

大間原子力発電所審査資料	
資料番号	OM1-CA190-R00
提出年月日	2023年7月20日

大間原子力発電所

敷地の地質・地質構造

(コメント回答 その15)

(シームS-11の評価方針)

2023年7月

電源開発株式会社

本資料のうち で示す箇所は、商業機密あるいは防護上の観点から公開不可としているもので、白抜きとしてあります。

大間原子力発電所
敷地の地質・地質構造
(コメント回答 その15)
(シームS-11の評価方針)

2023年7月20日
電源開発株式会社

本資料のうち で示す箇所は、商業機密あるいは防護上の観点から公開不可としているもので、白抜きとしてあります。

○ 「第615回審査会合」及び「第646回審査会合」での資料の誤りに関わる対応を踏まえ、本資料にて過去の審査会合資料を引用する際の注記を下記のとおりとする。

・ 右上の注記

再掲：過去の審査会合資料を、そのまま引用する場合

一部修正：過去の審査会合資料の内容を、一部修正する場合

誤りを修正：過去の審査会合資料の誤りを、正しい記載とする場合

・ 左下の注記

修正した誤りの内容を記載（誤りの修正がある場合）

(余白)

指摘事項(1/2)



第1043回審査会合(2022年4月22日)の指摘事項を下表に示す。

No.	項目	指摘時期	コメント内容	掲載頁	
				概要	本編・補足
S2-151	後期更新世に生じた変状	第1043回審査会合 2022年4月22日	シームS-11の評価対象領域について、シーム(粘土質の薄層)有りの部分のみとしているが、シーム(粘土質の薄層)無しの部分も含めてシームS-11全体を評価対象領域として考慮すること。 また、重要施設を通るシームの分布の地質断面図(南北方向X-X')等についても修正すること。	(4), (5), (6)	5
S2-152	後期更新世に生じた変状	第1043回審査会合 2022年4月22日	シームS-11を含む細粒凝灰岩(FT5-3)の層準についての区分①シームS-11有り(粘土質の薄層有り), ②シームS-11なし(細粒凝灰岩有り), ③シームS-11なし(細粒凝灰岩なし)について、資料内での整合・不整合という観点で確認すること。	—	5
S2-153	後期更新世に生じた変状	第1043回審査会合 2022年4月22日	変状は第三条の評価対象外ではないので、シームS-11全体として評価すること。 <ul style="list-style-type: none"> シームS-11について、将来活動する可能性のある断層等の評価対象として、深部と地表付近とを別々の条文への適合性を示すのではなく、全体として活動性の観点で評価し、基準の第三条への適合性についての説明をすること。 また、変状の成因について、膨張を根拠とする説明ができないので、テクトニックかノンテクトニックかに関わらず、第三条への適合性の観点で説明をすること。 	(4)	47
S2-154	後期更新世に生じた変状	第1043回審査会合 2022年4月22日	シームS-11の深部と地表付近の識別について、cf-3断層による切断箇所を軸として考えること。また、pd系の分布検討に意味があるか疑問であることから、ps-1をメインとして考えること。	(7)	—

指摘事項(2/2)



第1043回審査会合(2022年4月22日)及び現地確認(2022年11月7日)の指摘事項を下表に示す。

No.	項目	指摘時期	コメント内容	掲載頁	
				概要	本編・補足
S2-155	後期更新世に生じた変状	第1043回審査会合 2022年4月22日	深部と地表付近のシームS-11の活動性評価について、それぞれの章に説明が散在しており規則に照らした評価となっていない。下記の観点で整理すること。	—	—
			1) 深部と地表付近のシームを何処で分けているか？何を目的にどのような調査を行い、どのような結果が得られ、どう評価したかを記載すること。	(4), (10), (11)	—
			2) 重要施設基礎地盤側面のシームS-11について、調査・分析項目を明らかにして、必要に応じて追加データを補強し、どのように評価したかを記載すること。	—	41, 47
			3) これらを踏まえて総合評価を行い、シームS-11全体として基準への適合性を示すこと。	(4)	47
S2-156	後期更新世に生じた変状	第1043回審査会合 2022年4月22日	重要施設側面に分布するシームS-11付近の岩盤性状について、現状はデータを羅列しているように見える。風化に対する評価として、地質技術者が風化部と新鮮部の識別をしたとの説明であるが、色彩値、XRD分析結果なども検討しているので、評価の指標として取り入れること。 以上を踏まえ、重要施設側面に分布するシームS-11について、活動性の観点から整理して示すこと。	—	45
S2-157	後期更新世に生じた変状	第1043回審査会合 2022年4月22日	風化部の定義を明確にすること。 風化部については、強風化部と弱風化部を区分している場合と、区分していない場合がある。このような違いについて説明すること。	今後ご説明	
S2-158	後期更新世に生じた変状	第1043回審査会合 2022年4月22日	変状は強風化部に限定しているという主張の根拠として、側壁に分布しているシームS-11が、cf-3断面で切られている様子を、三次元的に位置関係を示す図を工夫するなどして明確に示すこと。	今後ご説明	
S2-159	後期更新世に生じた変状	第1043回審査会合 2022年4月22日	重要施設側面に分布するシームS-11が風化部中に分布していないことの確認のため、燃料補助建屋のN-S断面を追加すること。	今後ご説明	
S2-160	後期更新世に生じた変状	第1043回審査会合 2022年4月22日	シームS-11の最新面のSEM画像での試料上の鉱物について、シームが中新世に動いた後に動いていない重要なデータとなる可能性があるため、沸石等の種類、生成温度、熱水の性質、周囲の変質との調和など、地質学的なデータを整理して示すこと。	今後ご説明	
S2-161	後期更新世に生じた変状	現地確認 2022年11月7日	シームS-11は後期更新世以降に活動している箇所が認められるため、基準への適合性についてはシームS-11を一体として説明するとともに、事実の整理のために変状を生じている領域と変状を生じていない領域を同定し、その整理結果を示すこと。	(14)	38, 47

【審査経緯】

- 第1043回審査会合(2022/4/22)では、後期更新世に生じた変状(以下「変状」という。)の成因(強風化部の膨張)の直接的証拠を示すことができなかったため、シームS-11全体として第三条*への適合性を評価することとなった(コメントNo.S2-153, 161)。

*: 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則(平成二十五年六月二十八日原子力規制委員会規則第五号)

【シームS-11の基準適合性評価の方針】

- シームS-11は、基準適合性を評価する際には、粘土質の薄層の有無に関わらず一続きの面として扱う。
- シームS-11は重要施設基礎地盤側面に露頭するため、第三条対象となる。このため、将来活動する可能性のある断層等に該当するか否かを、後期更新世以降の活動の有無により評価する。
- ただし、シームS-11には後期更新世以降の活動が認められる箇所(M₁面段丘堆積物との関係による上載地層法)と認められない箇所(cf-3断層との切断関係)があり、異なる活動履歴が認められる。このため、現状のままでは将来活動する可能性のある断層等に該当することを否定できない。また、重要施設基礎地盤側面にはシームS-11の活動性評価に適用できる上載地層、切断関係を判断しうる断層等の変位基準は認められない。

以上より、変位基準がない箇所でのシームS-11の後期更新世以降の活動の有無を、下記の手順により評価する。

- 1) 活動履歴の違いがシームS-11の最新面の性状に現れることに着目し、シームS-11の最新面の性状を介し、後期更新世以降の活動の有無を評価する考え方を示す。
 - 2) 敷地のシームS-11について、後期更新世以降の活動の有無を評価し、区分した結果を分布範囲として示す。
 - 3) 重要施設基礎地盤側面に露頭する部分のシームS-11について、後期更新世以降の活動の有無を認定した箇所のシームS-11のどちらに該当するかを評価する。
- シームS-11を全体として扱い、第三条への適合性を評価する。

I. 主な変更内容(1/4)

コメントNo.S2-151, 153, 155 1), 155 3)



シームS-11の基準適合性の評価方針

- 第1043回審査会合からの主な変更内容を以下に示す。
- また、コメントNo.S2-154に対する変更点をP.(7)に示す。

【変更前】

- 1) 地質学的な観点から、粘土質の薄層有りの部分のみをシームS-11として扱っていた。
- 2) 変状の成因(強風化部の膨張等)に着目し、「強風化部」を指標として、後期更新世以降の活動の有無について検討していた。
- 3) シームS-11を、cf-3断層に切断された箇所深と変状が分布する地表付近に区分し、各々を個別に評価した上で、深部のシームS-11は後期更新世以降の活動はなく、第三条に適合すると評価していた。

【変更後】

- 1) 基準適合性評価の観点から、粘土質の薄層の有無に関わらず、シームS-11を一続きの面として扱う[P.(5), (6)参照]。コメントNo.S2-151
- 2) シームS-11の活動履歴の違いが最新面の性状に現れることに着目し、「最新面の性状」を指標として、後期更新世以降の活動の有無について検討する。コメントNo.S2-155 1)
- 3) 異なる活動履歴が認められるシームS-11のうち、「後期更新世以降の活動有り」と評価する範囲に工学的対処を講じた上で、全体として第三条へ適合することを示す。コメントNo.S2-153, 155 3)

I. 主な変更内容(2/4)

コメントNo.S2-151



指摘事項S2-151に対する変更点(1/2)

【指摘事項】

No.	項目	指摘時期	コメント内容
S2-151	後期更新世に生じた変状	第1043回審査会合 2022年4月22日	シームS-11の評価対象領域について、シーム(粘土質の薄層)有りの部分のみとしているが、シーム(粘土質の薄層)無しの部分も含めてシームS-11全体を評価対象領域として考慮すること。 また、重要施設を通るシームの分布の地質断面図(南北方向X-X')等についても修正すること。

【変更前】

- ①シームS-11有り(粘土質の薄層有り)、②シームS-11なし(細粒凝灰岩有り)及び③シームS-11なし(細粒凝灰岩なし)から成る層準を総称して「シームS-11層準(FT5-3)」とし、そのうち①のみをシームS-11として扱っていた。
- 重要施設設置位置付近の地質断面図(1/100スケール)では①のみを示していた。

【変更後】

- シームS-11は、基準適合性を評価する際には、第三条対象として一続きの面で評価することが前提となる。その際、粘土質の薄層有りの部分のみをシームS-11として扱くと、一続きの面として評価できない。このため、粘土質の薄層の有無に関わらずシームS-11層準(FT5-3)を改めてシームS-11として認定し、一続きの面として扱う。
- 重要施設設置位置付近の地質断面図では粘土質の薄層なしの部分も含めてシームS-11として示す。

I. 主な変更内容(3/4)

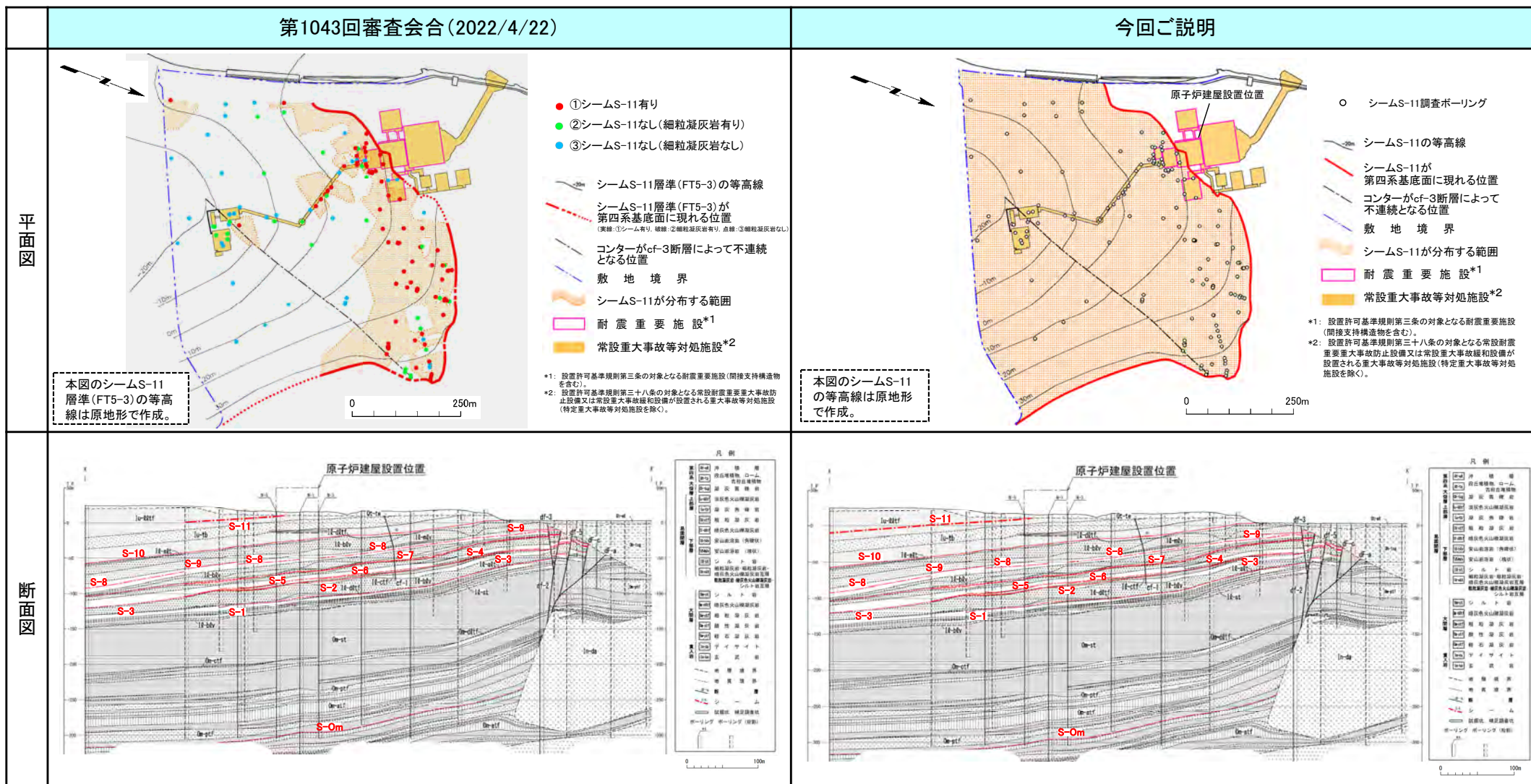
コメントNo.S2-151



指摘事項S2-151に対する変更点(2/2)

前頁での変更点の内容を下表に示す。

- 平面図では、粘土質の薄層有りの部分のみをシームS-11の分布領域として表示していたが、粘土質の薄層なしの部分も含め一続きの面を表示する。
 - 断面図では、粘土質の薄層有りの部分のみを表示していたが、粘土質の薄層なしの部分も含めてシームS-11として一続きで表示する。
- 上記のとおり、シームS-11は、基準適合性を評価する際には、第三条対象として一続きの面として扱う。



I. 主な変更内容(4/4)

コメントNo.S2-154



指摘事項S2-154に対する変更点

【指摘事項】

No.	項目	指摘時期	コメント内容
S2-154	後期更新世に生じた変状	第1043回審査会合 2022年4月22日	シームS-11の深部と地表付近の識別について、cf-3断層による切断箇所を軸として考えること。また、pd系の分布検討に意味があるか疑問であることから、ps-1をメインとして考えること。

【変更前】

- 後期更新世に生じた変状の形成に関与したシームS-11の最新面を「ps-1」及びps-1の付随事象として変状の形成に関与した低角の変位を伴う不連続面を「pd系」とし、このうち「ps-1」を代表として評価していた。

【変更後】

- 「ps-1」及び「pd系」の呼称を取り止め、一続きの面としてシームS-11の活動性を評価する。

(余白)

Ⅱ. 評価の概要(1/7)

1. 敷地の地質・地質構造の概要

- 敷地の地質は、新第三紀中新世の大間層及び易国間層、鮮新世の大畑層並びにそれらを覆う第四系から構成される。
- 大間層及び易国間層は、全体に約5°～約10°の南傾斜、敷地東部及び西側海域では約10°の西傾斜を成し、おおむね平行成層を成す。

2. シームの定義及びシームS-11の基準適合性評価上の扱い

【シームの定義】

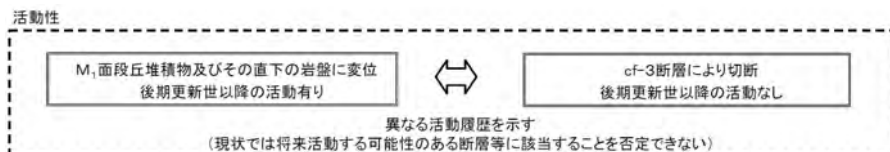
- シームは、易国間層及び大間層に挟在し、断裂を伴う層理面に平行な粘土質の薄層をいう。

【シームS-11の基準適合性評価上の扱い】

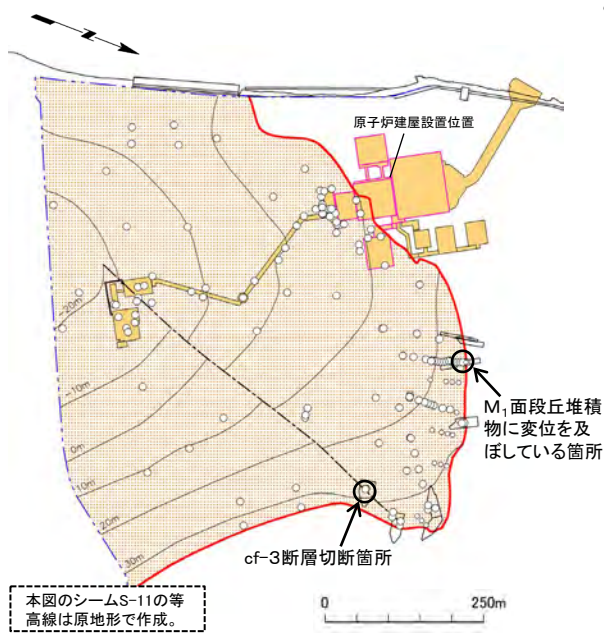
- 基準適合性評価におけるシームS-11は、以下の考えにより、一続きの面として扱うこととする。
- シームS-11は、選定した12枚のシームのうち唯一重要施設基礎地盤側面に露頭するため、第三条対象となる。
- このため、将来活動する可能性のある断層等に該当するかかを後期更新世以降の活動の有無により評価する。

3. シームS-11の活動性

- シームS-11の活動性は一続きの面で評価するが、シームS-11では以下のとおり、異なる活動履歴を示しており、現状では将来活動する可能性のある断層等に該当することを否定できない。



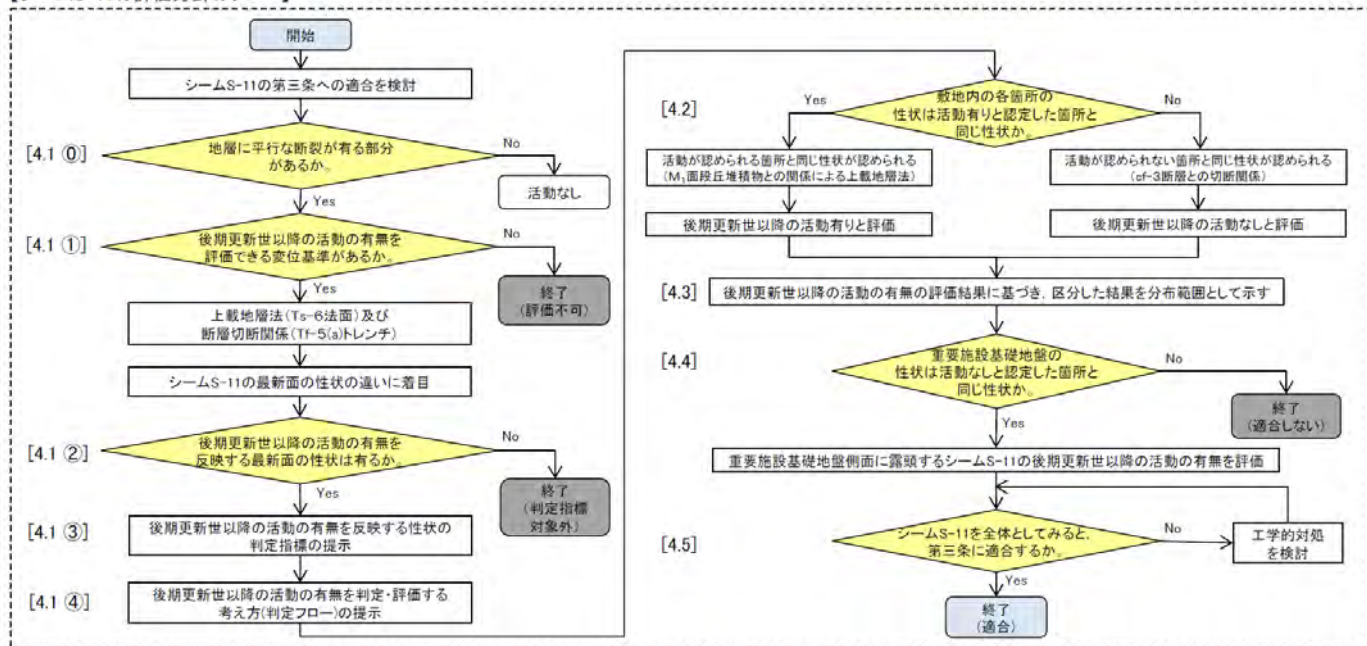
4. シームS-11の基準適合性評価の考え方



注) 凡例は、P.27参照。
現地確認(2022年11月7日)後にデータを追加。

- シームS-11が露頭する重要施設基礎地盤側面には、活動性評価に適用できる上載地層、切断関係を判断しうる断層等の変位基準は認められないため、直ちに上載地層法及び断層切断関係により、重要施設基礎地盤側面を含む敷地のシームS-11の活動性評価はできない。
- そこで、以下のフローに示すシームS-11の評価方針により、第三条への適合性を評価する。(次頁に続く)

【シームS-11の評価方針のフロー】



II. 評価の概要(2/7)



4. シームS-11の基準適合性評価の考え方(前頁からの続き)

- 前頁のフローで示した評価方針に従い、活動履歴の違いがシームS-11の最新面の性状に現れることに着目した検討を行ったところ、以下に示す調査・分析結果が得られた。シームS-11の最新面の性状を介して、重要施設基礎地盤側面を含む敷地のシームS-11について、後期更新世以降の活動の有無を評価し、これらを区分した上でシームS-11全体として第三条への適合性を評価する。

4.1 変位基準がない箇所での後期更新世以降の活動の有無の考え方

① 地層に平行な断裂のない部分の判定

- シームS-11について、後期更新世以降の活動の有無を判定・評価する前提として、断裂のない部分(後期更新世以降に動いていない部分)を判定

① 変位基準との関係から後期更新世以降の活動の有無を認定できる箇所の選定

- 上載地層(M₁ 面段丘堆積物)との関係により後期更新世以降の活動が有ると認定できる箇所: Ts-6 法面
- 断層切断関係(cf-3断層)により後期更新世以降の活動がないと認定できる箇所: Tf-5(a) トレンチ

② 調査・分析方法の提示 P.(10)参照

- 活動履歴の違いが現れる最新面の性状に着目
- 後期更新世以降の活動の有無が変位基準との関係から認定できる2箇所のシームS-11の最新面において、CT画像観察、条線観察及びSEM観察を実施

③ 判定指標の提示 P.(10)～P.(12)参照

- 後期更新世以降の活動の有無を判定する指標として、条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)、条線の明瞭度及び鉱物の形状を選定し、活動の有無を認定できる箇所での指標を比較して提示

④ 後期更新世以降の活動の有無を判定・評価する考え方(判定フロー)の提示 P.(13)参照

- 敷地のシームS-11に適用・展開するにあたり、下記により活動の有無を検討
- CT画像観察: 地層に平行な断裂の有無による判定及び最新面の認定
- 条線観察: 条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)・条線の明瞭度による判定
- SEM観察: 鉱物の形状による判定

変位基準がない箇所での後期更新世以降の活動の有無の考え方はP.(10)～P.(14)参照。

4.2 後期更新世以降の活動の有無の評価結果

- 敷地のシームS-11のボーリングデータ等に適用・展開し、最新面の性状を介して、上載地層法により後期更新世以降の活動が認められる箇所に該当すると評価する箇所、及び断層切断関係により後期更新世以降の活動が認められない箇所に該当すると評価する箇所をそれぞれ判定・評価した。
- なお、後期更新世より古い時代に生成したと考えられる鉱物脈(スメクタイト脈)がシームS-11の最新面を横切る観察結果についても示す。

4.3 後期更新世以降の活動の有無の評価範囲 P.(14)参照

- 敷地内に分布するシームS-11について、後期更新世以降の活動が認められる箇所に該当すると評価する箇所、及び後期更新世以降の活動が認められない箇所に該当すると評価する箇所を展開し、区分した結果から、後期更新世以降の活動有りとして評価する範囲及び活動なしとして評価する範囲を示す。

4.4 重要施設基礎地盤側面のシームS-11の評価

- シームS-11の最新面の性状から、重要施設基礎地盤側面に露頭するシームS-11は、活動なしと認定した箇所のシームS-11に該当し、後期更新世以降の活動はないと評価される。
- 重要施設のシームS-11上下盤の岩盤性状を確認すると、各風化指標の分析結果から新鮮部と判断され、地質観察結果とも整合し、堅固な岩盤であることを確認した。

4.5 シームS-11の第三条への適合性評価

重要施設基礎地盤側面に露頭する箇所のシームS-11は後期更新世以降の活動はないと判断する。



シームS-11を全体として扱うと、敷地には後期更新世以降の活動有りとして評価する範囲が存在することから、この状態では将来活動する可能性のある断層等に該当することを否定できない。このため、将来活動する可能性のある断層等に該当しないための工学的対処を講じた上で、シームS-11全体として第三条に適合することを示す。



変位基準がない箇所での後期更新世以降の活動の有無の考え方(1/4)

シームS-11には後期更新世以降の活動が認められる箇所(M₁面段丘堆積物との関係による上載地層法)と認められない箇所(cf-3断層との切断関係)があるものの、重要施設を含む敷地内に分布するシームS-11にはこのような変位基準がないため、以下により検討する。

【目的】

- 敷地内に分布するシームS-11について、後期更新世以降の活動の有無の評価を展開し、区分した結果を分布範囲として示すことを目的とする。

【調査・分析】

調査・分析に先立ち、地層に平行な断裂の有無を判定し、その断裂を以下の調査・分析の対象とする。

- 後期更新世以降の活動の有無は、最新面の性状の違いとして現れることから、変位基準との関係により後期更新世以降の活動が認められる箇所と認められない箇所を対象に、最新面の性状の違いについて調査・分析する。
- 調査・分析は、条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)、条線の明瞭度及び鉱物の形状に着目する。
- 後期更新世以降の活動が認められる箇所(上載地層法)と認められない箇所(断層切断関係)の調査・分析結果を指標とし、これらの最新面の性状を介してシームS-11の後期更新世以降の活動の有無を評価できることを示す。
- これらの評価を敷地内に展開し、区分した結果を後期更新世以降の活動有りと評価する範囲及び活動なしと評価する範囲として示す。

【結果】

- 後期更新世以降の活動の有無は、CT画像観察による地層に平行な断裂の有無の判定に基づき認定した最新面上の、条線観察による、条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)や条線の明瞭度の違い、及びSEM観察による最新面上の鉱物の形状により判定可能である。

【評価】

- 敷地内に分布するシームS-11について、後期更新世以降の活動の有無の評価を展開し、区分した結果から、後期更新世以降の活動有りと評価する範囲及び活動なしと評価する範囲を示す。

Ⅱ. 評価の概要(4/7)

コメントNo.S2-155 1)



変位基準がない箇所での後期更新世以降の活動の有無の考え方(2/4)

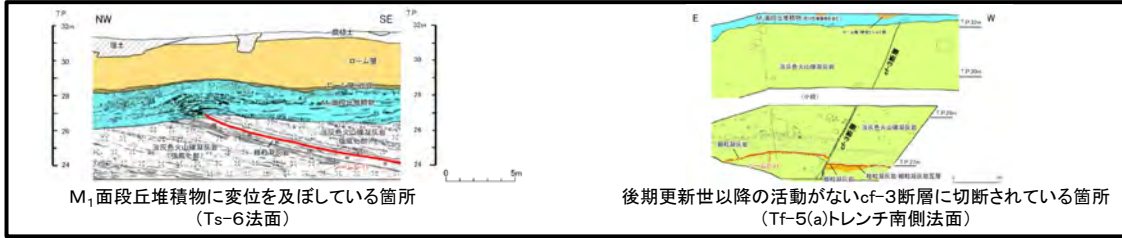
敷地のシームS-11の最新面の性状と、後期更新世以降の活動が認められる箇所及び認められない箇所の最新面の性状との対比に基づき、後期更新世以降の活動の有無を評価する考え方は以下のとおり。

調査・分析に先立ち、地層に平行な断裂の有無を判定し、その断裂を以下の調査・分析の対象とする。

- **ステップⅠ**:後期更新世以降の活動の有無が変位基準との関係から認定できる箇所を選定する。後期更新世以降の活動が認められる箇所と認められない箇所の最新面の性状に着目し、条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)、条線の明瞭度及び鉱物の形状を判定指標として選定する。
- **ステップⅡ**:ステップⅠで得られた判定指標を基に、後期更新世以降の活動の有無の評価を敷地内の各箇所に展開する。後期更新世以降の活動が認められる箇所の性状と同じ場合は、後期更新世以降の活動有りとして評価し、後期更新世以降の活動が認められない箇所の性状と同じ場合は、後期更新世以降の活動なしとして評価する。
- **ステップⅢ**:後期更新世以降の活動の有無の評価を敷地内に展開し、区分した結果を後期更新世以降の活動有りとして評価する範囲及び活動なしとして評価する範囲として示す。

変位基準有り(活動の有無が変位基準との関係から認定できる箇所)

