(前回)</p> |