後期更新世以降の活動の有無が変位基準との関係から認定できる箇所の選定



ステップⅠ

後期更新世以降の活動が認められる箇所と認められない箇所の最新面の性状に着目
CT画像観察により最新面を認定した上で、下記性状を判定指標として選定

調査・分析方法	判定指標	後期更新世以降の活動が認められる箇所	後期更新世以降の活動が認められない箇所
条線観察	条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)、条線の明瞭度	他に上書きされていない条線は明瞭でN-S方向を示し、最新面の最大傾斜方向に一致する。	他に上書きされていない条線は不明瞭でN-S方向以外を示し、最新面の最大傾斜方向に一致しない。
SEM観察	鉱物の形状	団子状のスメクタイトが認められる。	網目状のスメクタイトが認められる。 ファイバー状のスメクタイトが認められる。 柱状の自形鉱物が認められる。

P.(12)に、最新面の性状を確認した結果を示す。

差異有り

変位基準なし(敷地内展開)

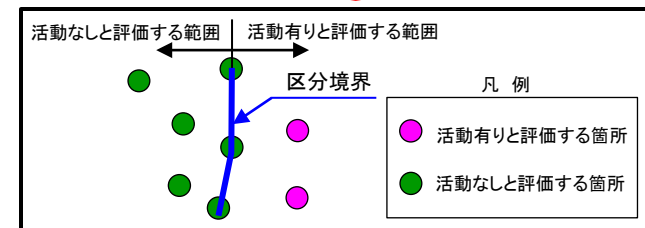
敷地内の各箇所に展開

CT画像観察により最新面を認定した上で、下記性状を介して後期更新世以降の活動の有無を判定・評価

調査・分析方法	判定指標	敷地内の各箇所のデータ
条線観察	条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)、条線の明瞭度	各性状を対比し、後期更新世以降の活動が認められる箇所と認められない箇所のどちらに該当するかを判定する。
SEM観察	鉱物の形状	

P.(13)に判定フローを示す。

ステップⅢ



P.(14)に、区分した結果を示す。

観察事実

評価

Ⅱ. 評価の概要(5/7)



変位基準がない箇所での後期更新世以降の活動の有無の考え方(3/4): 判定指標の提示

後期更新世以降の活動の有無が変位基準との関係から認定できる2箇所における、CT画像観察、条線観察及びSEM観察結果の典型的な事例を下表に示す。
 ・シームS-11の条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)、条線の明瞭度及び鉱物の形状に違いがあることが確認された。

調査・分析方法	判定指標	後期更新世以降の活動が認められる箇所	後期更新世以降の活動が認められない箇所
		Ts-6-B1-1ブロック試料	Tf-5a-S-W-5孔
CT画像観察	地層に平行な断裂の有無 最新面の認定	<p>地層に平行な断裂が認められる。 連続性が良く、直線性及び平滑性が認められる面を最新面として認定する。</p>	<p>地層に平行な断裂が認められない。 連続性が良く、直線性及び平滑性が認められる面を最新面として認定する。</p>
条線観察	条線の上書きによる新旧関係(方向の違い) 条線の明瞭度	<p>他に上書きされていない条線は明瞭で、条線方向はN10° Wであり、N-S方向を示す。 条線方向は最新面の最大傾斜方向に一致する。</p>	<p>他に上書きされていない条線は不明瞭で、条線方向はN15° E及びN50° Eである。 条線方向は最新面の最大傾斜方向に一致しない。</p>
SEM観察	鉱物の形状	<p>団子状のス멕タイトが認められる。</p>	<p>・網目状のス멕タイトが認められる。 ・ファイバー状のス멕タイトが認められる。 ・柱状の自形鉱物も認められる。</p>

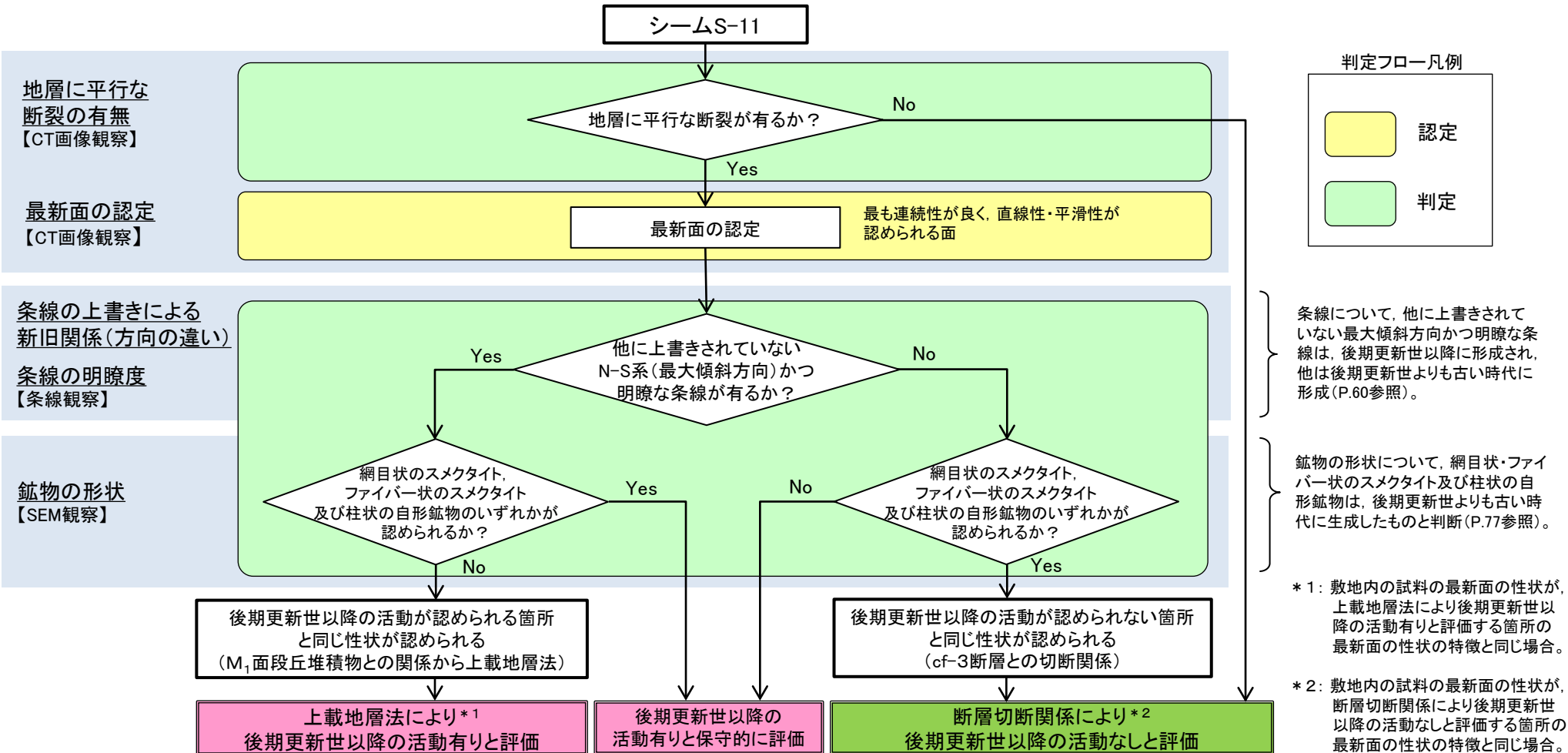


II. 評価の概要(6/7)

変位基準がない箇所での後期更新世以降の活動の有無の考え方(4/4): 後期更新世以降の活動の有無を判定・評価する考え方(判定フロー)の提示

敷地のシームS-11について、後期更新世以降の活動の有無を判定・評価する考え方(判定フロー)を以下に示す。
 判定フローは、後期更新世以降の活動の有無が変位基準との関係から認定できる2箇所でのシームS-11の最新面の性状の調査・分析結果を基に策定した。

- CT画像観察により地層に平行な断裂の有無を判定し、有る場合は最新面を認定した上で、条線観察[条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)・条線の明瞭度]により判定し、次にSEM観察による鉱物の形状を判定して、後期更新世以降の活動の有無を評価する。



Ⅱ. 評価の概要(7/7)

コメントNo.S2-161



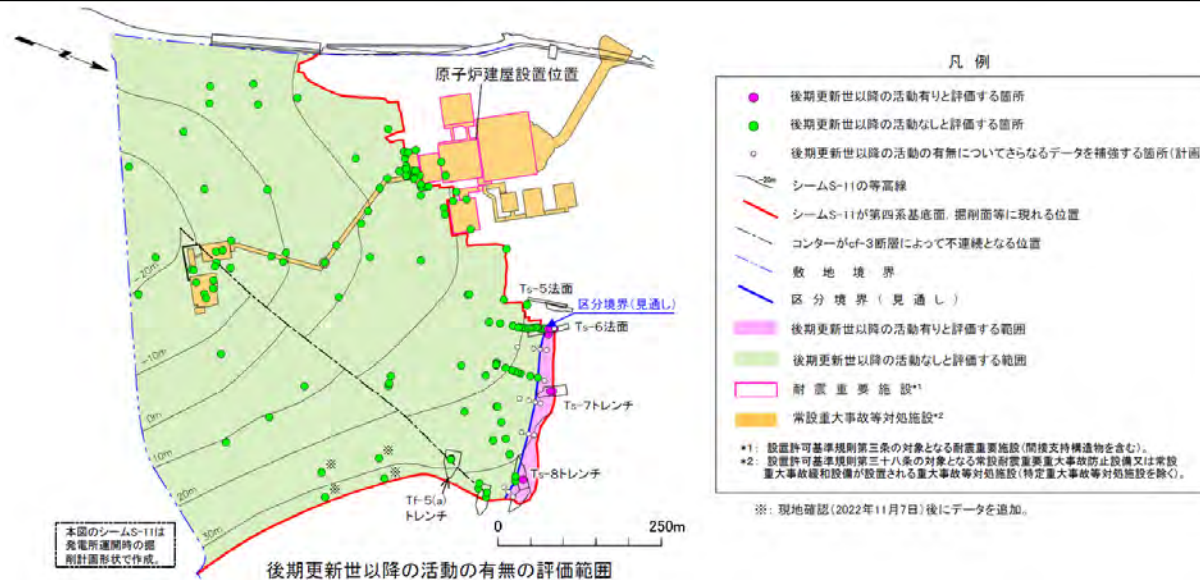
シームS-11全体としての第三条への適合性評価

シームS-11は、重要施設基礎地盤側面では活動性評価に適用できる上載地層、切断関係を判断しうる断層等の変位基準は認められない。このため、活動履歴の違いがシームS-11の最新面の性状に現れることに着目し、上載地層及び断層切断関係により後期更新世以降の活動の有無を認定できる箇所でのシームS-11の最新面の性状について調査・分析を行った。これらの結果を用いて、重要施設基礎地盤側面に露頭するシームS-11について、全体として第三条への適合性を評価する考え方を以下に示す。

- 敷地のシームS-11について、最新面の性状を介して、後期更新世以降の活動が認められる箇所(上載地層法)と認められない箇所(断層切断関係)のどちらに該当するかを判定・評価し、区分した結果を分布範囲として示した。
- 重要施設は「後期更新世以降の活動なしと評価する範囲」の地盤に設置される。
- 重要施設基礎地盤側面に露頭する部分のシームS-11について、最新面の性状等の調査・分析結果によると、断層切断関係により後期更新世以降の活動が認められない箇所に該当すると評価される。

以上より、重要施設基礎地盤側面に露頭する箇所のシームS-11は後期更新世以降の活動はないと判断する。

ここで、シームS-11を全体として扱うと、敷地には後期更新世以降の活動有りとして評価する範囲が存在することから、この状態では将来活動する可能性のある断層等に該当することを否定できない。このため、将来活動する可能性のある断層等に該当しないための工学的対処を講じた上で、シームS-11全体として第三条に適合することを示す。



本編資料	2
1. 敷地の地質・地質構造の概要	2
2. シームの定義及びシームS-11の基準適合性評価上の扱い	4
3. シームS-11の活動性	6
4. シームS-11の基準適合性評価の考え方	10
4.1 変位基準がない箇所での後期更新世以降の活動の有無の考え方	13
4.2 後期更新世以降の活動の有無の評価結果	26
4.3 後期更新世以降の活動の有無の評価範囲	37
4.4 重要施設基礎地盤側面のシームS-11の評価	40
4.5 シームS-11の第三条への適合性評価	46
補足説明資料	48

- 新規基準に適合すると判断した論理構成を説明する上で必要な内容を「本編資料」として取り纏めた。
- 評価方針を説明する上で必要となる根拠に関する資料を「補足説明資料」として取り纏めた。

1. 敷地の地質・地質構造の概要

1. 敷地の地質・地質構造の概要



- 敷地の地質は、新第三紀中新世の大間層及び易国間層、鮮新世の大畑層並びにそれらを覆う第四系から構成される(図1.1, 表1.1)。
- 大間層及び易国間層は、全体に約5°～約10°の南傾斜、敷地東部及び西側海域では約10°の西傾斜を成し、おおむね平行成層を成す(図1.2)。

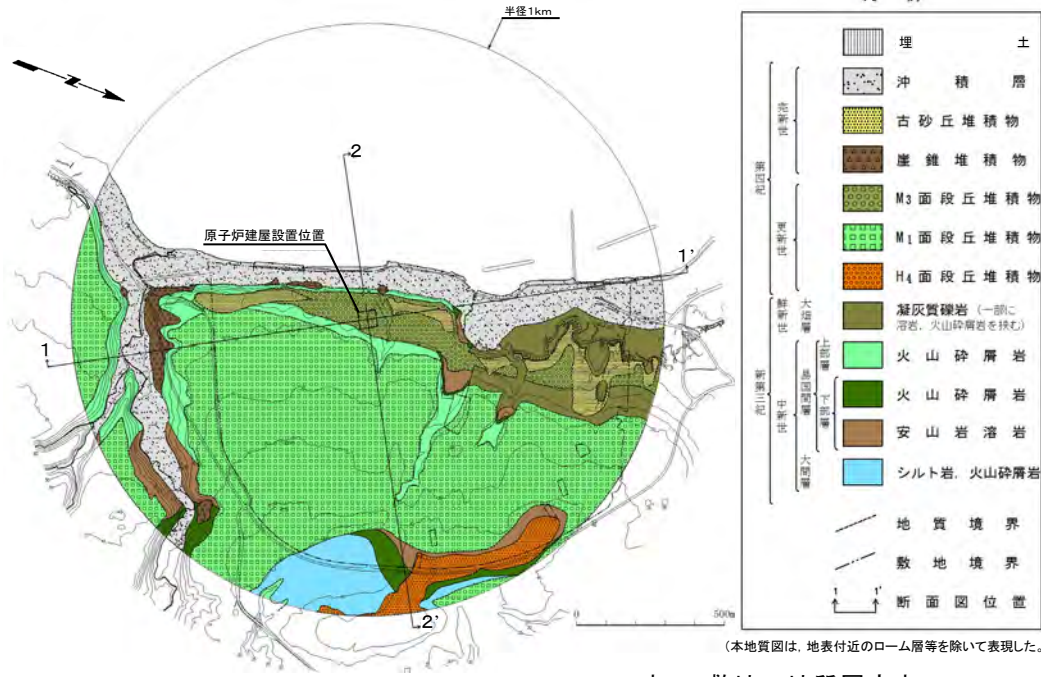


図1.1 敷地の地質平面図

表1.1 敷地の地質層序表

地質時代	地層名	主要岩相	
第四紀	第四系	火山灰質粘性土、シルト、砂及び礫	
	大畑層	凝灰質礫岩 (一部に溶岩、火山砕屑岩を挟む)	
新第三紀	易国間層	上部層	火山砕屑岩 (淡灰色火山凝灰岩、凝灰質礫岩)
		下部層	安山岩溶岩、火山砕屑岩(凝灰質礫岩、粗粒凝灰岩、細粒凝灰岩、粗粒火山凝灰岩)及びシルト岩並びにそれらの互層
	大間層	上部層	シルト岩及び火山砕屑岩(酸性凝灰岩、軽石凝灰岩、粗粒凝灰岩、粗粒火山凝灰岩)
		下部層	玄武岩

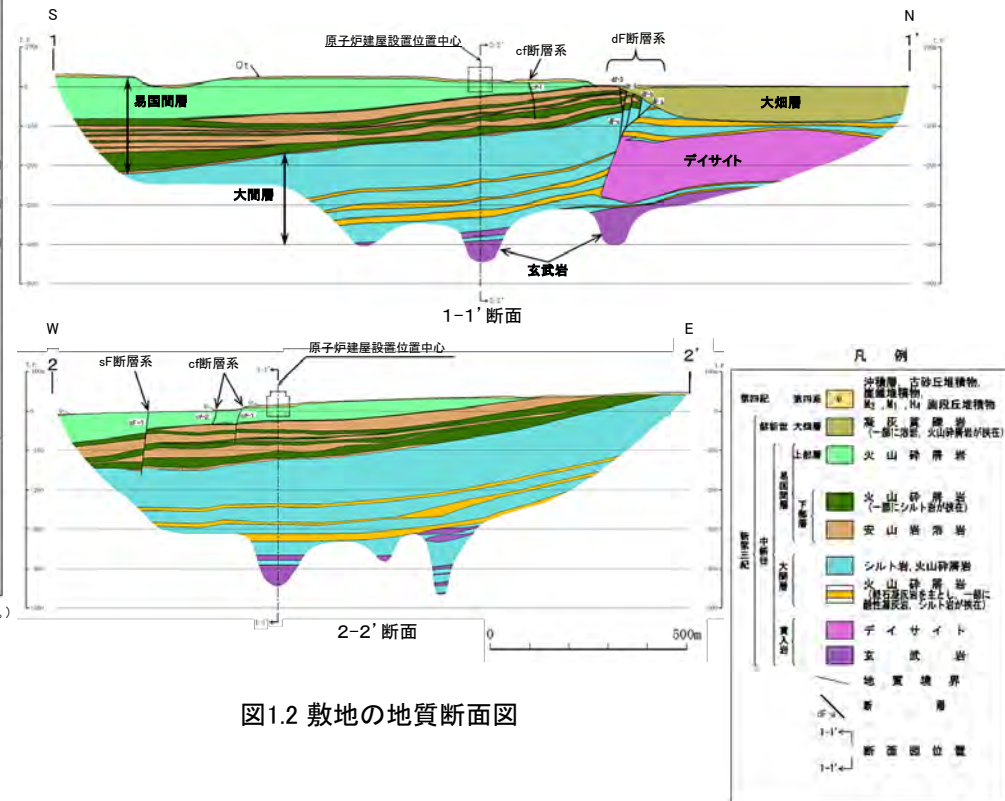


図1.2 敷地の地質断面図

2. シームの定義及びシームS-11の基準適合性評価上の扱い

2. シームの定義及びシームS-11の基準適合性評価上の扱い

コメントNo.S2-151, 152



【シームの定義】

- シームは、易国間層及び大間層に挟在し、断裂*1を伴う層理面に平行な粘土質の薄層をいう。

【シームS-11の基準適合性評価上の扱い】

基準適合性評価におけるシームS-11は、以下の考えにより、一続きの面として扱うこととする。

- シームS-11*2は、選定した12枚のシームのうち唯一重要施設基礎地盤側面に露頭するため、第三条対象となる。
- このため、将来活動する可能性のある断層等に該当するか否かを解釈※・別記1「3」に記載された断層等と同様に、後期更新世以降の活動の有無により評価する。

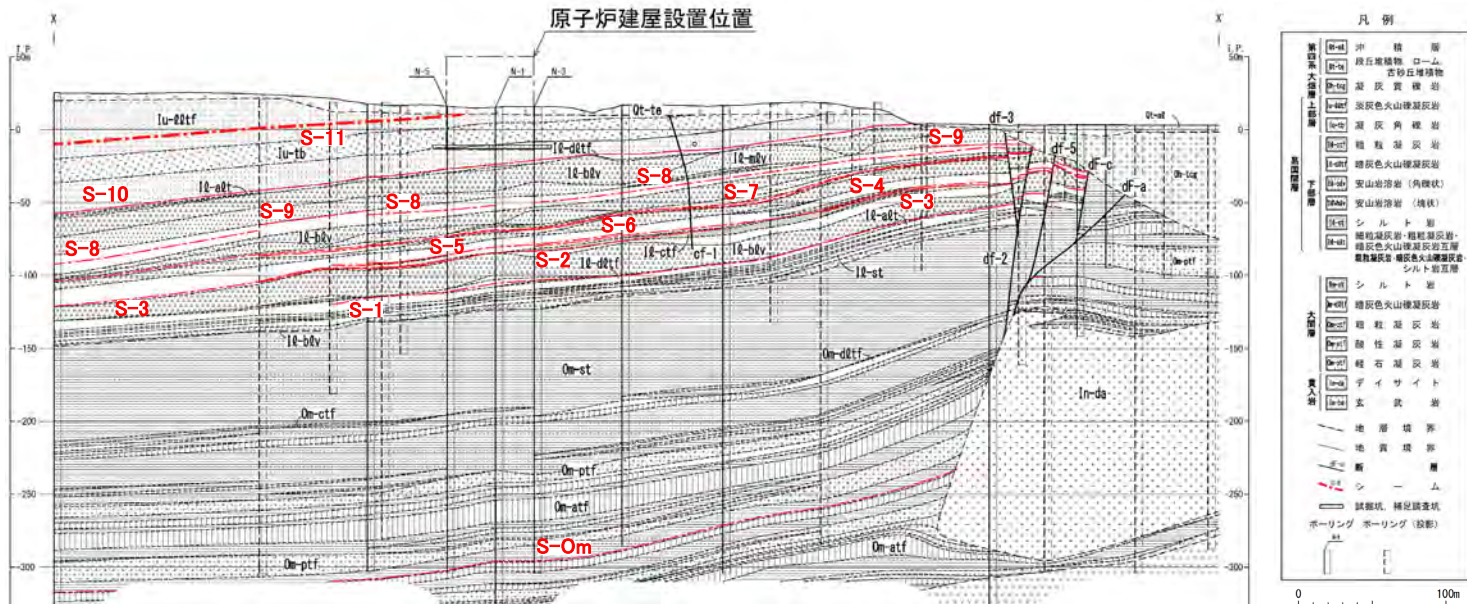
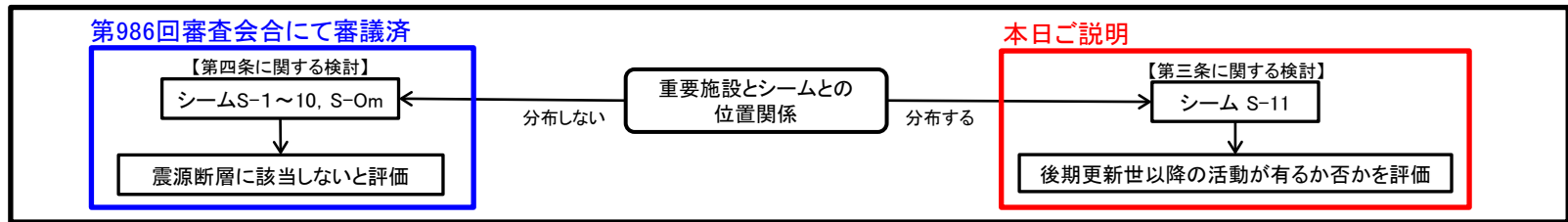


図2.1 原子炉建屋設置位置付近のシームの分布

- *1: 断裂とは、岩石の破壊によって生じた不連続面の総称。
- *2: シームS-11は、層理面に平行に分布し、層序的位置では、易国間層の凝灰角礫岩上面から約7m～約8m上位にあり、淡灰色火山礫凝灰岩中の細粒な部分又は粘土質の薄層から成る。これらの特徴を有するものをシームS-11とする。

※: 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈

3. シームS-11の活動性

3. シームS-11の活動性(1/3)

上載地層法による活動性

シームS-11は、上載地層であるM₁面段丘堆積物に変位を及ぼしており、後期更新世以降の活動が認められる。

【連続的に分布する上載地層の選定】

- M₁面段丘堆積物

【上載地層法に用いる地層の年代評価(火山灰, 分布標高に基づく)】

- M₁面段丘堆積物…MIS5e(約12~13万年前)に堆積

【上載地層とシームS-11との関係】

- シームS-11は、易国間層の淡灰色火山礫凝灰岩中に、地層に平行に分布し、上載地層であるM₁面段丘堆積物に不整合に覆われる。
- シームS-11は、上盤側の地層に平行な逆断層センスの動きにより、M₁面段丘堆積物に変位を及ぼしている。



シームS-11は、上載地層であるM₁面段丘堆積物に変位を及ぼしており、後期更新世以降の活動が認められる。

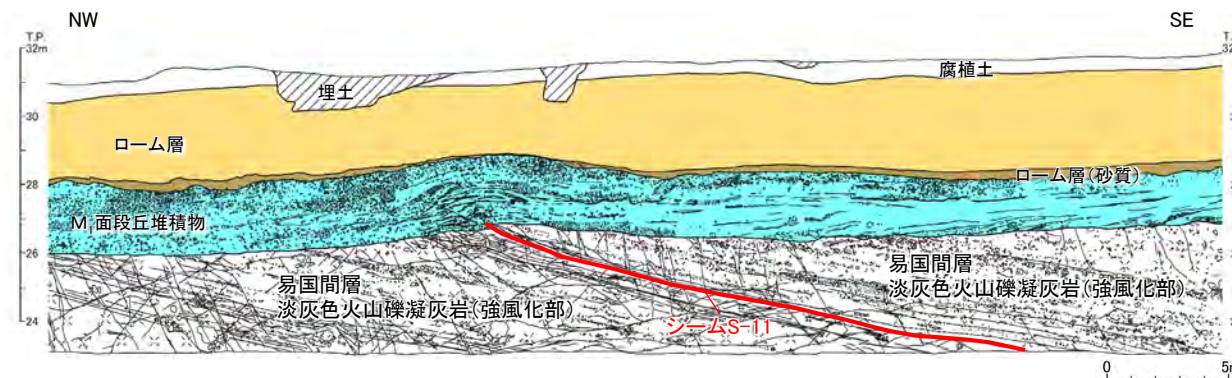


図3.1 M₁面段丘堆積物に変位を及ぼしている箇所(Ts-6法面)

3. シームS-11の活動性(2/3)

断層切断関係による活動性

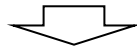
しかしながら、シームS-11は、cf-3断層に切断されており、後期更新世以降の活動は認められない。

【上載地層とcf-3断層との関係】

cf-3断層は、上載地層であるM₁面段丘堆積物に変位を及ぼしていない。

【cf-3断層とシームS-11との関係】

シームS-11は、後期更新世以降の活動がないcf-3断層に切断されている。



シームS-11は、cf-3断層に切断されており、後期更新世以降の活動は認められない。

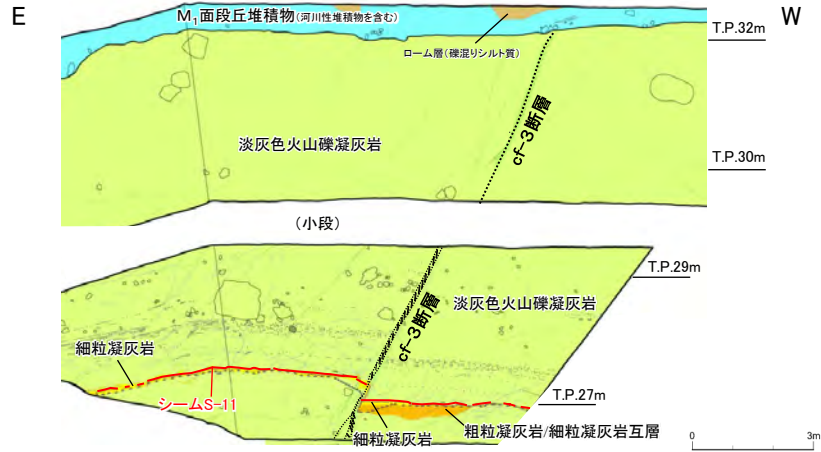


図3.2 後期更新世以降の活動がないcf-3断層に切断されている箇所(Tf-5(a)トレンチ南側法面)

3. シームS-11の活動性(3/3)

シームS-11の活動性のまとめ

シームS-11について、 M_1 面段丘堆積物との関係及びcf-3断層との切断関係を各々の箇所を観察した結果は以下のとおりであり、異なる活動履歴を示す結果が得られた。

- シームS-11は、上載地層である M_1 面段丘堆積物及びその直下の岩盤に変位を及ぼしている。このことから、シームS-11は後期更新世以降の活動が認められることとなる。
- しかしながら、シームS-11は後期更新世以降の活動がないcf-3断層に切断されている。このことから、シームS-11には後期更新世以降の活動が認められないこととなる。

以上より、シームS-11の活動性は一続きの面で評価するが、シームS-11では異なる活動履歴を示しており、現状では将来活動する可能性のある断層等に該当することを否定できない。

活動性

M_1 面段丘堆積物及びその直下の岩盤に変位
後期更新世以降の活動有り



cf-3断層により切断
後期更新世以降の活動なし

異なる活動履歴を示す
(現状では将来活動する可能性のある断層等に該当することを否定できない)

4. シームS-11の基準適合性評価の考え方

4. シームS-11の基準適合性評価の考え方(1/2)



重要施設基礎地盤側面での上載地層及び断層の分布

- 基準適合性評価の際には、後期更新世以降の活動の有無を、上載地層法、断層切断関係もしくは鉱物脈法により評価する。
- シームS-11が露頭する重要施設基礎地盤側面には、活動性評価に適用できる上載地層、切断関係を判断しうる断層等の変位基準は認められない(図4.1～図4.3)。



直ちに上載地層法及び断層切断関係により、重要施設基礎地盤側面を含む敷地のシームS-11の活動性評価はできない。そこで、次頁に示すシームS-11の評価方針により、第三条への適合性を評価する。



凡例

- 耐震重要施設*1
- 常設重大事故等対処施設*2
- シームS-11
- シームS-10
- 断層(確認部) (cf断層系, sf断層系及びdf断層系)
- 断層(大畑層による伏在部) (sf-2断層系及びdf断層系)
- 断層端部があると考えられる区間 (cf断層系及びdf断層系)
- 断層(海底地形による推定部) (sf-1断層)

*1: 設置許可基準規則第三条の対象となる耐震重要施設(間接支持構造物を含む)。
 *2: 設置許可基準規則第三十八条の対象となる常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設(特定重大事故等対処施設を除く)。

注1) 断層の分布はT.P.+14mにおける位置。
 注2) 本図のシームS-11の位置は、設計上の掘削面形状に基づき、軽油タンク、第一フィルタベント建屋及び燃料補助建屋の部分については、構造物側面に沿って鉛直に掘削するものとして表示した。
 注3) 海域のdf断層系の断層については、個別の断層系を区別せずに扱うが、識別する必要がある場合を踏まえ、df-m1～df-m4断層として記載する。

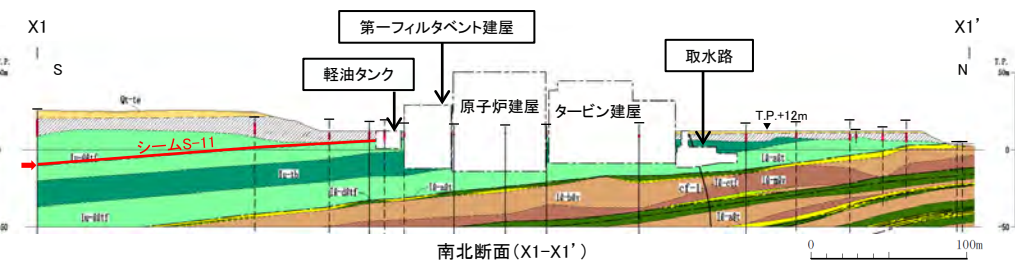


図4.2 原子炉建屋付近の地質断面図(X1-X1')

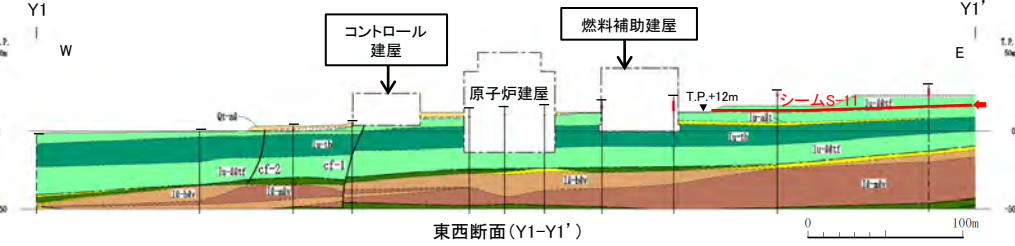


図4.3 原子炉建屋付近の地質断面図(Y1-Y1')

凡例

- 細粒凝灰岩・粗粒凝灰岩・暗灰色火山礫凝灰岩互層
- 粗粒凝灰岩
- 暗灰色火山礫凝灰岩
- 安山岩溶岩(角礫状)
- 安山岩溶岩(塊状)
- 凝灰角礫岩
- 地層境界
- 地質境界
- 断層
- シーム
- ボーリング
- ボーリング(投影)
- 風化部

注4) ボーリングは工事着手前の原地形で掘削。
 注5) 重要な安全機能を有する施設の埋戻し部については、MMR等で埋戻す予定。
 注6) 本図は、設置変更許可申請時(平成26年12月)までに取得した調査データを用い作成。

図4.1 シームS-11と重要施設との位置関係(シームS-11の平面的分布)

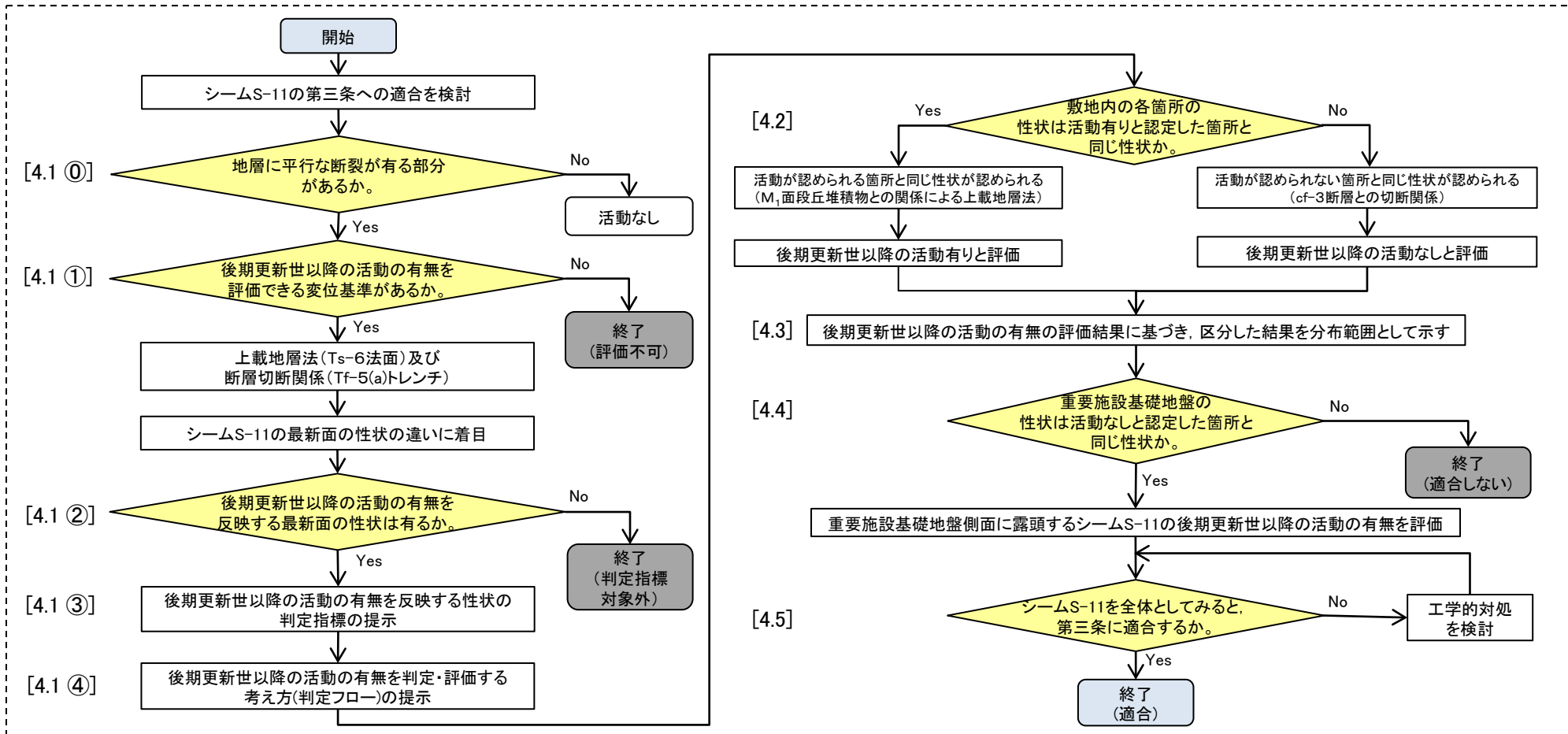
4. シームS-11の基準適合性評価の考え方(2/2)

シームS-11の評価方針

シームS-11の評価方針について、以下に示す。

- 活動履歴の違いがシームS-11の最新面の性状に現れることに着目し、シームS-11が後期更新世以降の活動が認められる箇所と認められない箇所のどちらに該当するかを最新面の性状により判定し、後期更新世以降の活動の有無を評価する考え方を示す[4.1]。
- 敷地のシームS-11について、後期更新世以降の活動の有無を評価し、区分した結果を分布範囲として示す[4.2, 4.3]。
- 重要施設基礎地盤側面に露頭する部分のシームS-11について、後期更新世以降の活動の有無を認定した箇所のシームS-11のどちらに該当するかを評価する[4.4]。
- シームS-11を全体として第三条に適合することを示す[4.5]。

【シームS-11の評価方針のフロー】



4.1 変位基準がない箇所での 後期更新世以降の活動の有無の考え方

4.1 変位基準がない箇所での後期更新世以降の活動の有無の考え方(1/12)

検討手順

P.12の評価方針に則った検討手順を以下に示す。

- 基準適合性評価では、重要施設基礎地盤側面に露頭するシームS-11は第三条対象として後期更新世以降の活動の有無を評価する必要がある。
- シームS-11には異なる活動履歴が認められ、シームS-11が露頭する重要施設基礎地盤側面には、活動性評価に適用できる変位基準がない。
- このため、変位基準がない箇所での後期更新世以降の活動の有無を、後期更新世以降の活動の有無を認定できる箇所との対比により判定する目的で、以下の①～④の順に検討する。

【検討手順】

① 地層に平行な断裂のない部分の判定

- 後期更新世以降の活動の有無を判定・評価する前提としての地層に平行な断裂のない部分(後期更新世以降に動いていない部分)の判定

② 変位基準との関係から後期更新世以降の活動の有無を認定できる箇所の選定

- 後期更新世以降の活動の有無を、上載地層、切断関係を判断しうる断層等の変位基準との関係から認定できる箇所の選定

③ 調査・分析方法の提示

- 後期更新世以降の活動の有無を反映すると考えられる最新面の性状の調査・分析方法の提示

④ 判定指標の提示

- 上記②で選定した箇所における後期更新世以降の活動の有無を反映する性状の判定指標の提示

⑤ 後期更新世以降の活動の有無を判定・評価する考え方(判定フロー)の提示(P.25)

- 後期更新世以降の活動の有無を判定・評価する考え方(判定フロー)の提示

4.1 変位基準がない箇所での後期更新世以降の活動の有無の考え方(2/12)

①地層に平行な断裂のない部分の判定(1/2)

シームS-11について、後期更新世以降の活動の有無を判定・評価する前提として、地層に平行な断裂のない部分(後期更新世以降動いていない部分)を判定する。

その考え方及び調査・分析方法は以下のとおり。

【シームS-11の基準適合性評価上の扱い及び評価の考え方】

- シームS-11は、基準適合性評価上、一続きの面として扱う。
- シームS-11は、易国間層の地層に平行に分布し、断裂を伴う粘土質の薄層から成る部分とそうでない部分がある。
- 地層に平行な断裂が有る部分とない部分の調査・分析方法を以下に示す。

【調査・分析方法】

〔考え方〕

- 地層に平行な断裂が有る場合は、その断裂を生じた活動が認められると判断し、最新面の性状から最新活動時期を評価する(P.18参照)。
- 地層に平行な断裂がない場合は、断裂を生じるような後期更新世以降の活動が認められないと判断する。

〔調査・分析方法〕

- 地層に平行な断裂の有無を調べるのに適した調査・分析方法は、CT画像観察である(P.16参照)。

以降の「4.1①」では、地層に平行な断裂が有る場合は、その断裂を生じた活動が認められるため、その断裂が後期更新世以降の活動によるものか否かを、最新面の性状(P.18参照)を介して判定する。

地層に平行な断裂がない場合は、活動の履歴が認められないため後期更新世以降の活動はないと判定する。

4.1 変位基準がない箇所での後期更新世以降の活動の有無の考え方(3/12)

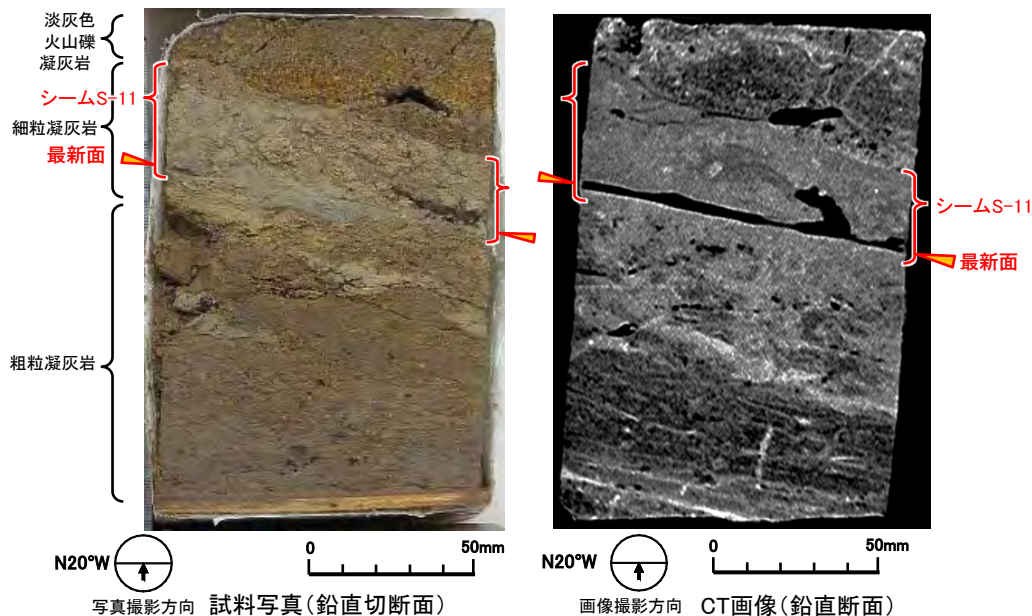
①地層に平行な断裂のない部分の判定(2/2):地層に平行な断裂の有無の判定方法

地層に平行な断裂の有無の判定方法は以下のとおり。

- CT画像観察により、地層に平行な断裂が認められる場合と認められない場合の事例を、試料写真と比較して図4.1.1及び図4.1.2に示す。
- 地層に平行な断裂が認められる場合では、シームS-11に連続的・直線的な断裂が認められる。一方、地層に平行な断裂が認められない場合では、堆積構造にも変位・変形は認められない。

以上より、地層に平行な断裂の有無は、CT画像観察により判定する。

「地層に平行な断裂有り」



「地層に平行な断裂なし」

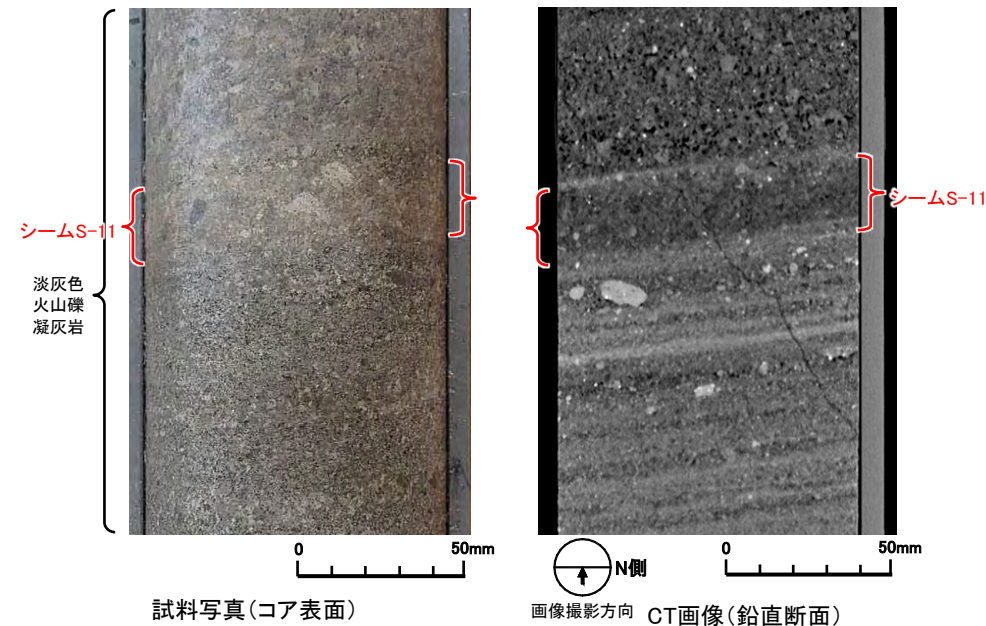


図4.1.1 地層に平行な断裂が認められる場合(Ts-6-B1-1ブロック試料)

図4.1.2 地層に平行な断裂が認められない場合(SB-003孔 深度25.75m-25.90m)

4.1 変位基準がない箇所での後期更新世以降の活動の有無の考え方(4/12)

①変位基準との関係から後期更新世以降の活動の有無を認定できる箇所の選定

後期更新世以降の活動の有無を、上載地層、切断関係を判断しうる断層等の変位基準との関係から認定できる箇所を選定する。

【大間地点における変位基準】

- 上載地層： MIS5e(約12～13万年前)に堆積したM₁面段丘堆積物
- 断層： M₁面段丘堆積物に変位を及ぼしていないcf-3断層

【変位基準との関係から後期更新世以降の活動の有無を認定できる箇所の選定】

- 上載地層との関係により後期更新世以降の活動があると認定できる箇所： Ts-6法面（図4.1.3）
→Ts-6法面は、シームS-11の傾斜方向に延びる長大な法面であり、データを広範囲で連続的に得られる箇所であるため、代表地点として選定した。
- 断層切断関係により後期更新世以降の活動がないと認定できる箇所： Tf-5(a)トレンチ（図4.1.4）

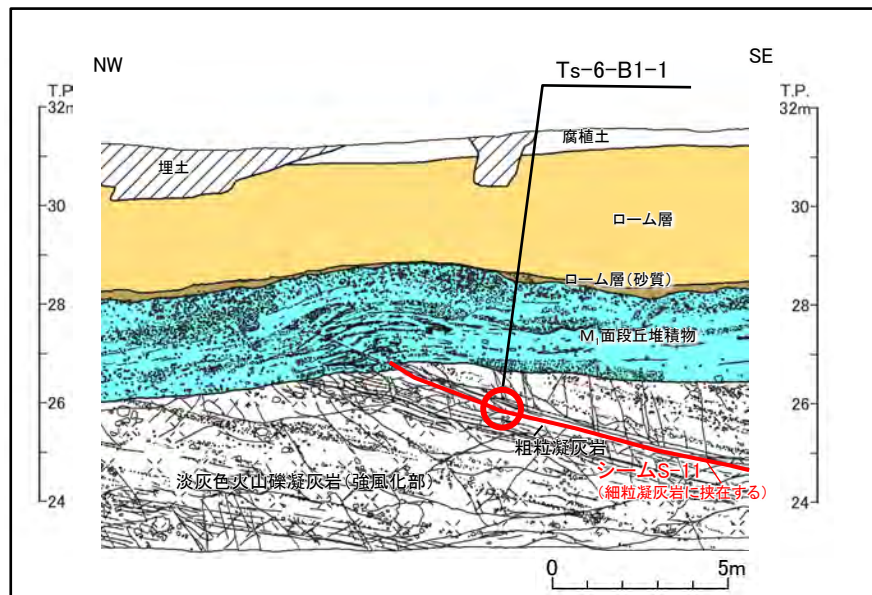


図4.1.3 M₁面段丘堆積物に変位を及ぼしている箇所(Ts-6法面)

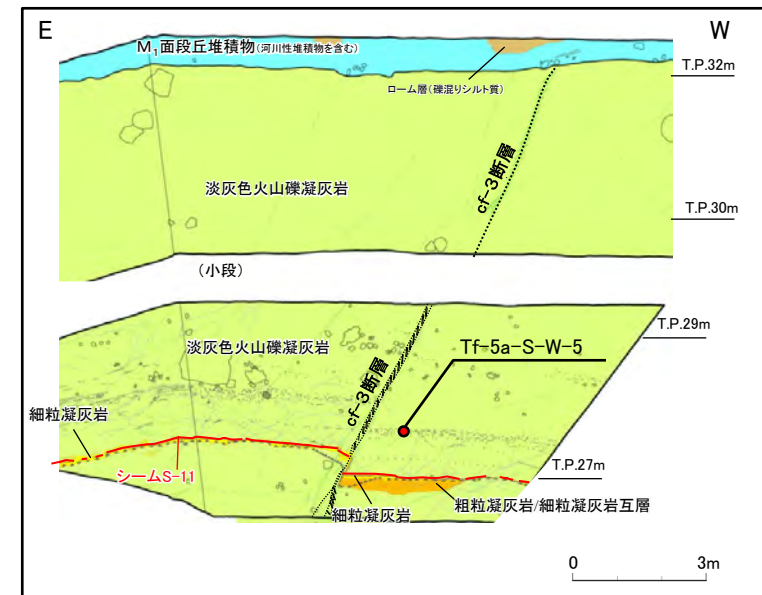


図4.1.4 後期更新世以降の活動がないcf-3断層に切断されている箇所(Tf-5(a)トレンチ南側法面)

4.1 変位基準がない箇所での後期更新世以降の活動の有無の考え方(5/12)

②調査・分析方法の提示(1/5):

後期更新世以降の活動の有無を反映する性状の選定及び調査・分析方法

後期更新世以降の活動の有無を反映する性状の選定及び調査・分析方法は以下のとおり。

【後期更新世以降の活動の有無を反映する性状の選定】

〔考え方〕

- 文献によれば、活動時期の違いが断層面の形態に現れるとされている(P.51参照)ことから、最新活動時期を表す最新面の性状を指標にする。
- 最新面の性状の活動時期による違いは、条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)、条線の明瞭度及び最新面の密着程度に現れると考えられるため、これらに着目する。
- また、最新面上の鉱物の形状は、新しい活動により破碎され変化すると考えられるため、鉱物の形状に着目する。

上記から、後期更新世以降の活動の有無を反映すると考えられる性状として、条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)、条線の明瞭度、最新面の密着程度及び鉱物の形状を選定する。

【調査・分析方法】

以下の調査・分析にあたり、最新活動時期を表す最新面を適切に認定する必要がある。

〔CT画像観察〕

- 最新面の認定は、CT画像観察により実施する(P.19参照)。
- 最新面の密着度を調べるのに適した調査・分析方法は、CT画像観察である。

〔条線観察〕

- 条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)及び条線の明瞭度を調べるのに適した調査・分析方法は、条線観察である(P.20, 21参照)。

〔SEM観察〕

- 鉱物の形状を調べるのに適した調査・分析方法は、SEM観察である(P.22参照)。

以上から、CT画像観察、条線観察及びSEM観察により、後期更新世以降の活動の有無を変位基準との関係から認定できる2箇所において、条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)、条線の明瞭度、最新面の密着程度及び鉱物の形状を対比し、違いがあるか否かを調査・分析する。

4.1 変位基準がない箇所での後期更新世以降の活動の有無の考え方(6/12)



②調査・分析方法の提示(2/5):シームS-11の最新面の認定方法

後期更新世以降の活動の有無を反映すると考えられる性状の検討にあたっては、最新活動時期を表す最新面を適切に認定することが重要である。シームS-11の最新面はCT画像観察により認定可能である。

- 文献によれば、断層の最新活動面は、連続性、直線性及び平滑性が良いとされている(P.53参照)。
- 最新面の認定にあたっては、CT画像観察による巨視的観察により、シームS-11の中で最も連続性が良く、直線性及び平滑性が認められる面を抽出し、この面を最新面として認定する。
- 上記の最新面認定の確からしさについて、代表的な試料で、薄片による微視的観察により、シーム内部の複合面構造を構成するY面を抽出し、その中で最も直線性、連続性が良いものを最新面として認定する。

上記のとおり、薄片観察により認定した最新面は、CT画像による最新面と整合しており、CT画像で最新面を認定できることを確認している。

各調査・分析方法で認められる
シームS-11の最新面の特徴

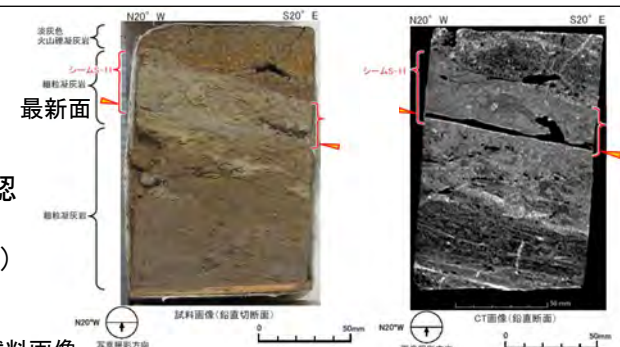
調査・分析方法	特徴
CT画像観察	シームS-11の中で最も連続性が良く、直線性・平滑性が認められる面
薄片観察	シームS-11の中に観察される複合面構造を構成するY面のうち、最も連続性が良く、直線性・平滑性が認められる面

最新面の認定方法

(ボーリングコア試料・ブロック試料での最新面認定)

巨視的観察: CT画像観察

- ボーリングコア試料・ブロック試料で確認されるもののうち、奥行方向を含めて、最も連続性が良く直線性や平滑性が認められる面を最新面として認定する。
(ボーリングコア試料での最新面の認定の事例はP.55参照)



左:ブロック試料画像
右:CT画像

図4.1.5 CT画像観察による最新面の認定事例
(Ts-6-B1-1ブロック試料)

(最新面認定の確からしさの確認)

微視的観察: 薄片観察

- CT画像観察で確認した最新面において、薄片観察によりシーム内部の複合面構造を構成するY面を抽出し、その中で最も直線性、連続性が良いものを最新面として認定する。
- 薄片観察により認定した最新面は、CT画像による最新面と整合しており、CT画像で最新面を認定できることを確認している。

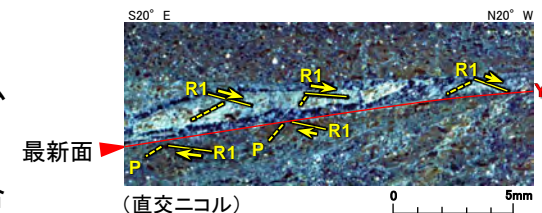


図4.1.6 薄片観察による最新面の認定事例
(Ts-6-B1-1ブロック試料)

4.1 変位基準がない箇所での後期更新世以降の活動の有無の考え方(7/12)

②調査・分析方法の提示(3/5): 条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)の判定方法

条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)を判定する方法を以下に示す。

- N-S系条線(N10° W)は、図4.1.7に示すようにNE-SW系条線(N35° E)を上書きしており、他に上書きされていない最も新しい条線であると認定する。

以上より、相互の上書き関係により、新旧関係を確認し、最新活動の条線方向を判定する。

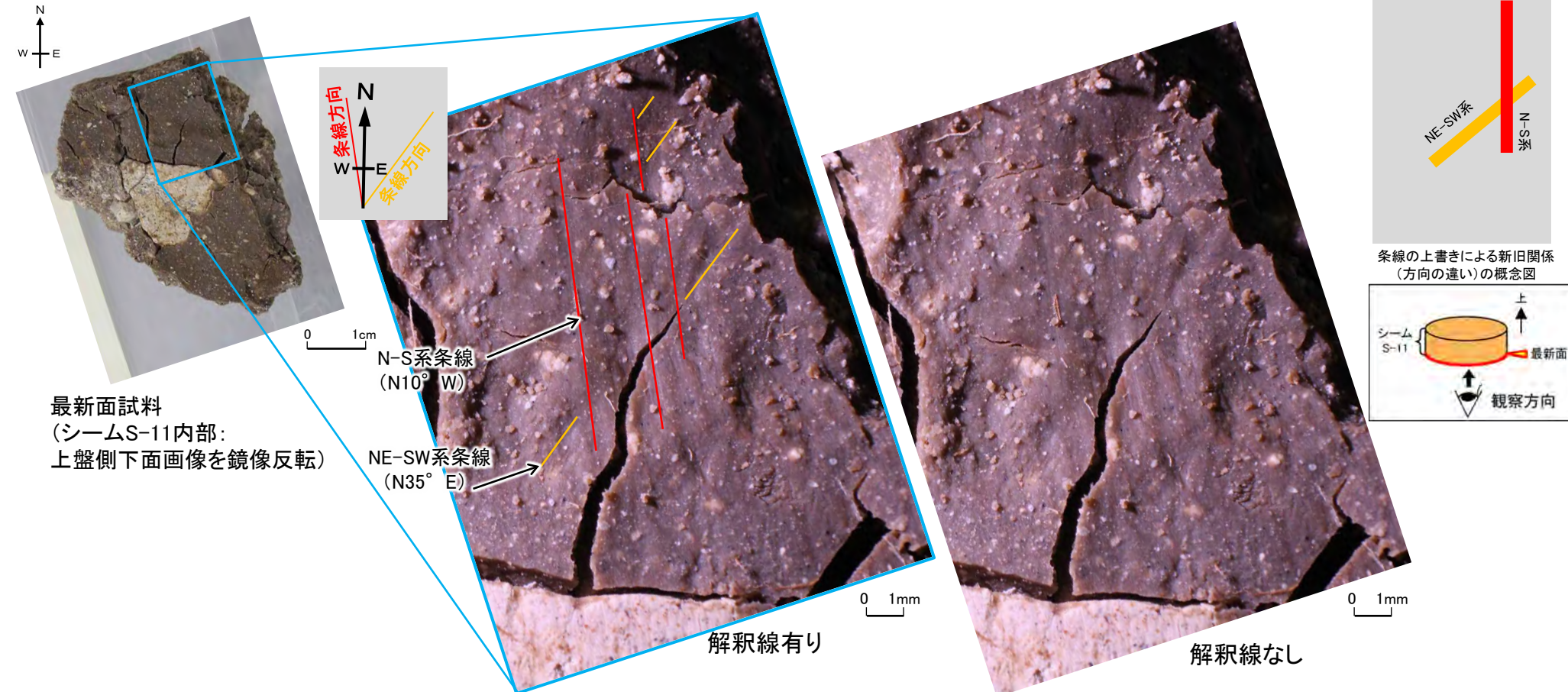


図4.1.7 シームS-11内部の最新面(Ts-6-B1-1ブロック試料)

4.1 変位基準がない箇所での後期更新世以降の活動の有無の考え方(8/12)

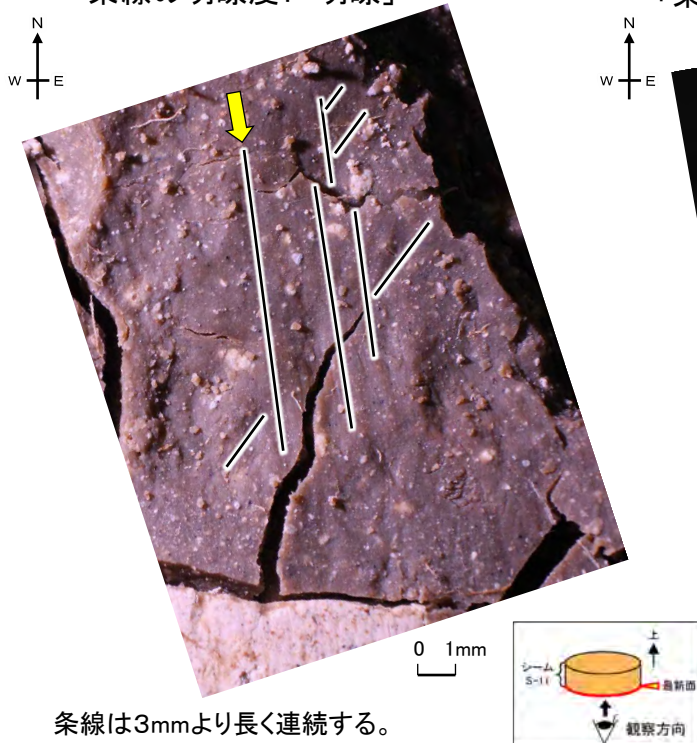
②調査・分析方法の提示(4/5): 条線の明瞭度の判定方法

条線の明瞭度について、条線が明瞭な場合と不明瞭な場合を判定する方法を以下に示す。

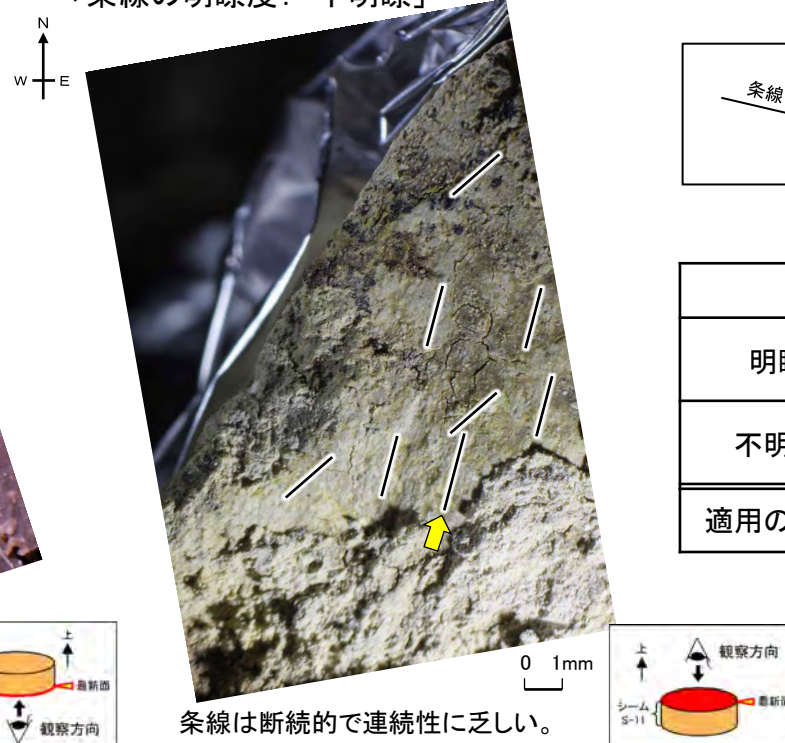
- 明瞭な条線が認められる場合は、図4.1.8に示すように最大長さの条線が3mmより長く連続する。一方、不明瞭な条線が認められる場合は、図4.1.9に示すように最大長さの条線が断続的で連続性に乏しい。
- なお、最大長さの条線の幅は0.1mm未満の場合が多く、条線が明瞭な場合と不明瞭な場合で明確な差は認められないことから、条線の明瞭度の判定に使用しないこととする。

以上より、条線の明瞭度は、条線の最大長さで判定することとし、観察面での条線の最大長さが3mm*より長い場合は明瞭、それ以下の場合には不明瞭と判定する(表4.1.1参照)。

「条線の明瞭度： 明瞭」



「条線の明瞭度： 不明瞭」



凡例

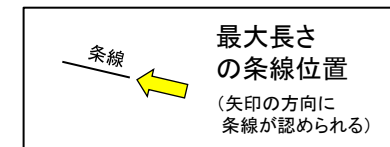


表4.1.1 条線の明瞭度の特徴

	最大長さ	幅
明瞭	3mmより長い	0.1mm以下～0.3mm
不明瞭	3mm以下	0.1mm以下
適用の可否	○	×

図4.1.8 明瞭な条線が認められる場合
(Ts-6-B1-1ブロック試料: 上盤側下面画像を鏡像反転)

図4.1.9 不明瞭な条線が認められる場合
(Tf-5a-S-W-5孔)

*: 明瞭度は、条線の溝の深さと幅に関係し、深いほど条線が長くなり明瞭になると考えられる。この考えに基づき検討した結果、条線の長さや深さ等には関連があることから、長さ3mmを閾値とした。

4.1 変位基準がない箇所での後期更新世以降の活動の有無の考え方(9/12)

②調査・分析方法の提示(5/5): 鉱物の形状

SEM観察による鉱物の形状を判定する方法を以下に示す。

- シームS-11の最新面で認められる鉱物は、スメクタイト及びフィリップサイトであると考えられる(P.73, 74, 77参照)。
- これらの鉱物は、文献(P.74参照)で記載されるような、網目状・ファイバー状及び団子状のスメクタイト(図4.1.10～図4.1.12)、柱状の自形鉱物であるフィリップサイト(図4.1.13)がそれぞれ認められ、鉱物の形状に違いが認められる。

以上より、シームS-11の最新面に認められるスメクタイト及びフィリップサイトにより、鉱物の形状を判定する。

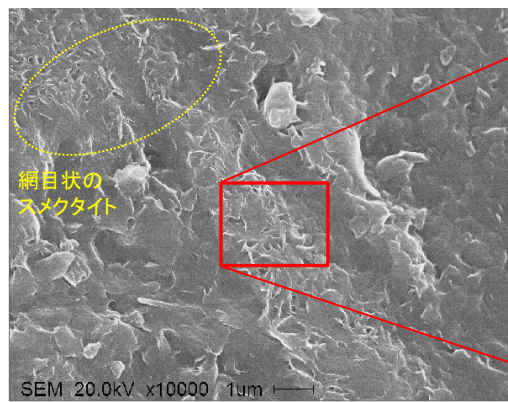


図4.1.10 網目状のスメクタイトのSEM画像
(Tf-5a-S-W-5孔) 0 1μm

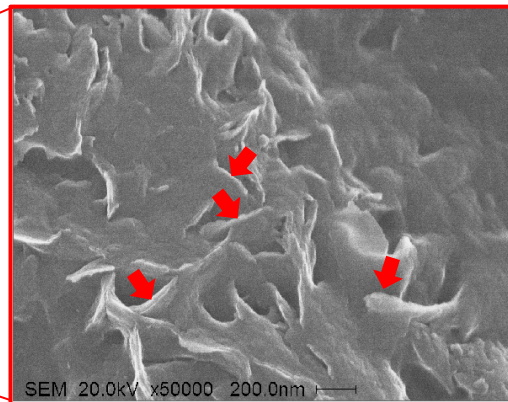


図4.1.11 ファイバー状のスメクタイトのSEM画像
(Tf-5a-S-W-5孔) 0 200nm

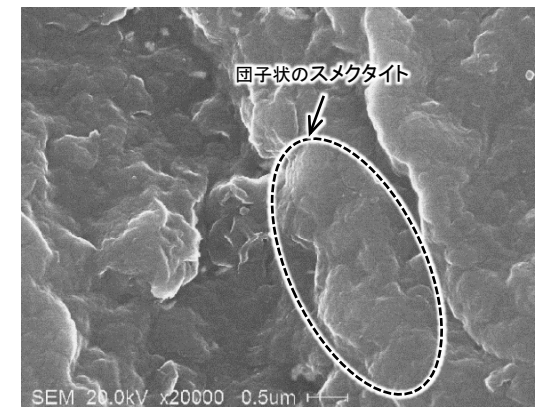


図4.1.12 団子状のスメクタイトのSEM画像
(Ts-6-B1-1ブロック試料) 0 0.5μm

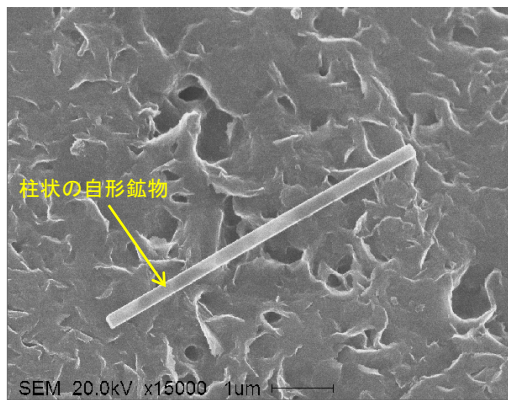
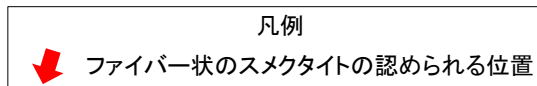


図4.1.13 フィリップサイト柱状結晶のSEM画像
(Tf-5a-S-W-5孔) 0 1μm



4.1 変位基準がない箇所での後期更新世以降の活動の有無の考え方(10/12)



③判定指標の提示: 変位基準との関係が認定できる箇所での事例

後期更新世以降の活動の有無が変位基準との関係から認定できる2箇所におけるCT画像観察, 条線観察及びSEM観察結果の典型的な事例を下表に示す(個々のデータはP.78~P.85参照)。

- ・ シームS-11の条線の上書きによる新旧関係(方向の違い), 条線の明瞭度及び鉱物の形状に違いがあることが確認された。
- ・ ここで, 最新面の密着程度は, 以下の2箇所での結果では明瞭な違いは認められなかったため, 判定指標に使用しないこととした(P.57参照)。

調査・分析方法	判定指標	後期更新世以降の活動が認められる箇所		後期更新世以降の活動が認められない箇所	
		Ts-6-B1-1ブロック試料		Tf-5a-S-W-5孔	
CT画像観察	地層に平行な断裂の有無 最新面の認定	<p>地層に平行な断裂が認められる。 連続性が良く, 直線性及び平滑性が認められる面を最新面として認定する。</p>		<p>地層に平行な断裂が認められる。 連続性が良く, 直線性及び平滑性が認められる面を最新面として認定する。</p>	
条線観察	条線の上書きによる新旧関係(方向の違い) 条線の明瞭度	<p>他に上書きされていない条線は明瞭で, 条線方向はN10° Wであり, N-S方向を示す。 条線方向は最新面の最大傾斜方向に一致する。</p>		<p>他に上書きされていない条線は不明瞭で, 条線方向はN15° E及びN50° Eである。 条線方向は最新面の最大傾斜方向に一致しない。</p>	
SEM観察	鉱物の形状	<p>団子状のスメクタイトが認められる。</p>		<p>・ 網目状のスメクタイトが認められる。 ・ ファイバー状のスメクタイトが認められる。 ・ 柱状の自形鉱物も認められる。</p>	

4.1 変位基準がない箇所での後期更新世以降の活動の有無の考え方(11/12)

④後期更新世以降の活動の有無を判定・評価する考え方(判定フロー)の提示(1/2)

後期更新世以降の活動の有無が変位基準との関係から認定できる2箇所における最新面の性状の調査・分析結果(P.23参照)を基に、敷地のシームS-11の後期更新世以降の活動の有無を判定する考え方を以下に示す。

【判定①】

- 最新面の認定に先立ち、CT画像観察により、地層に平行な断裂の有無を判定する。
地層に平行な断裂が有る場合は、その断裂が後期更新世以降の活動によるものか否かを、最新面の性状を介して判定する。
地層に平行な断裂がない場合は、活動の履歴が認められないため後期更新世以降の活動はないと判定する。

【認定】

- CT画像観察により、最新面を適切に認定する。

【判定②】

- 条線観察による、条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)及び条線の明瞭度に着目し、それらが後期更新世以降の活動が認められる箇所と認められない箇所のどちらに該当するかを判定する。
- SEM観察による鉱物の形状に着目し、熱水変質鉱物であるスメクタイト及びフィリップサイト(P.70～P.77参照)の形状を判定する。

上記の考え方に基づき策定した、敷地のシームS-11の後期更新世以降の活動の有無の判定フローを次頁に示す。

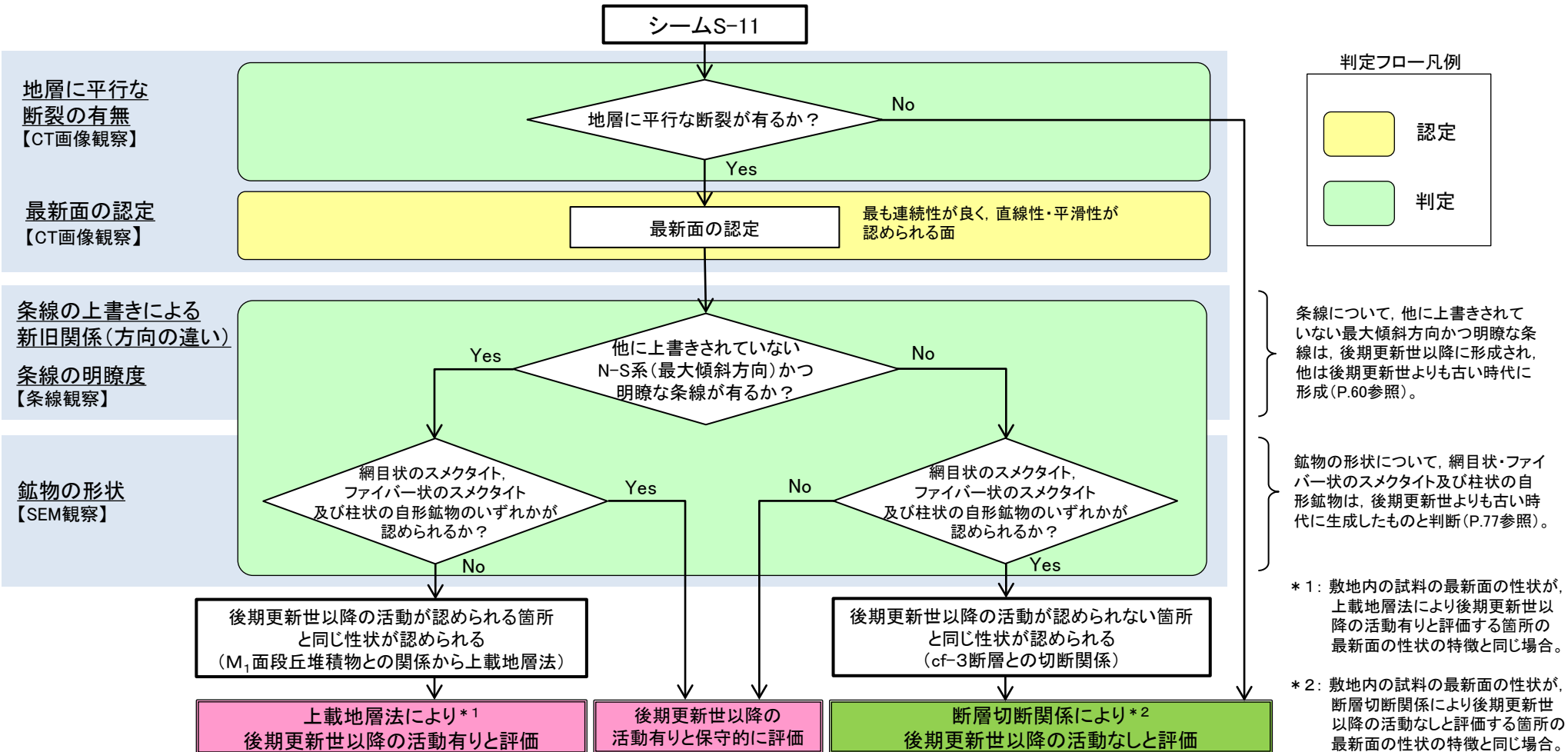
観察項目	調査・分析方法	判定指標
地層に平行な断裂の有無	CT画像観察	シームS-11に平行で、連続的・直線的な断裂の有無
最新面の認定		シームS-11の中で最も連続性が良く、直線性・平滑性が認められる面
地層に平行な断裂が有る場合の最新面の性状による判定	条線観察	条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)、条線の明瞭度
	SEM観察	鉱物の形状 (網目状/ファイバー状のスメクタイトの有無及び柱状の自形鉱物の有無)

4.1 変位基準がない箇所での後期更新世以降の活動の有無の考え方(12/12)

④後期更新世以降の活動の有無を判定・評価する考え方(判定フロー)の提示(2/2)

前頁までの観察結果を基に、後期更新世以降の活動の有無を判定・評価する考え方(判定フロー)を以下に示す。
 判定フローは、後期更新世以降の活動の有無が変位基準との関係から認定できる2箇所でのシームS-11の最新面の性状の調査・分析結果を基に策定した。

- CT画像観察により地層に平行な断裂の有無を判定し、有る場合は最新面を認定した上で、条線観察[条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)・条線の明瞭度]により判定し、次にSEM観察による鉱物の形状を判定して、後期更新世以降の活動の有無を評価する。



4.2 後期更新世以降の活動の有無の評価結果

4.2 後期更新世以降の活動の有無の評価結果(1/10)

敷地内への展開

敷地のシームS-11について、「4.1」で示した考え方をボーリングデータ等に適用・展開し、後期更新世以降の活動が認められる箇所に該当すると評価する箇所、及び後期更新世以降の活動が認められない箇所に該当すると評価する箇所をそれぞれ判定・評価する。

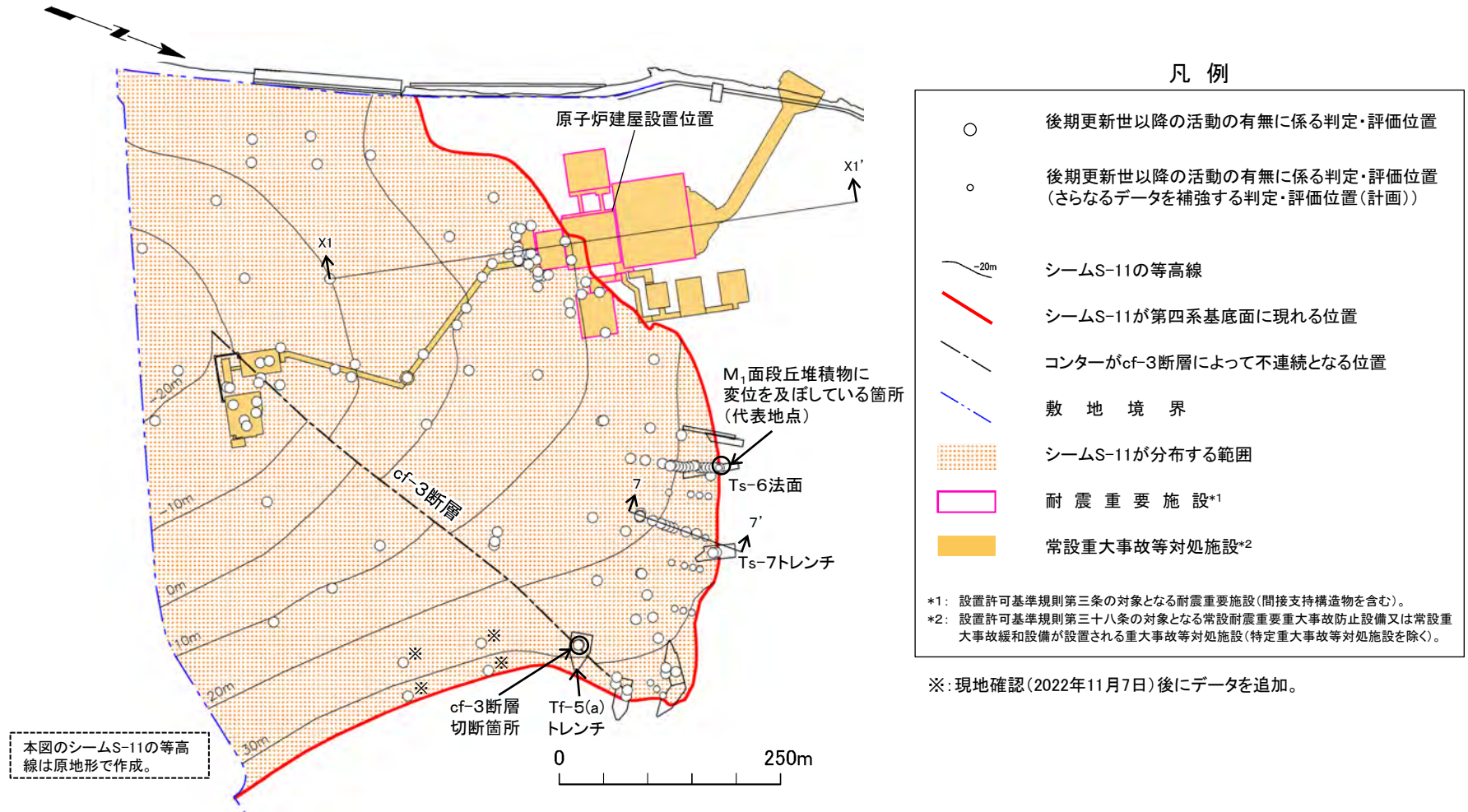


図4.2.1 後期更新世以降の活動の有無に係る判定・評価位置

4.2 後期更新世以降の活動の有無の評価結果(2/10)

- 敷地のシームS-11について、「4.1」で示した後期更新世以降の活動の有無を評価する考え方をボーリングデータ等に適用・展開し、後期更新世以降の活動の有無を評価した主な結果を下表に示す(主な判定結果の各データは次頁以降を参照)。
- なお、シームS-11の最新面の性状の検討の過程で認められた鉱物脈について、鉱物脈がシームS-11の最新面を横切る観察結果についても示す。
- 本資料は評価方針のため、一部の代表データを用いて示す(今後ご説明予定)。

後期更新世以降の活動が認められる箇所該当すると評価する箇所

評価手法	評価地点		評価結果	活動性評価
	最新面の性状が整合する地点			
上載地層法	Ts-6法面		<ul style="list-style-type: none"> • シームS-11は、上載地層であるM₁面段丘堆積物に変位を及ぼしている。 	後期更新世以降の活動が認められる
	Ts-6-B1-1ブロック試料		<ul style="list-style-type: none"> • 他に上書きされていない条線は明瞭でN-S方向を示し、最新面の最大傾斜方向に一致する。 • SEM画像では団子状のスメクタイトが認められる。 	
	Ts-7トレンチ		<ul style="list-style-type: none"> • シームS-11は、上載地層であるM₁面段丘堆積物に変位を及ぼしている(第1043回審査会合資料1-1-2, P.4-20参照)。 	後期更新世以降の活動が認められる
	Ts-7-2-4ブロック試料 (P.29~P.31参照)		<ul style="list-style-type: none"> • 他に上書きされていない条線は明瞭でNW-SE方向を示し、シームS-11の走向を考慮すると最新面の最大傾斜方向に一致する。 • SEM画像では団子状のスメクタイトが認められる。 	シームS-11の最新面の性状がM ₁ 面段丘堆積物に変位を及ぼしている箇所と整合するため、後期更新世以降の活動ありと評価

後期更新世以降の活動が認められない箇所該当すると評価する箇所

評価手法	評価地点		評価結果	活動性評価
	最新面の性状が整合する地点			
断層切断関係	Tf-5(a)トレンチ		<ul style="list-style-type: none"> • cf-3断層は、上載地層であるM₁面段丘堆積物に変位を及ぼしていない。 • シームS-11は、後期更新世以降の活動がないcf-3断層に切断されている。 	後期更新世以降の活動が認められない
	Tf-5a-S-W-5孔		<ul style="list-style-type: none"> • 他に上書きされていない条線は不明瞭でNE-SW方向を示し、シームS-11の走向を考慮すると最新面の最大傾斜方向に一致しない。 • SEM画像では網目状のスメクタイト、ファイバー状のスメクタイトが認められ、柱状の自形鉱物も認められる。 	
	JS-10孔		<ul style="list-style-type: none"> • 他に上書きされていない条線は不明瞭でNE-SW方向を示し、シームS-11の走向を考慮すると最新面の最大傾斜方向に一致しない。 • SEM画像ではファイバー状のスメクタイトが認められ、柱状の自形鉱物も認められる。 	シームS-11の最新面の性状がcf-3断層に切断されている箇所と整合するため、後期更新世以降の活動なしと評価
	CB-4孔 (P.32~P.34参照)		<ul style="list-style-type: none"> • 他に上書きされていない条線は不明瞭でNE-SW方向を示し、シームS-11の走向を考慮すると最新面の最大傾斜方向に一致しない。 • SEM画像では網目状のスメクタイト、ファイバー状のスメクタイトが認められ、柱状の自形鉱物も認められる。 	
鉱物脈法	Ts-7-12孔 (P.35参照)		<ul style="list-style-type: none"> • 鉱物脈(スメクタイト)がシームS-11の最新面を横切る。 	後期更新世以降の活動が認められない
	Ts-7-16R (P.35参照)		<ul style="list-style-type: none"> • 鉱物脈(スメクタイト)がシームS-11の最新面を横切る。 	

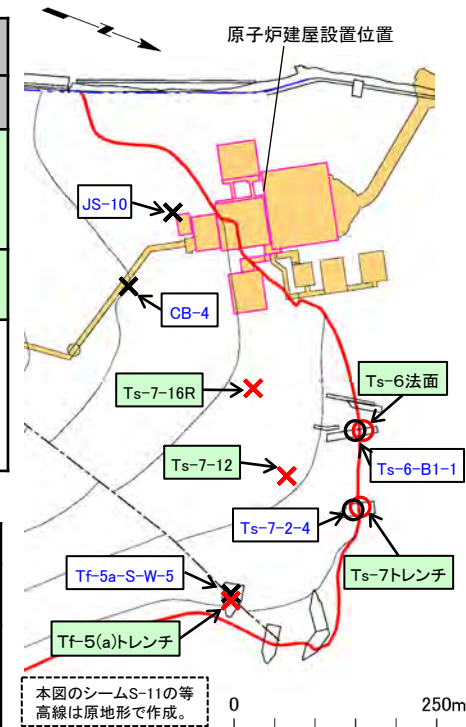


図4.2.2 評価地点の位置図

凡例

Ts-6法面	上載地層法、断層切断関係、鉱物脈法により活動性を認定した箇所
○	後期更新世以降の活動が認められる箇所
×	後期更新世以降の活動が認められない箇所
JS-10	後期更新世以降の活動の有無の判定・評価箇所
○	後期更新世以降の活動ありと評価する箇所
×	後期更新世以降の活動なしと評価する箇所

4.2 後期更新世以降の活動の有無の評価結果(3/10)

後期更新世以降の活動が認められる箇所に該当すると評価する箇所の事例(1/3): CT画像観察(最新面の認定)

P.28に示す評価地点のうち、後期更新世以降の活動が認められる箇所の事例(Ts-7-2-4ブロック試料)をP.29~P.31に示す。

- CT画像観察により、連続性が良く、直線性及び平滑性が認められる面を最新面として認定した。

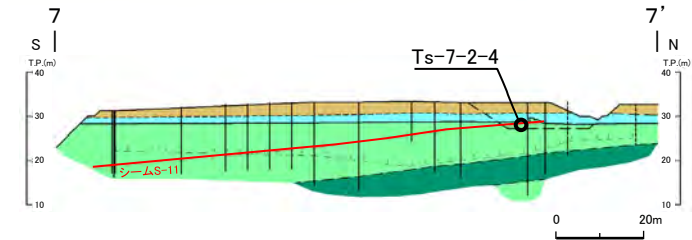


図4.2.3 試料採取位置図

注) 断面位置は、P.27参照。

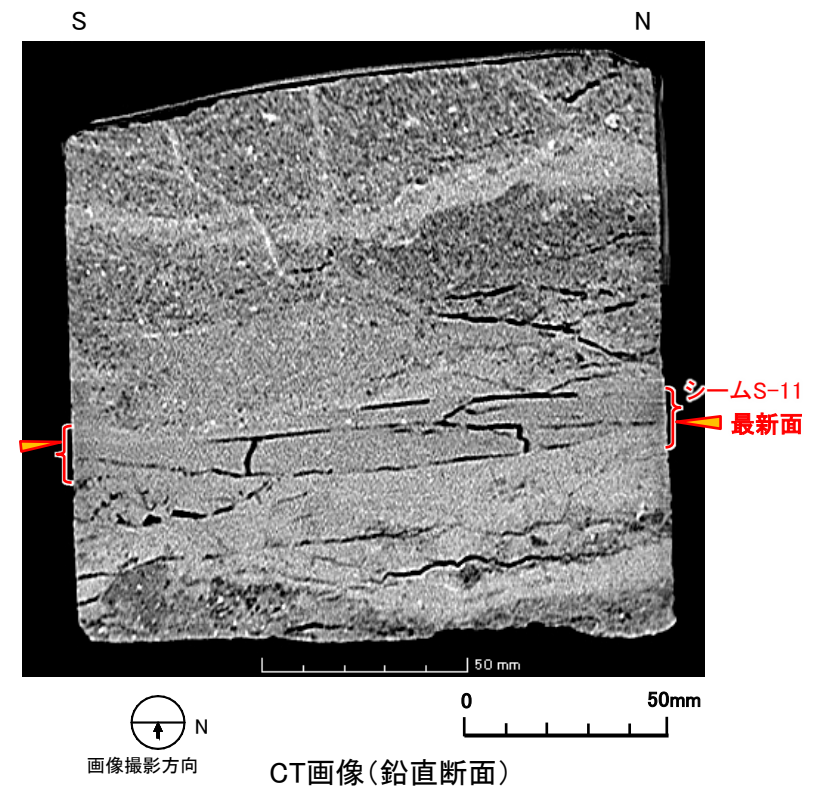
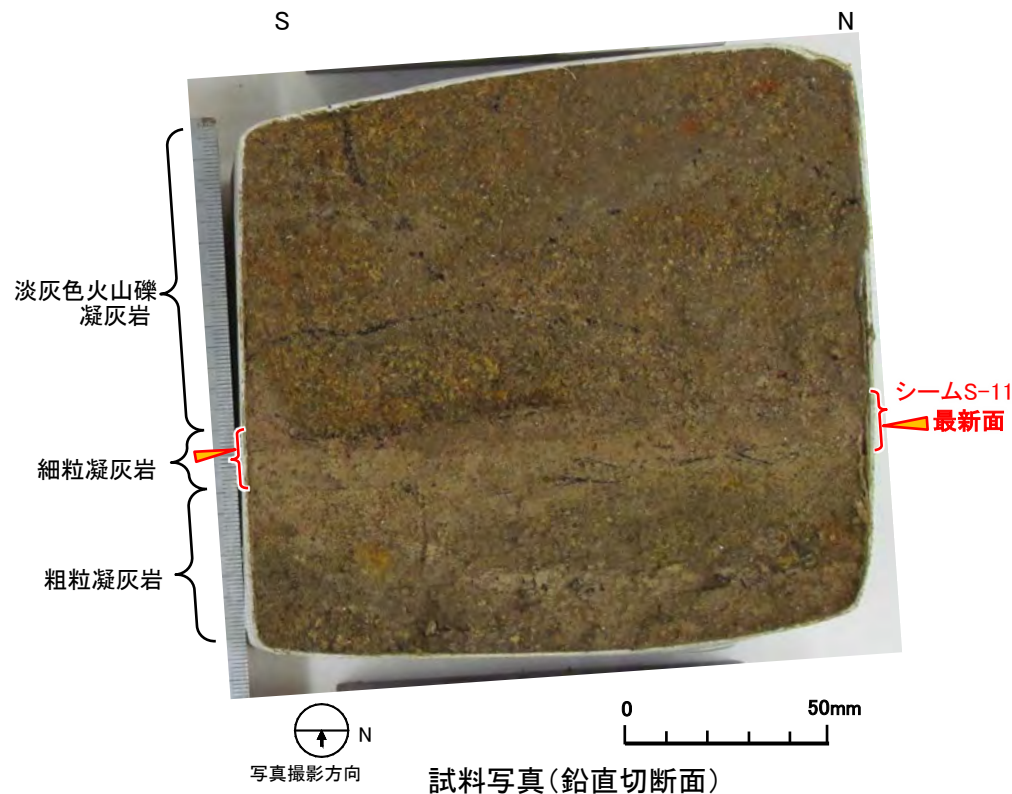


図4.2.4 後期更新世以降の活動が認められる箇所に該当すると評価する箇所の事例(Ts-7-2-4ブロック試料)

4.2 後期更新世以降の活動の有無の評価結果(4/10)

後期更新世以降の活動が認められる箇所に該当すると評価する箇所の事例(2/3): 条線観察[条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)・条線の明瞭度]

条線観察による、条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)及び条線の明瞭度は以下のとおり。

- 他に上書きされていない条線方向はN35° Wであり、シームS-11の走向を考慮すると最新面の最大傾斜方向*に一致する。
この方向は、Ts-6法面での条線の上書きによる新旧関係のうち、①の条線方向に相当する(P.63参照)。
- 条線の明瞭度は、最大長さが3.8mmで明瞭である。

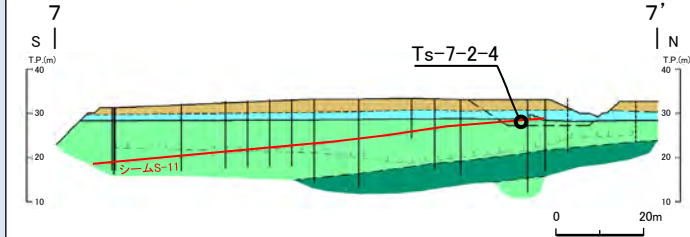


図4.2.5 試料採取位置図

注) 断面位置は、P.27参照。

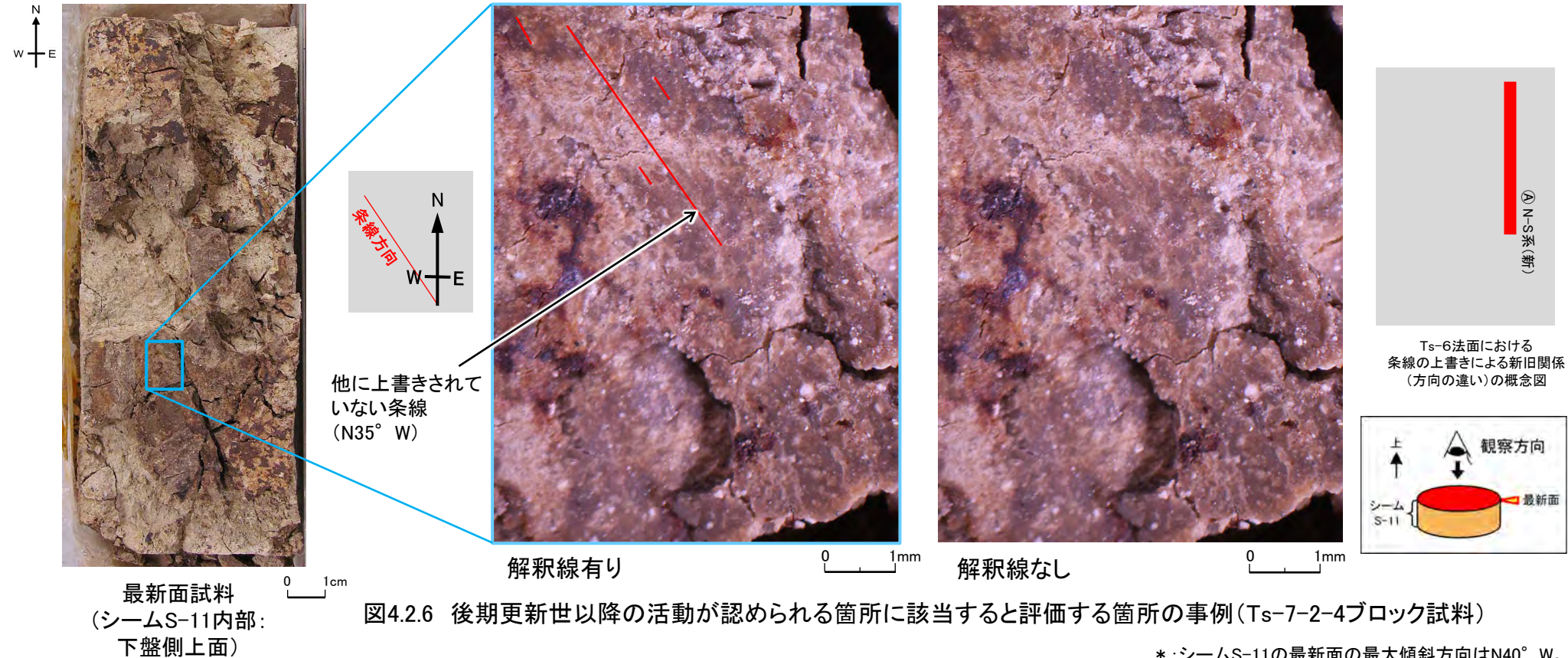


図4.2.6 後期更新世以降の活動が認められる箇所に該当すると評価する箇所の事例(Ts-7-2-4ブロック試料)

* :シームS-11の最新面の最大傾斜方向はN40° W。

4.2 後期更新世以降の活動の有無の評価結果(5/10)

後期更新世以降の活動が認められる箇所に該当すると評価する箇所の事例(3/3): SEM観察(鉱物の形状)

SEM観察による、シームS-11の最新面の鉱物の形状は以下のとおり。

- 網目状のス멕タイト、ファイバー状のス멕タイト及び柱状の自形鉱物は認められず、団子状のス멕タイトが認められる。
- 以上より、結晶形成以降に破壊されていると判断する。

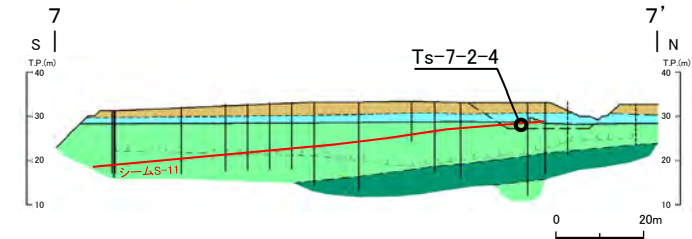


図4.2.7 試料採取位置図 注) 断面位置は、P.27参照。

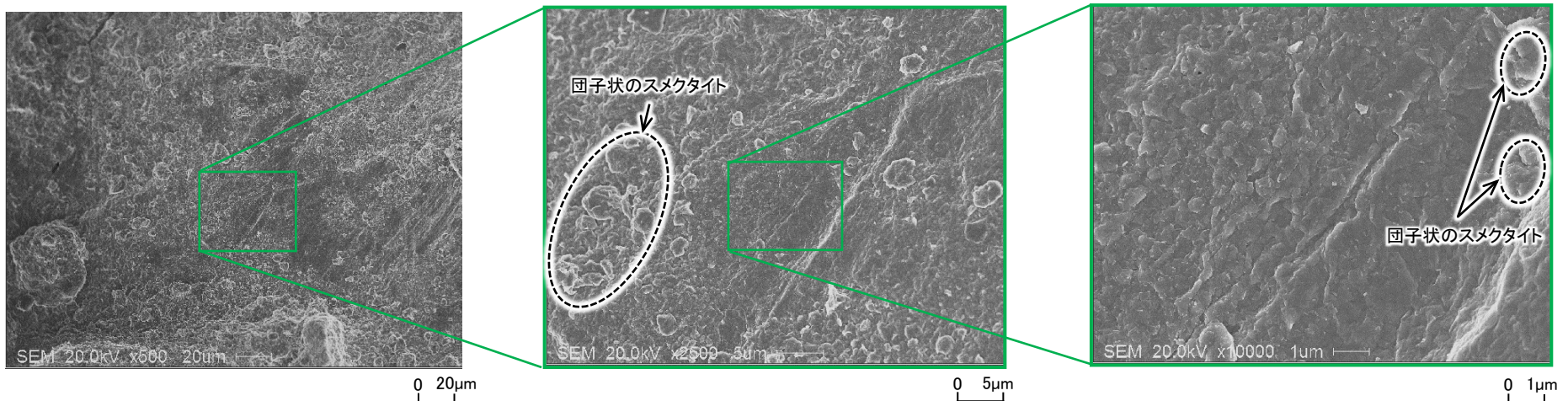


図4.2.8 後期更新世以降の活動が認められる箇所に該当すると評価する箇所の事例(Ts-7-2-4ブロック試料)

4.2 後期更新世以降の活動の有無の評価結果(6/10)

後期更新世以降の活動が認められない箇所に該当すると評価する箇所の事例(1/3): CT画像観察(最新面の認定)

P.28に示す評価地点のうち、後期更新世以降の活動が認められない箇所の事例(CB-4孔)をP.32~P.34に示す。

- CT画像観察により、連続性が良く、直線性及び平滑性が認められる面を最新面として認定した。

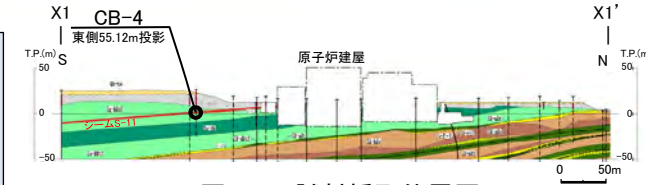


図4.2.9 試料採取位置図

注) 断面位置は、P.27参照。

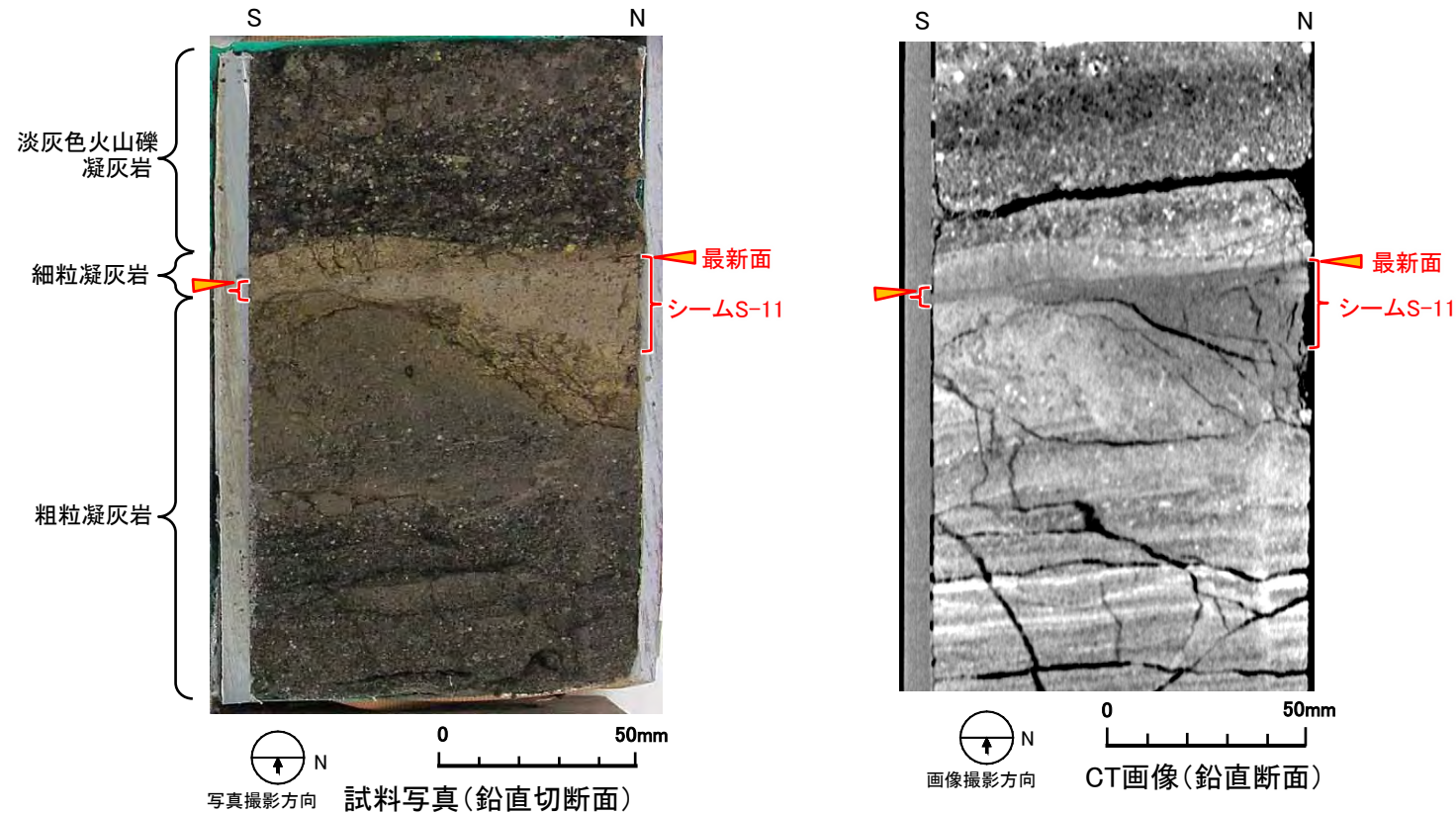


図4.2.10 後期更新世以降の活動が認められない箇所に該当すると評価する箇所の事例(CB-4孔 深度26.21m)

4.2 後期更新世以降の活動の有無の評価結果(7/10)

後期更新世以降の活動が認められない箇所に該当すると評価する箇所の事例(2/3): 条線観察[条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)・条線の明瞭度]

条線観察による、条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)及び条線の明瞭度は以下のとおり。

- 他に上書きされていない条線方向は $N35^{\circ} E$ であり、シームS-11の走向を考慮すると最新面の最大傾斜方向*に一致しない。
この方向は、Ts-6法面での条線の上書きによる新旧関係のうち、◎の条線方向に相当する(P.63参照)。
- 条線の明瞭度は、最大長さが1.1mmで不明瞭である。

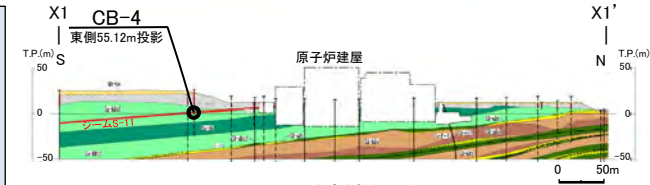


図4.2.11 試料採取位置図

注) 断面位置は、P.27参照。

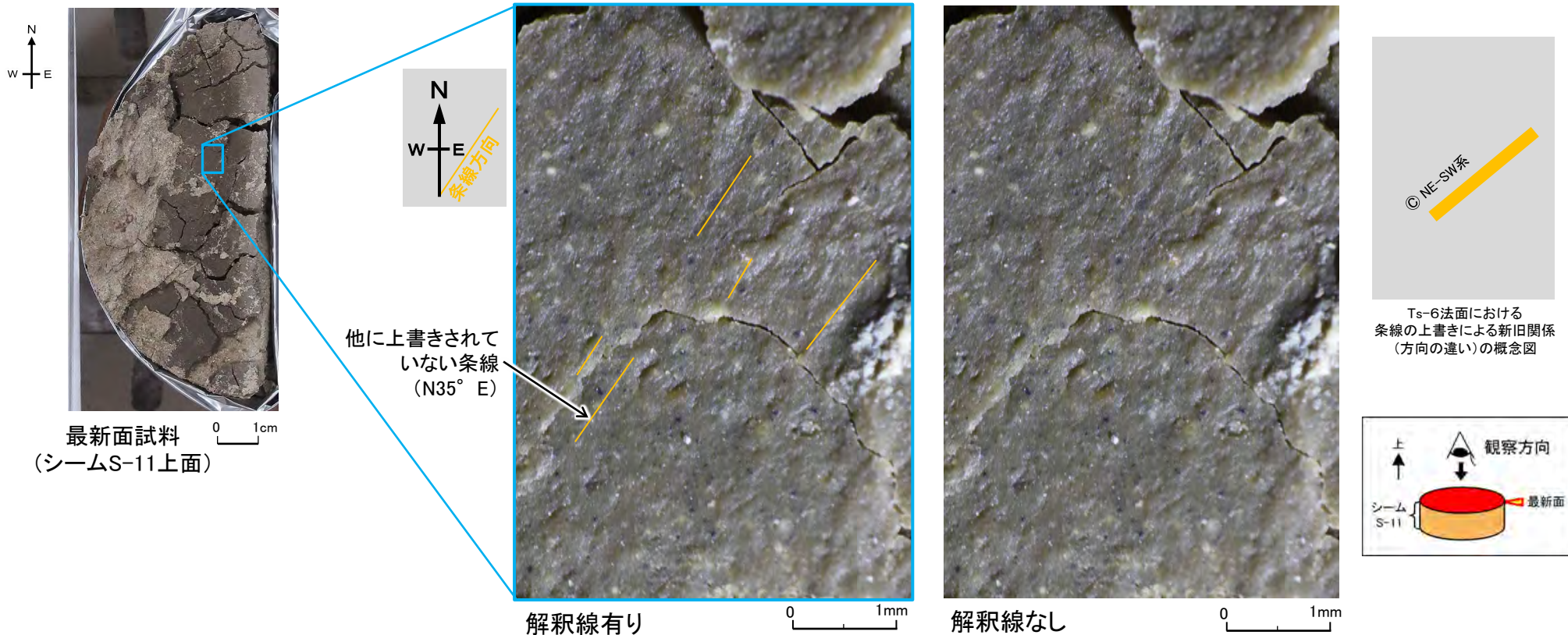


図4.2.12 後期更新世以降の活動が認められない箇所に該当すると評価する箇所の事例(CB-4孔 深度26.21m)

* : シームS-11の最新面の最大傾斜方向は $N40^{\circ} W$ 。

4.2 後期更新世以降の活動の有無の評価結果(8/10)

後期更新世以降の活動が認められない箇所に該当すると評価する箇所の事例(3/3): SEM観察(鉱物の形状)

SEM観察による、シームS-11の最新面の鉱物の形状は以下のとおり。

- 網目状のス멕タイトが認められる。
- ファイバー状のス멕タイトが認められる。
- 柱状の自形鉱物が認められる。

以上より、結晶形成時の形状が保存されていると判断する。

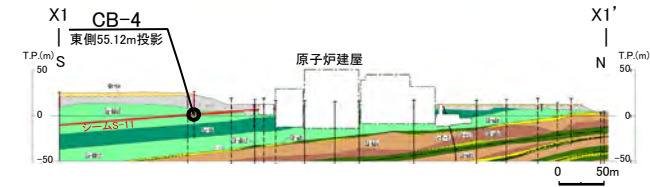


図4.2.13 試料採取位置図

注) 断面位置は、P.27参照。

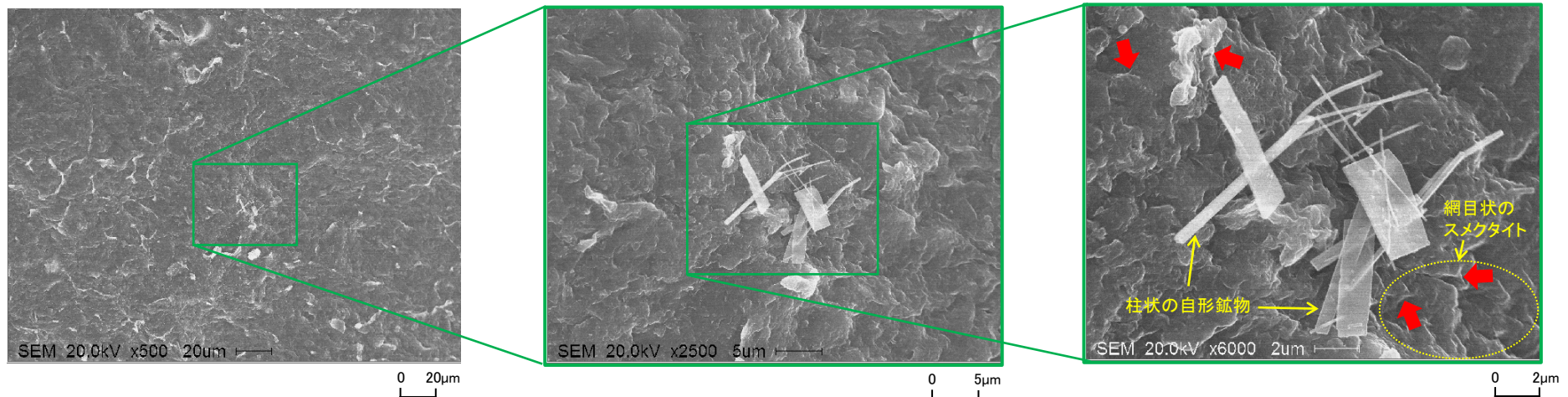


図4.2.14 後期更新世以降の活動が認められない箇所に該当すると評価する箇所の事例
(CB-4孔 深度26.21m)

凡例

👉 ファイバー状のス멕タイトの認められる位置

4.2 後期更新世以降の活動の有無の評価結果(9/10)

スメクタイトを用いた鉱物脈法

薄片観察により、後期更新世より古い時代に生成したと考えられるスメクタイトに、シームS-11の最新面を横切る形状が認められる。観察結果を以下に示す。

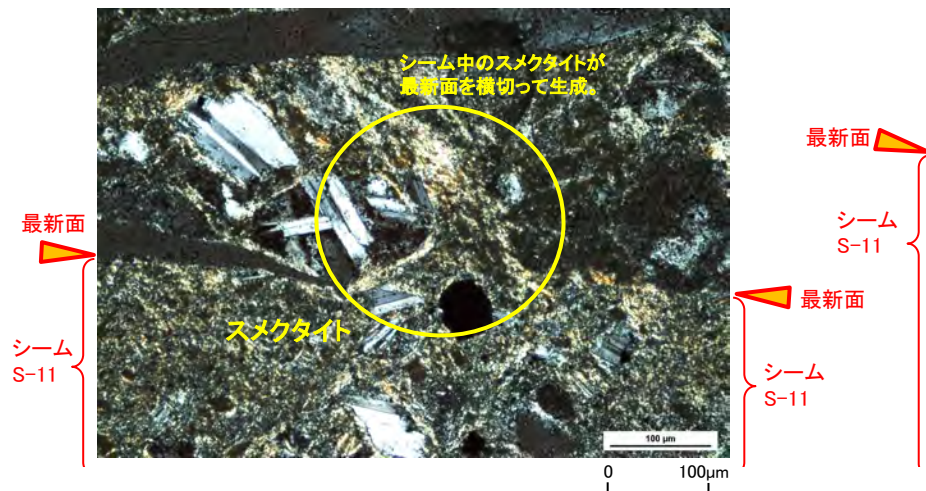
【薄片観察結果】

- Ts-7-12孔及びTs-7-16R孔ともに、シームに含まれるスメクタイトはシームS-11の最新面を横切って生成し、変位・変形を受けていない。スメクタイトはシーム全体を横切る脈ではないものの、スメクタイトが最新面を横切って生成した後に、最新面が再び動いた形跡は認められない。

【スメクタイト生成時期】

- Ts-6法面のシームS-11及びM₁面段丘堆積物でのX線分析結果によれば、スメクタイトを生成した熱水変質作用は、M₁面段丘堆積物(12~13万年前)中には及んでおらず、スメクタイトの生成時期は後期更新世よりも古いと判断される(P.75, 76参照)。

Ts-7-12孔



Ts-7-16R孔

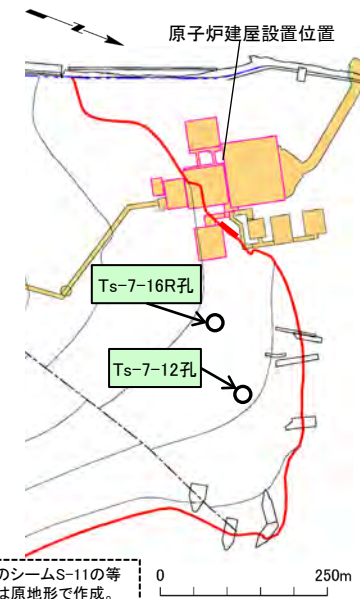


図4.2.16 スメクタイトがシームS-11の最新面を横切る形状の薄片観察結果

図4.2.15 試料採取位置図

4.2 後期更新世以降の活動の有無の評価結果(10/10)

まとめ

後期更新世以降の活動の有無を認定した箇所の評定に基づく後期更新世以降の活動の有無の評価は、以下のとおり。

- 後述の「4.3」において、各々の箇所を図示した上で、後期更新世以降の活動有りと評価する範囲及び活動なしと評価する範囲とを区分した結果を示す。

○後期更新世以降の活動が認められる箇所に該当すると評価

(判定指標)	(調査・分析結果)	(判定結果)	(活動性評価)
条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)、 条線の明瞭度	他に上書きされていない条線は明瞭でN-S方向を示し、最新面の最大傾斜方向に一致する。 →後期更新世以降の活動で生じたものと判断する。	上載地層法(M ₁ 面段丘堆積物との関係)で評価した箇所のシームS-11の最新面の性状と同じ性状に該当	上載地層法により活動有りと評価
鉱物の形状	団子状のス멕タイトが認められる。 →結晶形成以降に破壊されていると判断する。		

○後期更新世以降の活動が認められない箇所に該当すると評価

(判定指標)	(調査・分析結果)	(判定結果)	(活動性評価)
条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)、 条線の明瞭度	他に上書きされていない条線は不明瞭で様々な方向を示し、最新面の最大傾斜方向に一致しない。 →後期更新世以降よりも古い活動で生じたものと判断する。	断層切断関係(cf-3断層)で評価した箇所のシームS-11の最新面の性状と同じ性状に該当	断層切断関係により活動なしと評価
鉱物の形状	網目状のス멕タイトが認められる。 ファイバー状のス멕タイトが認められる。 柱状の自形鉱物が認められる。 →結晶形成時の形状が保存されていると判断する。		
鉱物脈と最新面との切断関係	後期更新世より古い時代に生成されたス멕タイト脈が最新面を横切る。 →ス멕タイト脈形成時の形状が保存されていると判断する。	鉱物脈法により活動なしと評価	

4.3 後期更新世以降の活動の有無の評価範囲

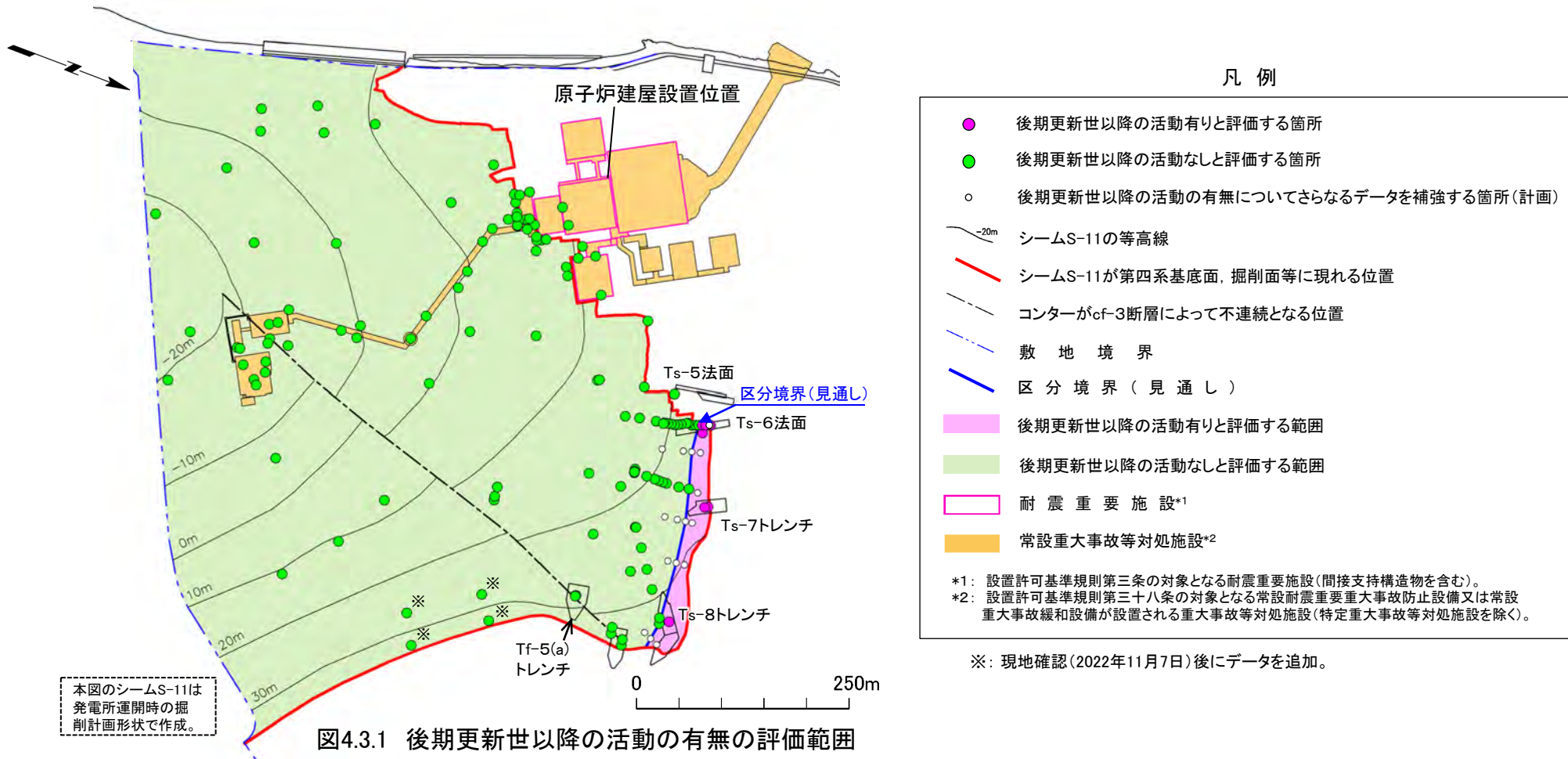
4.3 後期更新世以降の活動の有無の評価範囲(1/2)

コメントNo.S2-161



後期更新世以降の活動の有無の評価を敷地内に展開した結果を以下に示す。

- 敷地内に分布するシームS-11について、後期更新世以降の活動が認められる箇所に該当すると評価する箇所(以下「後期更新世以降の活動有り」と評価する箇所)という。)及び後期更新世以降の活動が認められない箇所に該当すると評価する箇所(以下「後期更新世以降の活動なし」と評価する箇所)という。)を展開し、区分した結果から、後期更新世以降の活動有り」と評価する範囲及び活動なし」と評価する範囲を示す。
- 後期更新世以降の活動の有無の境界は、重要施設から離れた敷地の東部に位置し、重要施設は「後期更新世以降の活動なし」と評価する範囲」の地盤に設置される。

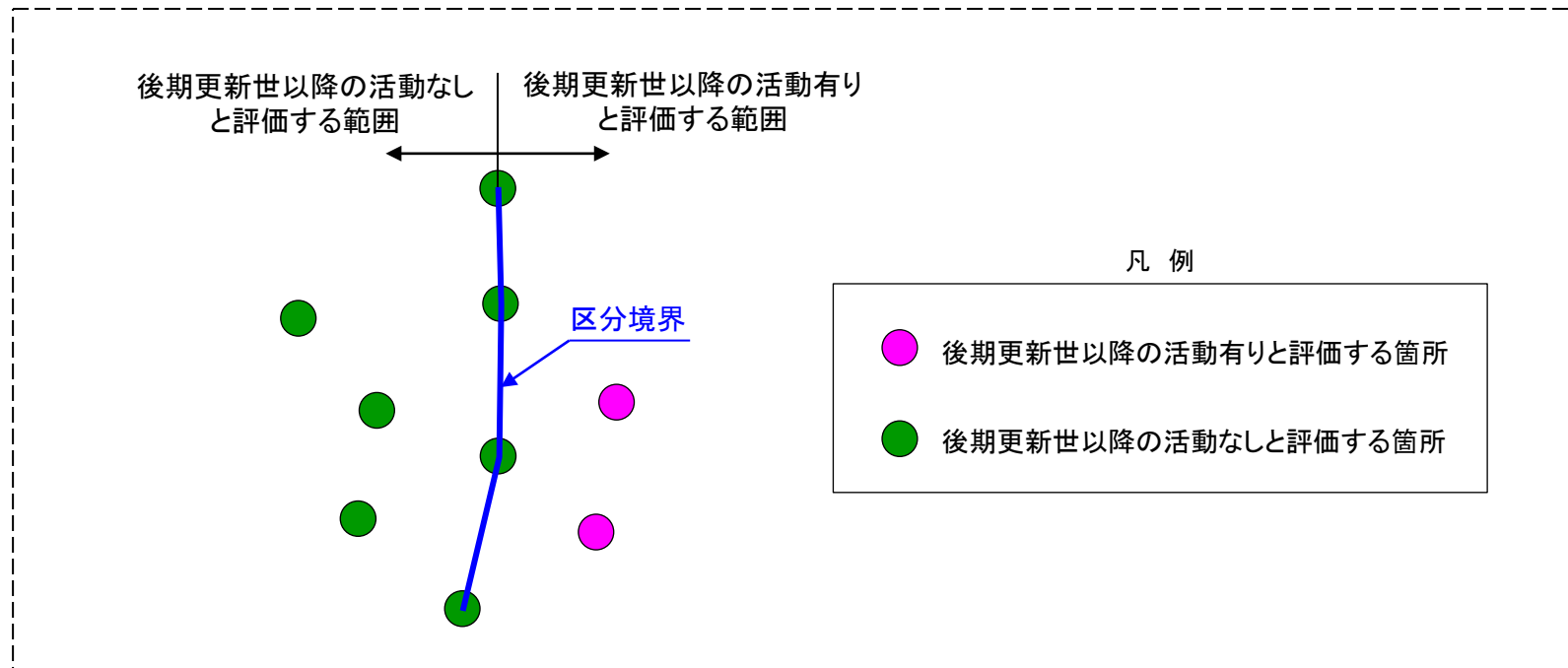


4.3 後期更新世以降の活動の有無の評価範囲(2/2)

後期更新世以降の活動の有無の区分境界の設定の考え方

後期更新世以降の活動の有無の区分境界の設定の考え方を以下に示す。

- 後期更新世以降の活動の有無を評価した箇所のうち、「後期更新世以降の活動有り」と評価する箇所に隣り合う「後期更新世以降の活動なし」と評価する箇所を結んだ線を区分境界とする。



4.4 重要施設基礎地盤側面のシームS-11の評価

4.4 重要施設基礎地盤側面のシームS-11の評価(1/5)

コメントNo.S2-155 2)



重要施設側面のシームS-11の評価方針

- シームS-11は第三条対象であるため、将来活動する可能性のある断層等に該当するか否かを後期更新世以降の活動の有無により評価する。
- 重要施設基礎地盤側面には変位基準は認められないため、シームS-11の最新面の性状により、重要施設側面に露頭するシームS-11が後期更新世以降の活動なしと認定した箇所のシームS-11に該当し、後期更新世以降の活動はないと評価されることを示す。
- 本資料は評価方針のため、一部の代表データを用いて示す(今後ご説明予定)。

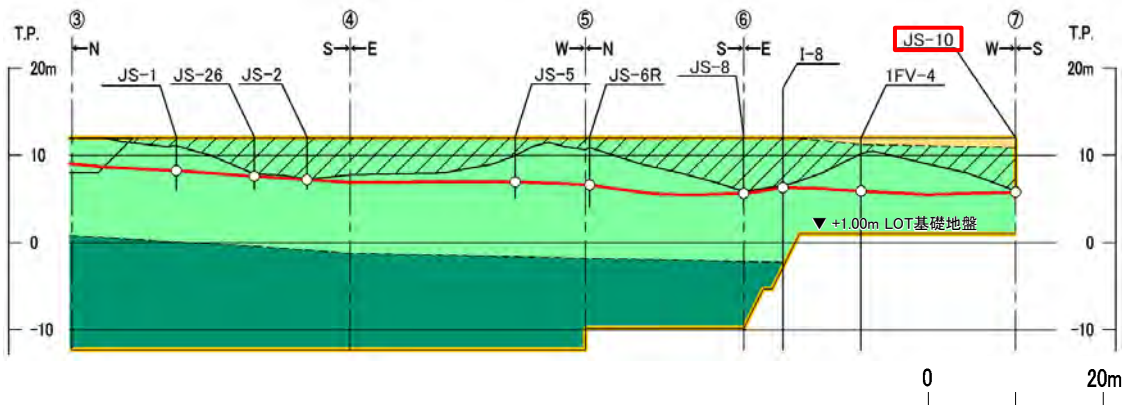
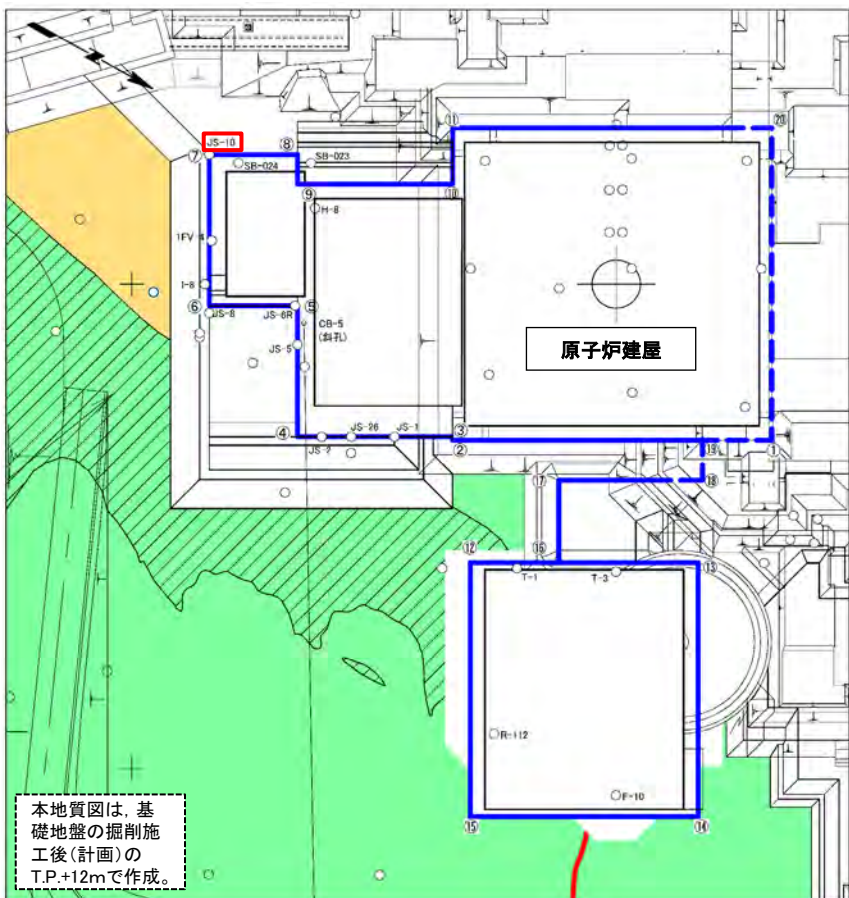
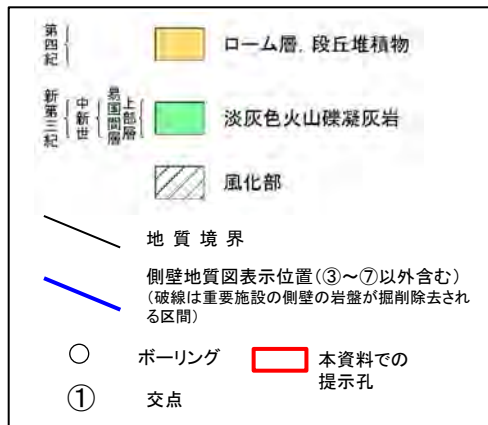


図4.4.2 原子炉建屋東側～第一フィルタベント建屋～軽油タンク側壁地質図(③～⑦)

平面図凡例



側壁地質図凡例

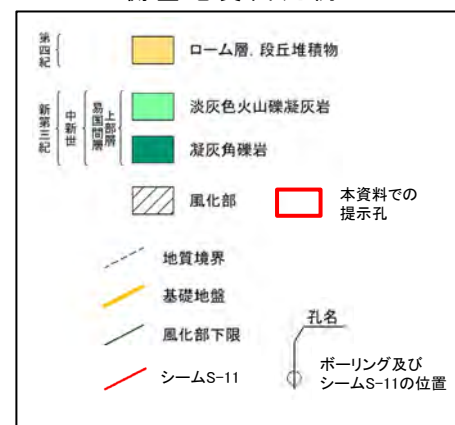


図4.4.1 重要施設付近位置図(基礎掘削後)

注) ボーリング孔名は、側壁地質図で示したボーリング孔のみ表記。

4.4 重要施設基礎地盤側面のシームS-11の評価(2/5)

CT画像観察(最新面の認定)

P.41に示す評価地点のうち、重要施設基礎地盤側面での事例(JS-10孔)をP.42~P.44に示す。

- CT画像観察により、連続性が良く、直線性及び平滑性が認められる面を最新面として認定した。

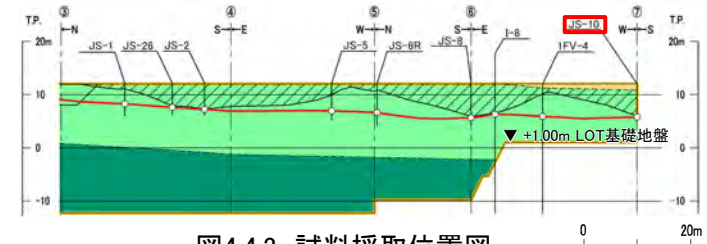


図4.4.3 試料採取位置図

注) 側壁地質図の位置は、P.41参照。

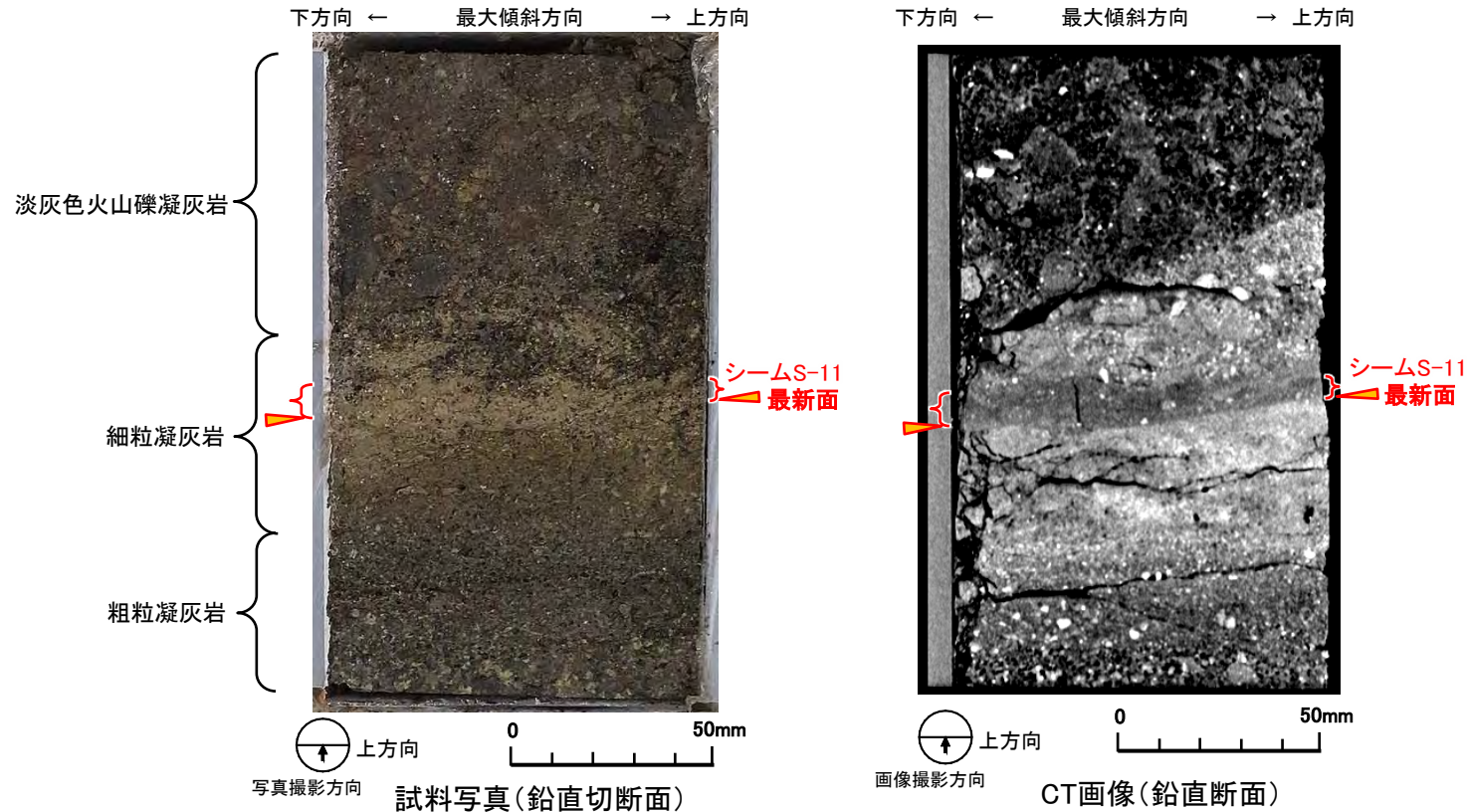


図4.4.4 重要施設基礎地盤側面に露頭するシームS-11(JS-10孔 深度6.22m)

4.4 重要施設基礎地盤側面のシームS-11の評価(3/5)

条線観察[条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)・条線の明瞭度]

条線観察による、条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)及び条線の明瞭度は以下のとおり。

- 他に上書きされていない条線方向は $N50^{\circ} E$ であり、シームS-11の走向を考慮すると最新面の最大傾斜方向*に一致しない。
この方向は、Ts-6法面での条線の上書きによる新旧関係のうち、◎の条線方向に相当する(P.63参照)。
- 条線の明瞭度は、最大長さが0.3mmで不明瞭である。

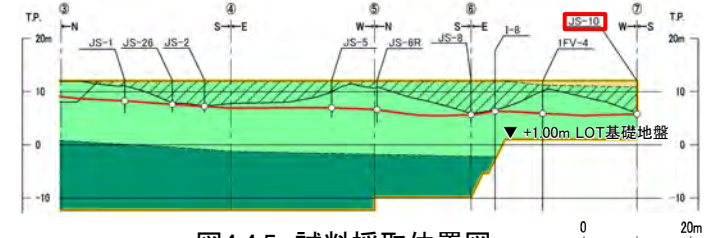


図4.4.5 試料採取位置図

注) 側壁地質図の位置は、P.41参照。

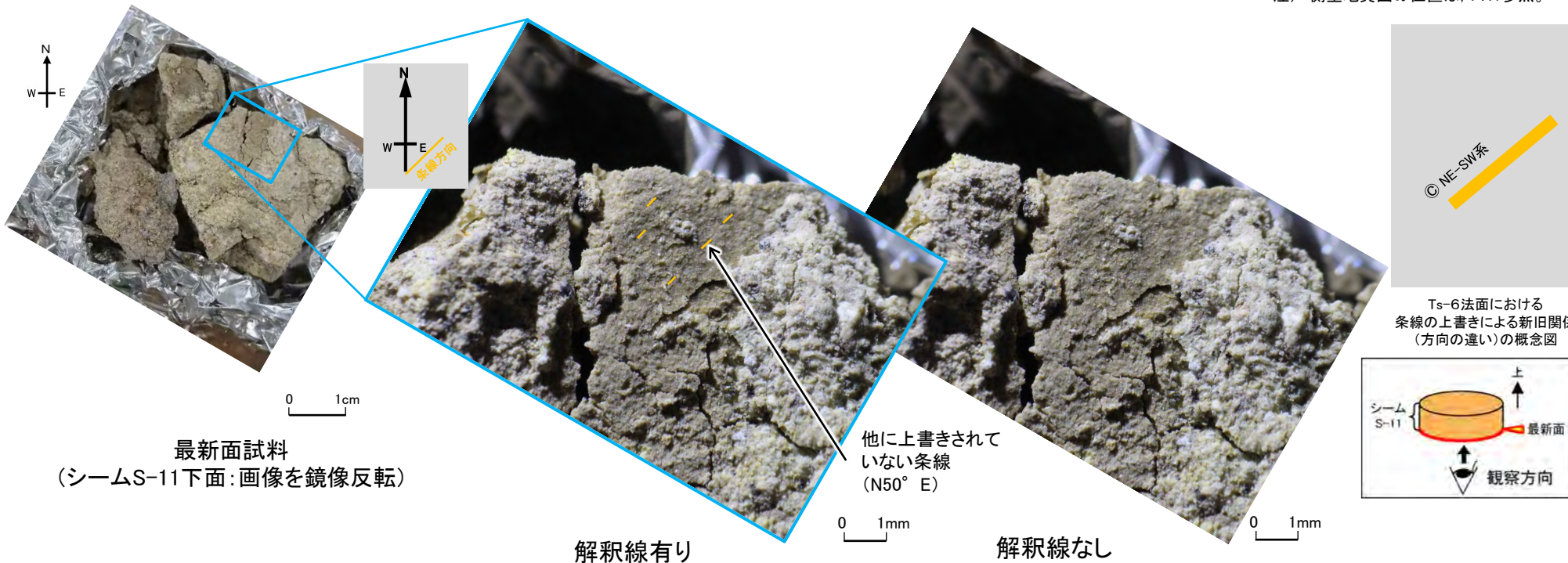


図4.4.6 重要施設基礎地盤側面に露頭するシームS-11(JS-10孔 深度6.22m)

* :シームS-11の最新面の最大傾斜方向は $N60^{\circ} W$ 。

4.4 重要施設基礎地盤側面のシームS-11の評価(4/5)

SEM観察(鉱物の形状)

SEM観察による、シームS-11の最新面の鉱物の形状は以下のとおり。

- ファイバー状のスメクタイトが認められる。
- 柱状の自形鉱物が認められる。

以上より、結晶形成時の形状が保存されていると判断する。

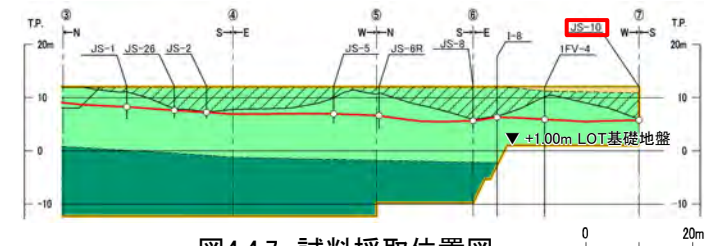


図4.4.7 試料採取位置図

注) 側壁地質図の位置は、P.41参照。

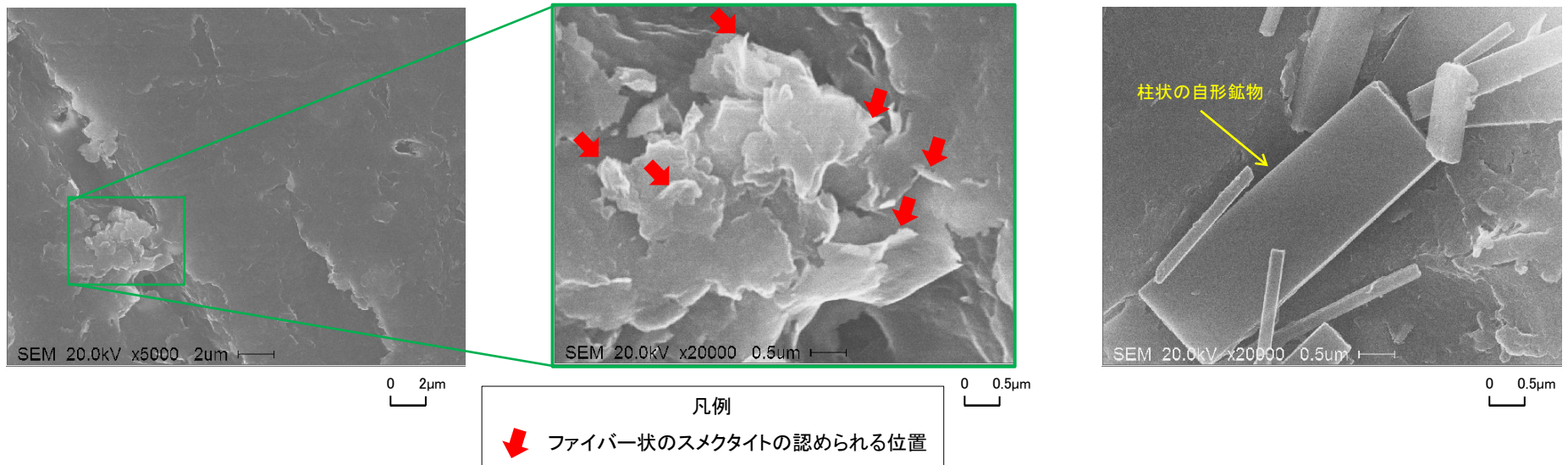


図4.4.8 重要施設基礎地盤側面に露頭するシームS-11(JS-10孔 深度6.22m)



コメントNo.S2-156

岩盤性状

No.	項目	指摘時期	コメント内容
S2-156	後期更新世に生じた変状	第1043回審査会合 2022年4月22日	重要施設側面に分布するシームS-11付近の岩盤性状について、現状はデータを羅列しているように見える。風化に対する評価として、地質技術者が風化部と新鮮部の識別をしたとの説明であるが、色彩値、XRD分析結果なども検討しているため、評価の指標として取り入れること。以上を踏まえ、重要施設側面に分布するシームS-11について、活動性の観点から整理して示すこと。

重要施設付近の確認項目として、シームS-11の性状のほか、地表付近では風化に伴い岩盤の強度が低下して変位しやすくなると考えられることから、シーム付近の岩盤性状にも着目する。

- 乾燥密度、間隙率、風化指数WPI及び針貫入勾配の分析結果を、風化区分ごとの平均値±1σの範囲と共に示す。
 - 各風化指標の値は、おおむね主要調査断面※1と同様で、少なくとも強風化部の値までは風化が進んでいないことが確認された。
 - 分析を行った試料は、新鮮部と弱風化部の境界付近のもので、風化が一般的に不均質に進む現象であることから、境界付近の分析結果にばらつきが生じたものと考えられる。
- 以上のことから、重要施設のシームS-11上下盤の岩盤性状は、新鮮部と判断され、地質観察結果※2とも整合し、堅固な岩盤であることが確認された。

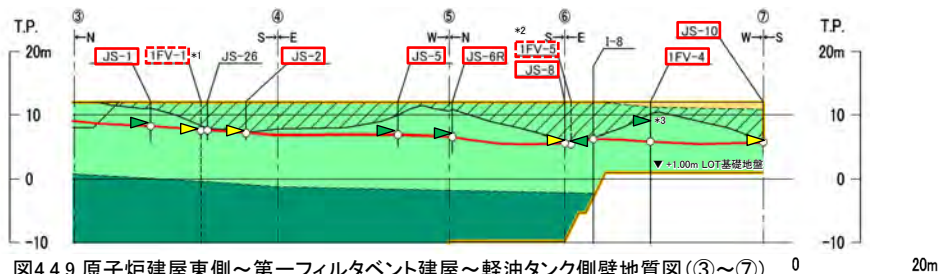
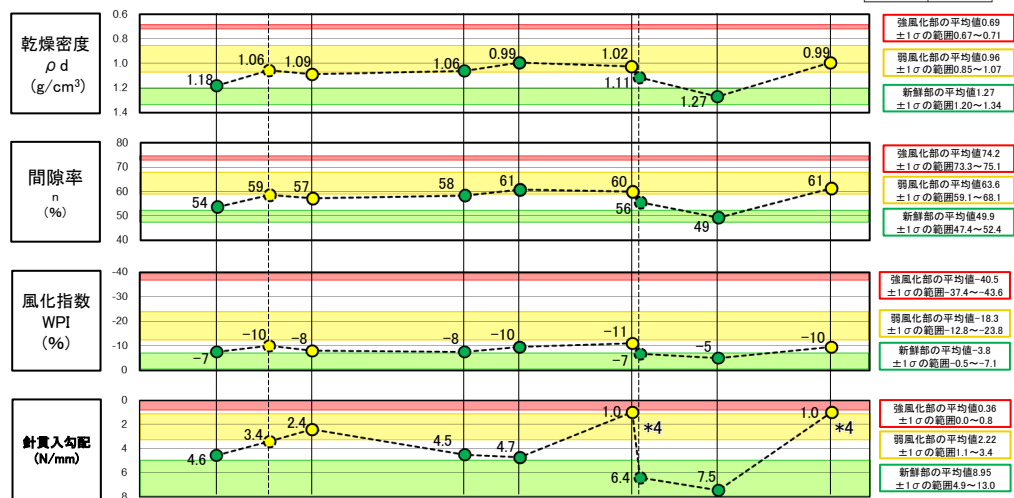


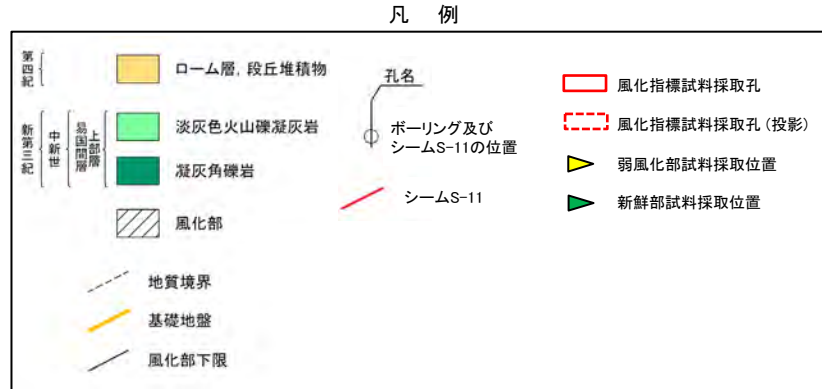
図4.4.9 原子炉建屋東側～第一フィルタベント建屋～軽油タンク側壁地質図(③～⑦)

- ※1: Ts-6法面付近並びにTs-5法面及びTf-5(a)トレンチ付近の断面(第1043回審査会合資料1-1-1, P.3-248参照)。
- ※2: 地質観察の結果、重要施設基礎地盤側面に露頭するシームS-11は淡灰色火山礫凝灰岩の風化部下限に近接するものの接することはなく、新鮮部が分布する。



試料の地質観察による風化区分: ● 弱風化部 ● 新鮮部

図4.4.10 シームS-11の乾燥密度・間隙率・風化指数WPI・針貫入勾配の分析結果



- *1: 1FV-1孔は厳密には本地質図には投影されないが、概略の位置に表示。
- *2: 1FV-5孔の投影位置はJS-8孔と重なるが、見やすいようにずらして表示。
- *3: 針貫入勾配が得られている新鮮部の最下部から試料を採取。
- *4: JS-10孔及びJS-8孔の針貫入勾配は、強風化部に近い値を示すが、他の風化指標は弱風化部～新鮮部の値を示しており、地質観察による風化区分と整合的である。

審査資料の再チェックを行い、「重要施設側壁地質図での表示」を修正した。

主要調査断面における風化指標の風化区分ごとの平均値±1σの範囲

4.5 シームS-11の第三条への適合性評価

4.5 シームS-11の第三条への適合性評価

コメントNo.S2-153, S2-155 2), 3), S2-161



シームS-11全体としての第三条への適合性評価

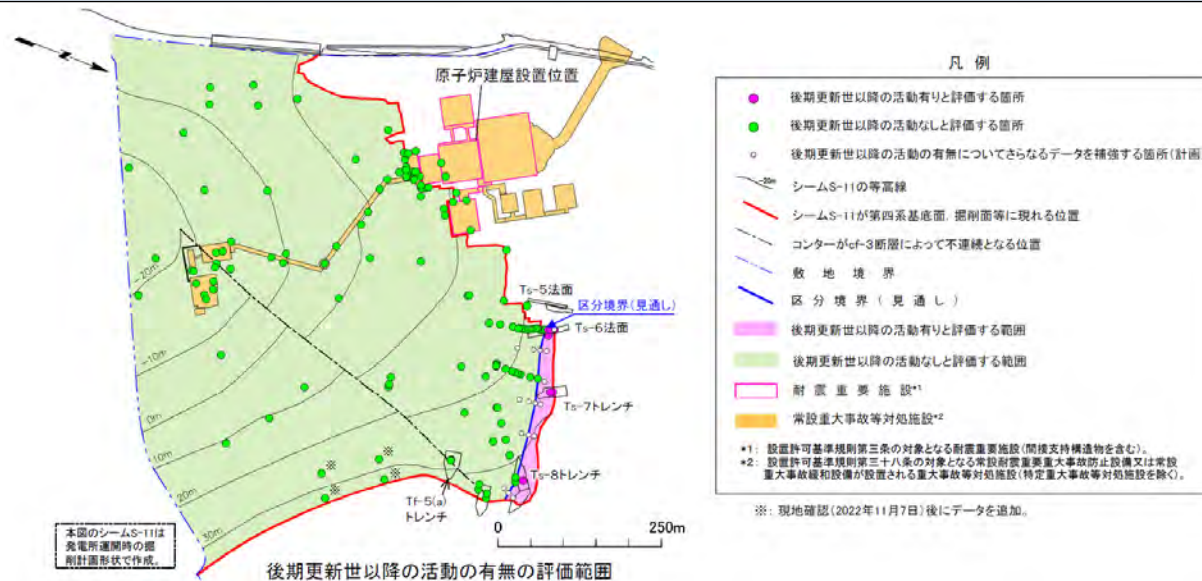
シームS-11は、重要施設基礎地盤側面では活動性評価に適用できる上載地層、切断関係を判断しうる断層等の変位基準は認められない。このため、活動履歴の違いがシームS-11の最新面の性状に現れることに着目し、上載地層及び断層切断関係により後期更新世以降の活動の有無を認定できる箇所でのシームS-11の最新面の性状について調査・分析を行った。

これらの結果を用いて、重要施設基礎地盤側面に露頭するシームS-11について、全体として第三条への適合性を評価する考え方を以下に示す。

- 敷地のシームS-11について、最新面の性状を介して、後期更新世以降の活動が認められる箇所(上載地層法)と認められない箇所(断層切断関係)のどちらに該当するかを判定・評価し、区分した結果を分布範囲として示した(「4.2」及び「4.3」参照)。
- 重要施設は「後期更新世以降の活動なしと評価する範囲」の地盤に設置される(「4.3」参照)。
- 重要施設基礎地盤側面に露頭する部分のシームS-11について、最新面の性状等の調査・分析結果によると、断層切断関係により後期更新世以降の活動が認められない箇所に該当すると評価される(「4.4」参照)。

以上より、重要施設基礎地盤側面に露頭する箇所のシームS-11は後期更新世以降の活動はないと判断する。

ここで、シームS-11を全体として扱うと、敷地には後期更新世以降の活動有りとして評価する範囲が存在することから、この状態では将来活動する可能性のある断層等に該当することを否定できない。このため、将来活動する可能性のある断層等に該当しないための工学的対処を講じた上で、シームS-11全体として第三条に適合することを示す。



補足説明資料

評価方針を説明する上で必要となる根拠に関する資料を「補足説明資料」として以降の頁に取り纏めた。

目次

【後期更新世以降の活動の有無を反映する性状の選定】

- (1) 活断層と非活断層の断層面の形態に関する文献…………… 50

【CT画像観察】

- (2) シームS-11の最新面の認定に関する文献…………… 52

- (3) シームS-11の最新面の認定の事例…………… 54

- (4) シームS-11の最新面の密着程度の事例…………… 56

【条線観察】

- (5) シームS-11の最新面の条線観察結果…………… 58

【SEM観察】

- (6) シームS-11近傍の粗粒凝灰岩中の鉱物脈の検討…………… 70

【CT画像観察・条線観察・SEM観察】

- (7) 後期更新世以降の活動が認められる箇所及び認められない箇所での観察結果…………… 78

- 新規基準に適合すると判断した論理構成を説明する上で必要な内容を「本編資料」として取り纏めた。
- 評価方針を説明する上で必要となる根拠に関する資料を「補足説明資料」として取り纏めた。

(1) 活断層と非活断層の断層面の形態に関する文献(1/2)

活断層と非活断層の断層面の形態に関する文献

〔本編資料「4.1②」に関する文献〕

〔目的〕 後期更新世以降の活動の有無を反映すると考えられる性状として、最新活動時期を表す最新面の性状を指標とする根拠を提示。

〔内容〕 後期更新世以降の活動の有無に基づく活断層と非活断層を対象に、断層面の形態を比較した文献での記載を示す。

(1)活断層と非活断層の断層面の形態に関する文献(2/2)

後期更新世以降の活動の有無に基づく活断層と非活断層を対象に、断層面の形態を比較した文献での記載を示す。

- 田中ほか(2018)¹⁾によれば、上載地層法が適用できない場合の活動性評価に資するため、活断層と非活断層の断層露頭で断層面の形態観察を行い、以下のとおり、活断層の主断層面(最新活動面)はその他の断層面に比べて連続性・平滑性が高いとされている。
 - ✓ 活断層の主断層面は、非活断層の主断層面に比べて、連続性と平滑性が高い(①, 図(1).1参照)。
 - ✓ 断層面の「粗さ/うねり形状」は、活断層の主断層面が非活断層の主断層面より平滑であることを示し、10cmオーダーの計測によりコアでの主断層面の検討にも有効となる可能性がある(②, 図(1).2, 表(1).1参照)。
- 以上より、活断層と非活断層の主断層面(最新活動面)の形態では、連続性・平滑性に違いが認められる。このため、後期更新世以降の活動の有無を反映すると考えられる性状として、最新活動時期を表す最新面の性状を指標とする。

4.1 「連続区間率」と「平面区間率」の相関 (図(1).1参照)

断層面の断面形状の「連続区間率」と断面形状の「平面区間率」の相関図(図-9)から、今回計測した非活断層であるK-3露頭F1断層は、活断層である五助ダム上流部露頭F1断層及び船坂西露頭F1断層下部に比べ連続性と平面性は共に区間率が低い値を示しており、活断層と非活断層との間に差異を認めることができた。これは、活断層の断層面がほぼ平滑な形状を示すのに対し、非活断層の断層面は、活断層と同等の平滑な断層面を有する部分と、不連続な部分や大きく湾曲した部分が共存しているためである。今回計測したデータ範囲では、「連続性(連続区間率)」と「平滑性(平面区間率)」とのパラメーター相関から、活断層の断層面は非活断層の断層面に比べて、より平滑であると言える。この結果は定性的な観察結果と調和的である。

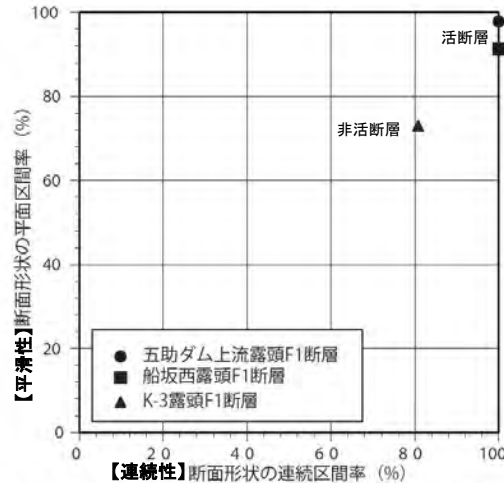
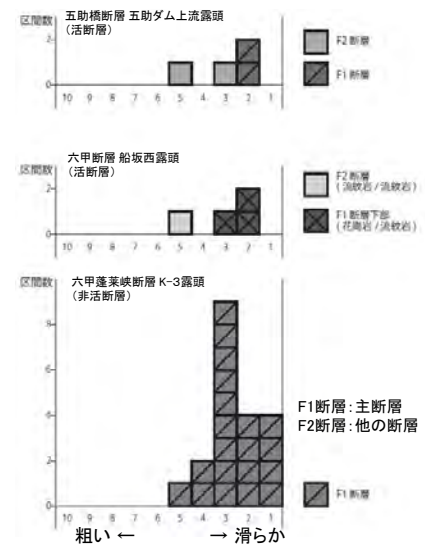


図-9 断層面の断面形状における連続区間率(%)と平面区間率(%)の相関図

図(1).1 連続性と平滑性との相関図(①)



図(1).2 断層面の粗さ/うねり形状の評価結果の頻度分布(10cmオーダー)(②)

表(1).1(②) 表-4 断層面の形態観察の活断層評価への適用性

実施した断層評価手法		主断層の認定	活動性評価	結果	
露頭観察		○	○※		
断層面の形態観察	連続性	連続区間率	-	○	活断層の方が連続性が良い
		平面区間率	-	○	活断層の方が平滑性(平面性)が良い
	平滑性	粗さ/うねり形状	mオーダー ○	△	活断層の方が滑らかである 主断層の方が滑らかである
		cmオーダー	○	△	非活断層は分布幅が大きい
		写真解析による算術平均粗さ	mオーダー ○	×	主断層の方が滑らかである
		cmオーダー	×	×	活断層・非活断層の差異はない
切断関係	周辺構造の切断率	-	○	活断層の方が切断率が高い	

○: 活断層・非活断層で差異が認められ、活断層・非活断層の識別基準値が求められそうなもの
 △: 活断層・非活断層で差異が認められたが、識別基準値が求め難そうなもの
 ×: 活断層・非活断層で差異が認められなかったもの
 -: 未計測
 ※上載地層法による

5. 活動性評価の可能性

活断層である五助橋断層の五助ダム上流露頭と六甲断層の船坂西露頭、非活断層である六甲蓬莱峡のK地点から得られたパラメーターのうち、「断面形状の連続区間率」、「周辺構造の切断率」、「断面形状の平面区間率」については、これまで実施されてきた定性的な調査結果とも整合的である。これらの結果を基に、断層面の形態観察への適用性を表-4にまとめた。

- ② 「粗さ/うねり形状」は、複数の断層面がある場合、活断層の主断層面(F1断層面)は、他の断層面(F2断層面)より相対的に平滑性が高いので、主断層面を決定する指標になりうると考えられる。特に10センチメートルオーダーの計測は、ボーリングコアのように観察範囲が限られる場合でも実施可能であることから、破碎帯を貫通するコアの主断層面の検討にも有効となる可能性がある。

(図(1).2, 表(1).1参照)

(2) シームS-11の最新面の認定に関する文献(1/2)

シームS-11の最新面の認定に関する文献

〔本編資料「4.1②」に関する文献〕

〔目的〕 後期更新世以降の活動の有無を反映する最新面の性状を把握する前提となる最新面の認定の根拠となる資料を提示。

〔内容〕 シームS-11の最新面の認定に関する断層面の形態についての文献での記載を示す。

(2) シームS-11の最新面の認定に関する文献(2/2)

シームS-11の最新面の認定方法として文献での記載を示す。

- 伊藤(1990)²⁾によれば、一般に、最新イベントで形成された破砕物は、平面性・連続性がよいことが知られているとされている[図(2).1]。
 - 田中ほか(2014)³⁾によれば、後期更新世以降の活動が確認されている山田断層等の試料を対象に、最新活動面でCT画像及びSEMによる観察を行うにあたり、直線性の高い面が最新活動面として認定されている[図(2).2]。
- 以上から、最新面の認定にあたっては、最も連続性が良く、直線性や平滑性が認められる面を抽出し、この面を最新面として認定する。

5. 破砕帯

一般に長い歴史を持つ断層ほど様々な様式の破砕を有する。浅所での破砕が深部でのそれのようにオーバープリントされるかという研究が重要である。この点でPAGEOPH. VOL.124, 1/2, 3(1986)は興味深い。以下に、いくつか検討すべき事項を列挙しておく。

(1) 断層面上の構造—— 粗滑法則は有効であろうか。

(2) 破砕帯の成長と形成順序—— 小坂和夫による鶴川断層の例が参考になる。なお、一般に、最終eventで形成された破砕物は、平面性・連続性がよいことが知られている。

(3) 破砕帯内部構造と変位センス—— 上記PAGEOPH中のRutter et al.(1986)の研究や狩野謙一による境峠断層、奈良井断層の記載に注目。

(4) 破砕帯における物質の混合。
多くの背斜構造は逆断層運動の結果として考えられ、地震発生の可能性が検討されている。

調査対象

調査対象とした断層は、最近の活動が確認出来ている湯ノ岳断層、野島断層、後期更新世以降の活動が確認されている山田断層(3300年前以前¹⁾)、熊川断層(約2万年前頃)、中期更新世の活動が確認されその後の活動が確認できていない成合断層(第四紀中期以降の活動が認められない事から約30万年前頃と考えられている²⁾)等である。国内の一般的な基準に照らせば、湯ノ岳断層から熊川断層は活断層である。成合断層の最新の活動時期については、より詳細な調査が待たれる。

最新活動面の決定から試料作成

断層面の最新の活動面の認定においては、基本的に以下の流れで実施した。露頭観察では上載層が観察できるところでは上載層にまで変位を与える断層面、上載層が観察出来ない場合は、他の構造を切る直線性の高い面を最新の活動面と認定し、条線観察、ブロック試料・コア試料を採取した。採取した試料はX線CT等を用いて内部構造の観察を行ない面の連続性を再度確認した。さらに研磨片および薄片観察に基づき、破砕帯および破砕帯周辺の層構造と他の構造に切られない面を再確認した。以上の、巨視的から微視的な一連の観察において、最新面の認定に矛盾がないことを確認し、これを最新面とした。電子顕微鏡観察用の試料の作成においては、断層破砕部の試料を、上記の流れで決定した最新活動面で注意深く分離し、鏡肌や条線があることを確認し観察用試料とした(図-1)。試料はオスミウム蒸着し電子顕微鏡観察を行い、目的とした最新面が露出した箇所について低倍率から段階的に高倍率で観察し、最新面上に認められる一般的な組織と、最新面上における自形鉱物の晶出状況などを確認した。最新活動面の構成鉱物については、X線回折分析により構成鉱物を同定した。

(3) シームS-11の最新面の認定の事例(1/2)



シームS-11の最新面の認定の事例
〔本編資料「4.1②」に関する基礎データ〕

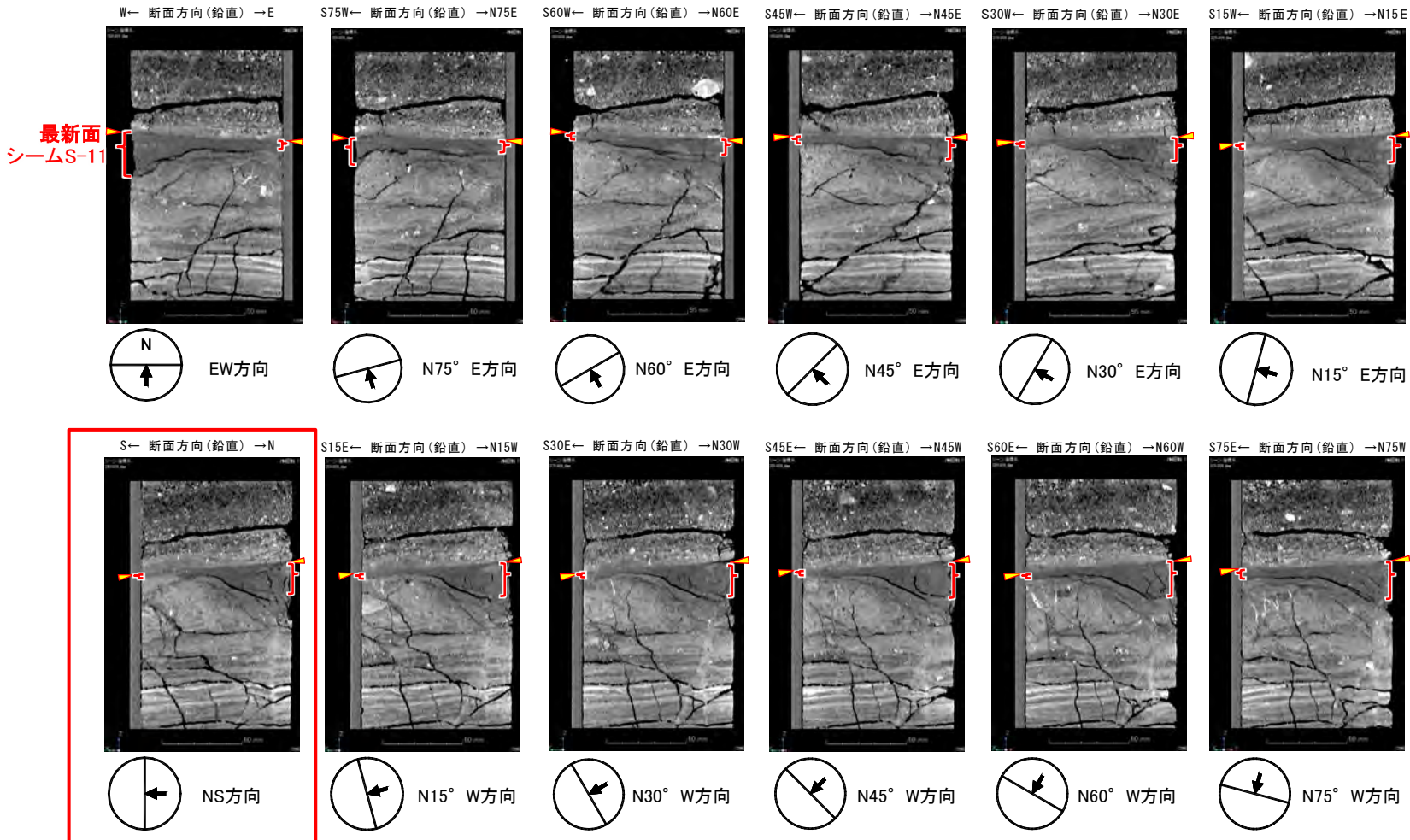
〔目的〕 認定した最新面の妥当性を示す事例を提示。

〔内容〕 CT画像観察により3次元的に検討した最新面の認定の事例を示す。

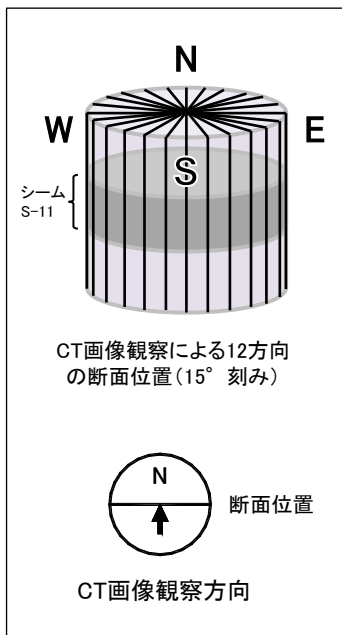
(3) シームS-11の最新面の認定の事例(2/2)

シームS-11の最新面の認定の事例を示す。

- CT画像観察においては、検討・評価に採用した断面のみならず奥行方向を含めて、3次元的に検討した上で最も連続性が良く、直線性や平滑性が認められる面を最新面として認定している。



CT画像観察方向の凡例



検討・評価に採用した断面

CB-4孔 深度26.21m

(4) シームS-11の最新面の密着程度の事例(1/2)

シームS-11の最新面の密着程度の事例

〔本編資料「4.1③」に関する補足説明〕

〔目的〕 シームS-11の最新面の密着程度を判定指標としない根拠の提示。

〔内容〕 後期更新世以降の活動の有無が変位基準との関係から認定できる2箇所での事例を比較し、密着程度は明瞭な違いが認められないことを示す。

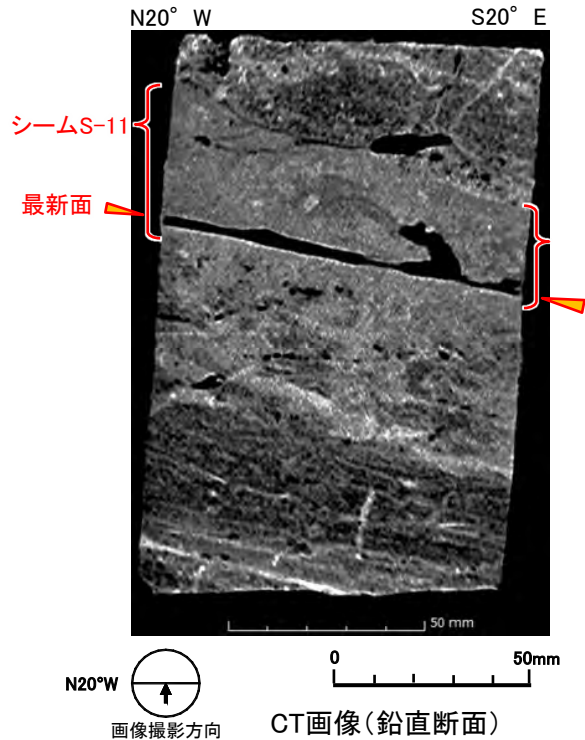
(4) シームS-11の最新面の密着程度の事例(2/2)

シームS-11の最新面の密着程度について、後期更新世以降の活動の有無が変位基準との関係から認定できる2箇所での事例を示す。

- 最新面の密着程度は、後期更新世以降の活動が認められる箇所(Ts-6-B1-1ブロック試料)と認められない箇所(Tf-5a-S-W-5孔)では、「開口」と「おおむね密着」で違いが認められるものの、地表近くの箇所では、風化や地下水等の影響による緩み、試料採取時の人為的な応力等によっても開口が生じることから、明瞭な違いがあるとは言い切れない。

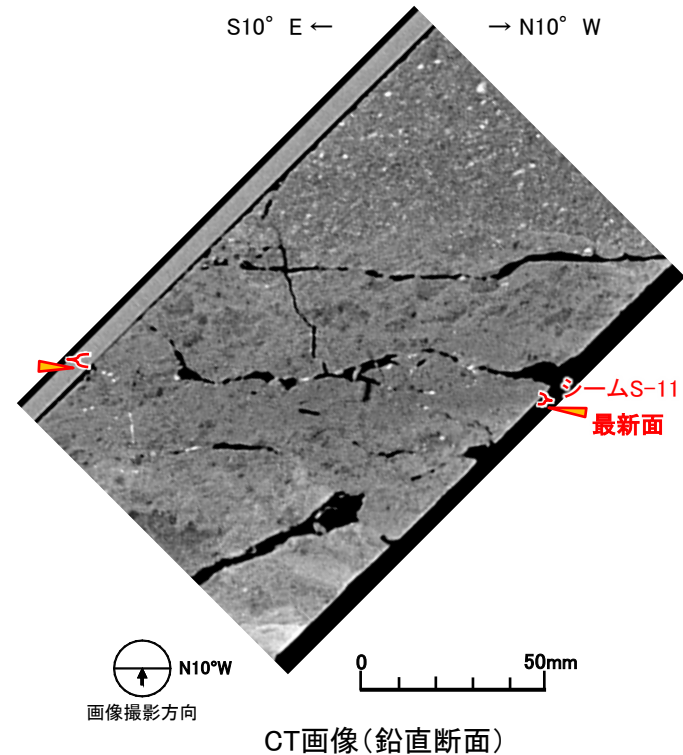
以上より、最新面の密着程度は判定指標に使用しないこととした。

「最新面の密着程度： 開口」



図(4.1) 後期更新世以降の活動が認められる箇所
(Ts-6-B1-1ブロック試料)

「最新面の密着程度： おおむね密着」



図(4.2) 後期更新世以降の活動が認められない箇所
(Tf-5a-S-W-5孔)

(5) シームS-11の最新面の条線観察結果(1/12)

シームS-11の最新面の条線観察結果

〔本編資料「4.1③」に関する補足説明及び基礎データ〕

〔目的〕条線の上書きにより新旧関係を識別し、最新活動による条線を認定する根拠を提示。

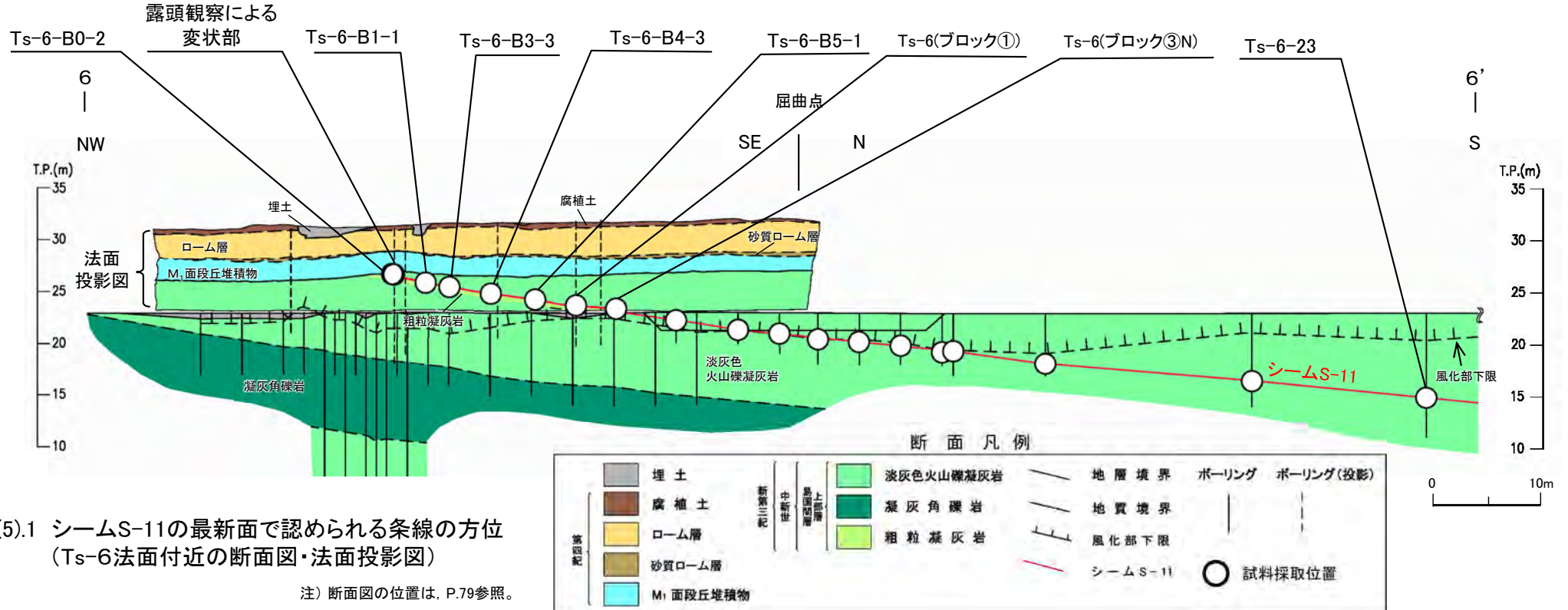
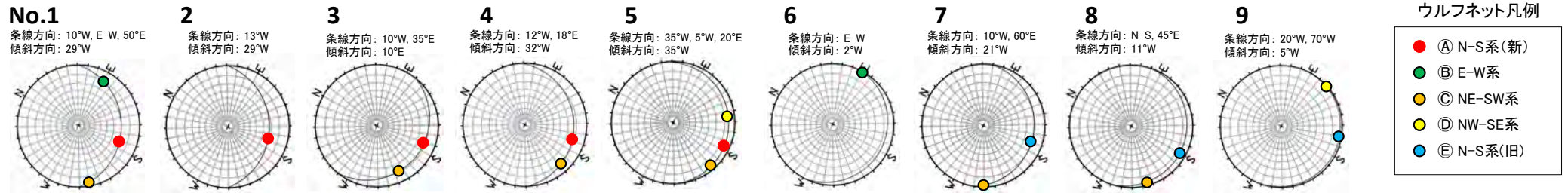
〔内容〕上載地層により後期更新世以降の活動が認められる箇所から深度方向に連続的に条線を観察できる地点(Ts-6法面断面)において、シームS-11の最新面に認められる条線方向と条線の上書きによる新旧関係を示す。

(5) シームS-11の最新面の条線観察結果(2/12)

最新活動による条線の認定方法(条線の上書きによる新旧関係)(1/5)

条線の上書きにより新旧関係を識別し、最新活動による条線を認定する根拠を以下に示す。

- 上載地層により後期更新世以降の活動が認められる箇所から深度方向に連続的に条線を観察することができるTs-6法面断面上で検討する。
- Ts-6法面断面の9箇所(No.1~9)で、シームS-11の最新面で認められる条線の方位をウルフネットで図示した。
- Ts-6法面断面上のシームS-11の最新面には複数の方向の条線が認められる。



図(5.1) シームS-11の最新面で認められる条線の方位 (Ts-6法面付近の断面図・法面投影図)

注) 断面図の位置は、P.79参照。

(5) シームS-11の最新面の条線観察結果(3/12)

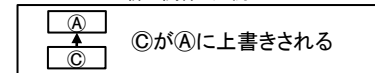
最新活動による条線の認定方法(条線の上書きによる新旧関係)(2/5)

Ts-6法面断面上のシームS-11の最新面には複数の方向の条線が認められ、相互の上書き関係により、新旧を識別することが可能である。条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)を表(5).1に示す。

条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)の代表例として、No.1, 3, 6, 8, 9を示す(P.65~P.69参照)。

- ①N-S系(新)の条線は、他の条線を上書きしており、最も新しいと考えられる(No.1, 3参照)。
①N-S系(新)の条線は、M₁面段丘堆積物に変位を及ぼしている箇所付近の条線であることから、後期更新世以降の活動で生じたものと判断する。
また、①N-S系(新)の条線の方向はTs-6法面断面上のシームS-11の最大傾斜方向を示す。
- ②E-W系の条線は、最も新しい①N-S系の条線に上書きされている(No.1参照)。
②E-W系の条線は、後期更新世以降の活動がないcf-3断層切断箇所の条線(Tf-5(a)トレンチ:P.61参照)と同じ方向を示すことから、後期更新世よりも古い活動で生じたものと判断する(No.6参照)。
- ③NE-SW系の条線は、最も新しい①N-S系の条線に上書きされている(No.1, 3参照)。
③NE-SW系の条線は、後期更新世以降の活動がないcf-3断層切断箇所の条線(Tf-5(a)トレンチ:P.62参照)と同じ方向を示すことから、後期更新世よりも古い活動で生じたものと判断する。
- ④NW-SE系の条線は、⑤N-S系(旧)の条線を上書きしている(No.9参照)。
④NW-SE系の条線は、後期更新世以降の活動がないcf-3断層切断箇所(Tf-5(a)トレンチ:P.61参照)では、②E-W系の条線に上書きされていることから、後期更新世よりも古い活動で生じたものと判断する。
- ⑤N-S系(旧)の条線は、③NE-SW系及び④NW-SE系の条線に上書きされていることから、後期更新世よりも古い活動で生じたものと判断する(No.8, 9参照)。

新旧関係 凡例



表(5).1 Ts-6法面断面上の条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)一覧表

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	時代観(判断根拠)
新 ↑ ↓ 旧	① N-S系(新)	N10°W	N13°W	N10°W	N12°W	N5°W				後期更新世以降 (M ₁ 面段丘堆積物に変位を及ぼしている箇所と同じ条線方向)
	② E-W系	E-W					E-W			後期更新世よりも古い(P.61) (cf-3断層切断箇所と同じ条線方向)
	③ NE-SW系	N50°E		N35°E	N18°E	N20°E		N60°E	N45°E	後期更新世よりも古い(P.62) (cf-3断層切断箇所と同じ条線方向)
	④ NW-SE系					N35°W				後期更新世よりも古い(P.61) (cf-3断層切断箇所の条線に上書きされている条線方向)
	⑤ N-S系(旧)							N10°W	N-S	N20°W

(5) シームS-11の最新面の条線観察結果(4/12)



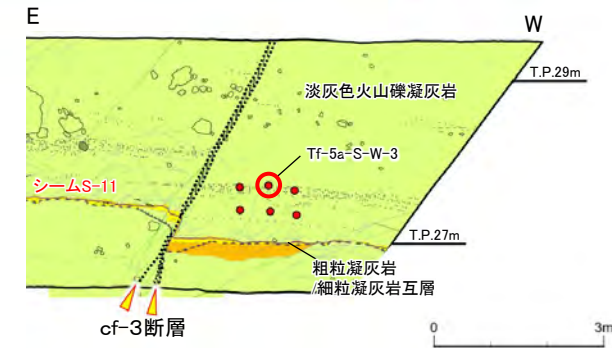
最新活動による条線の認定方法(条線の上書きによる新旧関係)(3/5):

③E-W系条線及び④NW-SE系条線の時代観

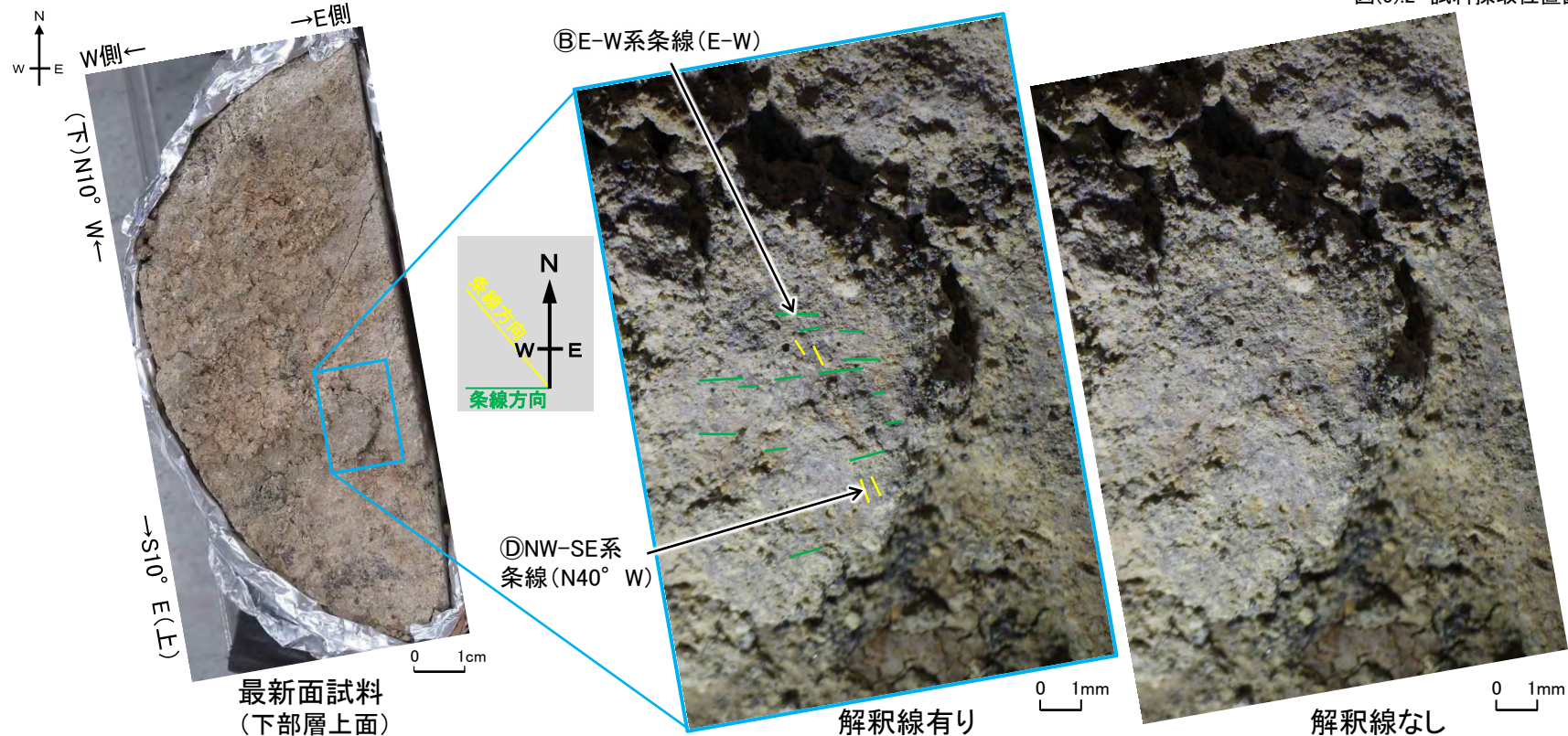
③E-W系条線及び④NW-SE系条線の判断根拠として、後期更新世以降の活動がないcf-3断層切断箇所の条線観察による、条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)により時代観を検討する。

- 他に上書きされず最も新しい条線方向はE-Wであり、③E-W系条線と判断する。
- 条線方向が $N40^{\circ}W$ の④NW-SE系条線は、③E-W系条線に上書きされている。

以上より、③E-W系条線及び④NW-SE系条線は後期更新世より古い活動で生じたものと判断する。



図(5.2) 試料採取位置図



図(5.3) 後期更新世以降の活動が認められない箇所(Tf-5a-S-W-3孔 深度1.15m)

(5) シームS-11の最新面の条線観察結果(5/12)

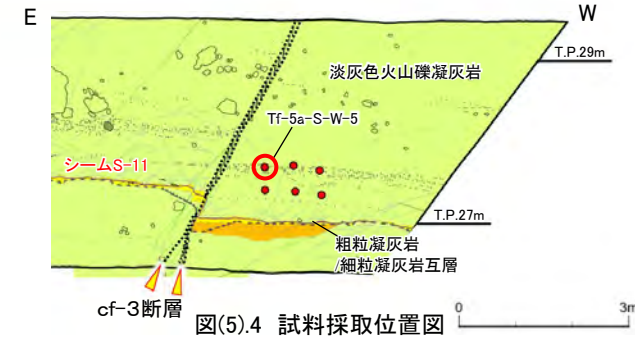


最新活動による条線の認定方法(条線の上書きによる新旧関係)(4/5): ©NE-SW系条線の時代観

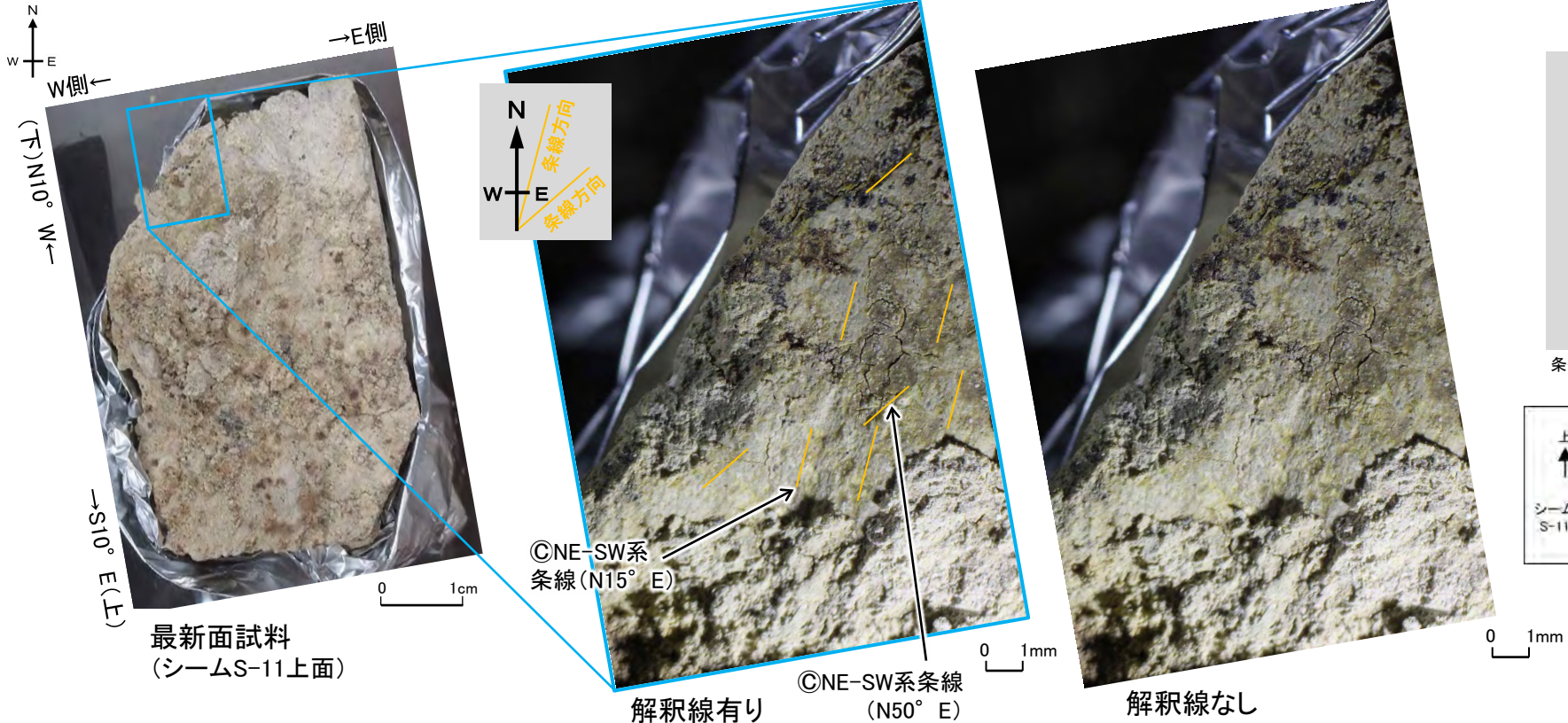
©NE-SW系条線の判断根拠として、後期更新世以降の活動がないcf-3断層切断箇所の条線観察により時代観を検討する。

- 後期更新世以降の活動がないcf-3断層切断箇所の条線方向は $N15^{\circ} E$ 及び $N50^{\circ} E$ であり、©NE-SW系条線の方向を示す。

以上より、©NE-SW系条線は後期更新世より古い活動で生じたものと判断する。



図(5).4 試料採取位置図



図(5).5 後期更新世以降の活動が認められない箇所(Tf-5a-S-W-5孔 深度1.10m)

(5) シームS-11の最新面の条線観察結果(6/12)

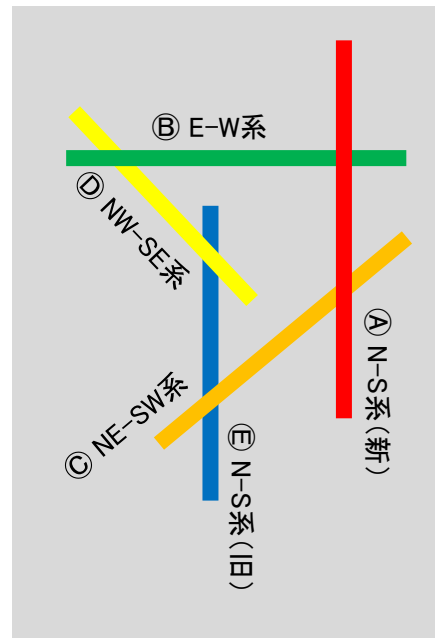
最新活動による条線の認定方法(条線の上書きによる新旧関係)(5/5):新旧関係の整理

Ts-6法面断面上のシームS-11の最新面において、条線の相互の上書き関係により、新旧を識別した結果を図(5).6に示す。ただし、Ts-6法面だけでは5つの上書き関係を確認できないため、①の条線については、cf-3断層との切断関係により後期更新世以降の活動がないと認定できる箇所であるTf-5(a)トレンチでの条線観察結果も併せて判断する。条線観察では、図(5).6に示した条線の上書きによる新旧関係に基づき、最新活動の条線方向を判定する。

Ts-6法面では、①の条線方向は、N-S系であり、最大傾斜方向を示す。

最大傾斜方向はシームS-11の走向により変化するため、敷地内に展開する時には、①の条線方向は、各箇所でのシームS-11の走向により変化する※。

※: 敷地内のボーリングコアによる条線についても、①の条線方向はシームS-11の走向により異なるものの、①～⑤の上書き関係は認められるため、これらの条線の上書きによる新旧関係は適用できる(今後ご説明予定)。



図(5).6 Ts-6法面における条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)概念図

(5) シームS-11の最新面の条線観察結果(7/12)

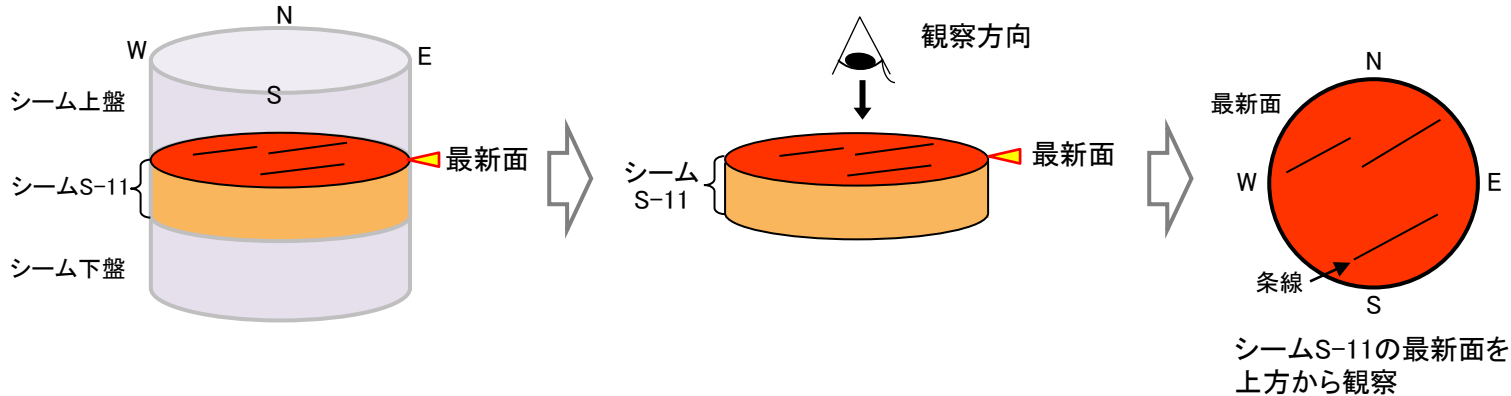


条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)の代表例(1/6): シームS-11の最新面の観察方向の示し方

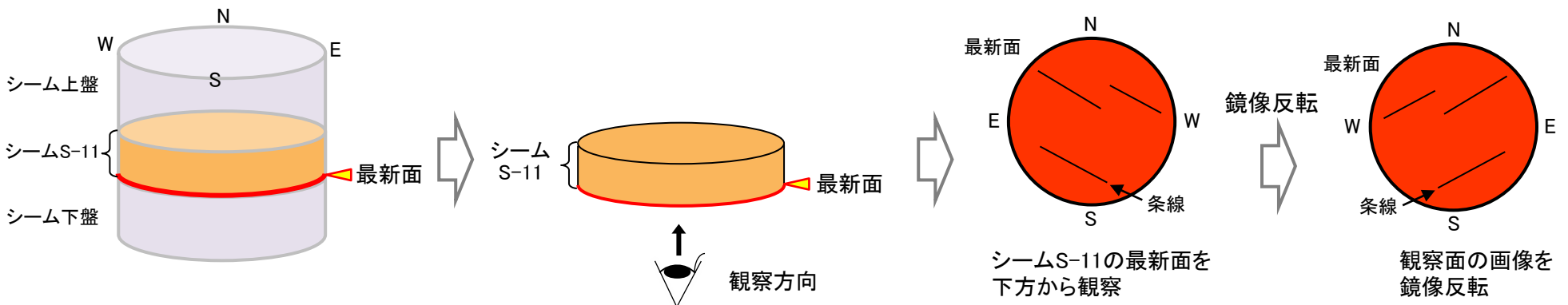
条線観察におけるシームS-11の最新面の観察方向の示し方は以下のとおり。

- シームS-11の上端に最新面が有る場合には上方からシームS-11を観察する。
- シームS-11の内部に最新面が有る場合には、上方及び下方からシームS-11を確認し、より条線が明瞭に確認される面を観察する。
- シームの下端に最新面が有る場合には、条線はシームS-11の面を観察する必要があるため、下方からシームS-11を観察する。なお、本資料では上方から観察する場合と方位を統一して示すため、下方からシームS-11を観察した結果は、観察面の画像を鏡像反転して示す。

【シームの上端に最新面が有る場合】



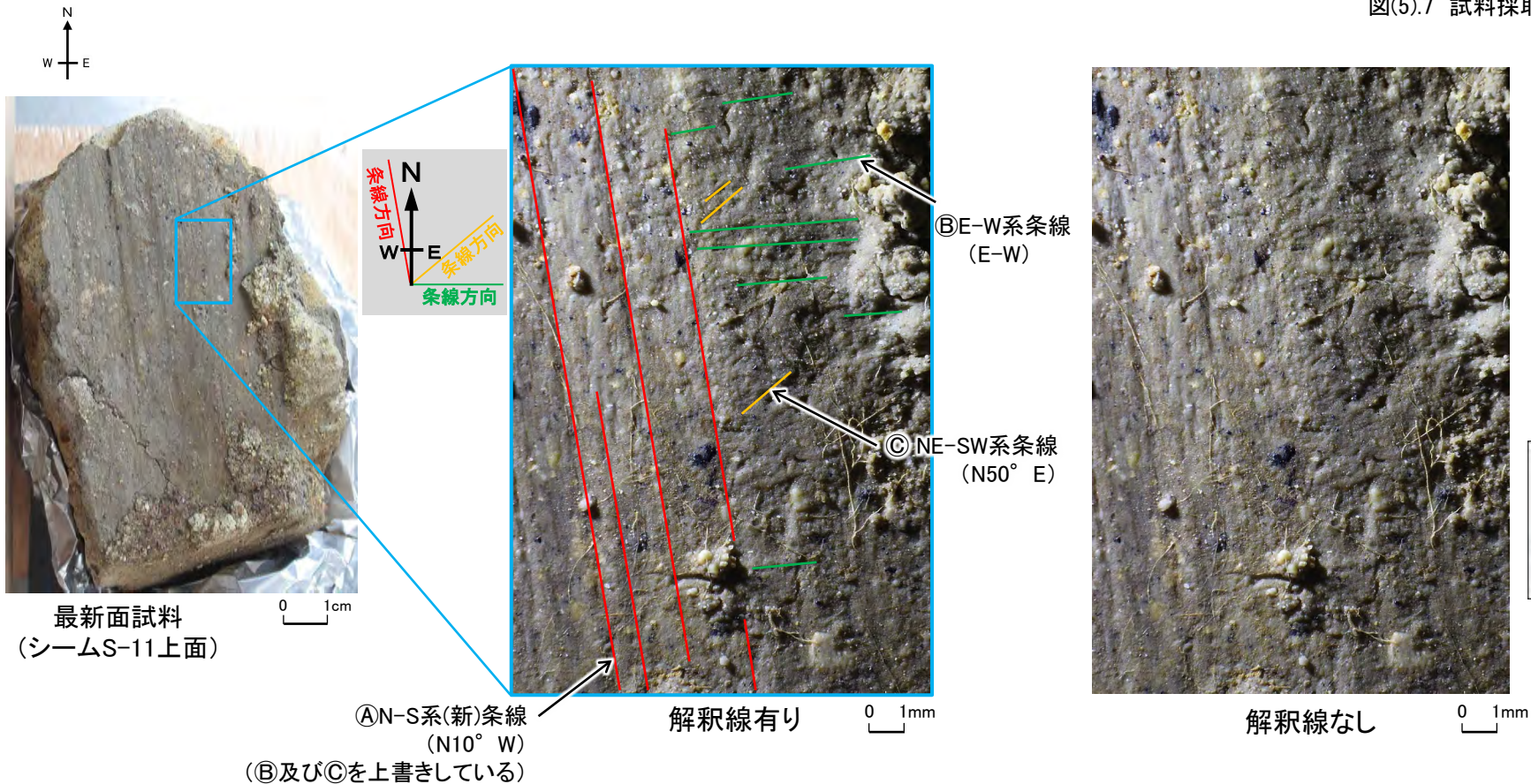
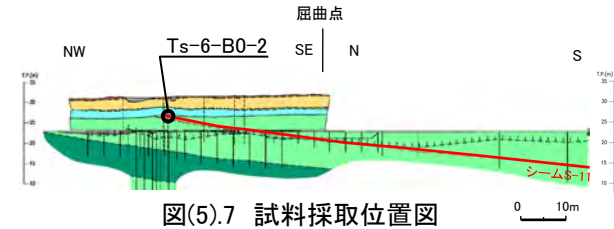
【シームの下端に最新面が有る場合】



(5) シームS-11の最新面の条線観察結果(8/12)

条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)の代表例(2/6):
シームS-11の最新面の条線方向(No.1)

①N-S系(新)条線(N10° W)が、②E-W系条線(E-W)及び③NE-SW系条線(N50° E)を上書きしている。



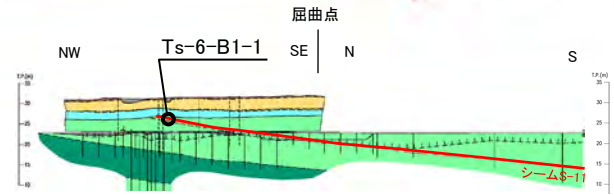
図(5.8) シームS-11の最新面の条線方向(Ts-6-B0-2ブロック試料)

(5) シームS-11の最新面の条線観察結果(9/12)

条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)の代表例(3/6): シームS-11の最新面の条線方向(No.3)



①N-S系条線(新) (N10° W)が③NE-SW系条線(N35° E)を上書きしている。



図(5.9) 試料採取位置図

最新面試料
(シームS-11内部:
上盤側下面画像を鏡像反転)

①N-S系条線(新)
(N10° W)
(③を上書きしている)

③NE-SW系条線
(N35° E)

解釈線有り

解釈線なし

条線の上書きによる新旧関係
(方向の違い)の概念図

シームS-11
上
最新面
観察方向

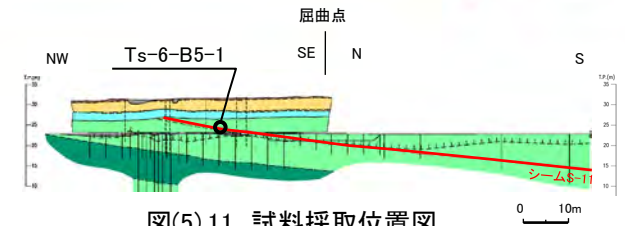
③NE-SW系
①N-S系(新)

図(5.10) シームS-11の最新面の条線方向(Ts-6-B1-1ブロック試料)

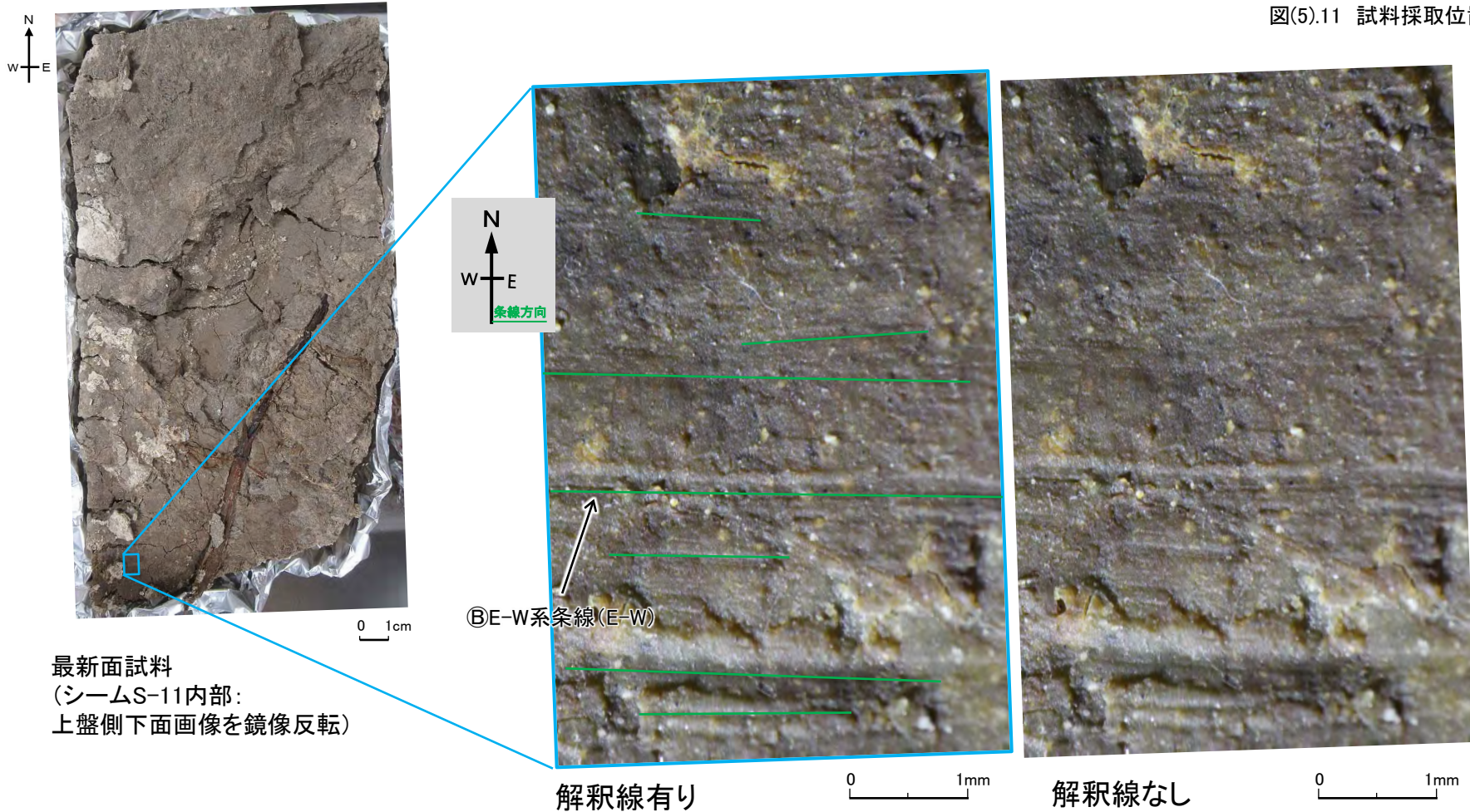
(5) シームS-11の最新面の条線観察結果(10/12)

条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)の代表例(4/6):
シームS-11の最新面の条線方向(No.6)

②E-W系条線(E-W)が認められる。



図(5.11) 試料採取位置図



最新面試料
(シームS-11内部:
上盤側下面画像を鏡像反転)

②E-W系条線(E-W)

解釈線有り

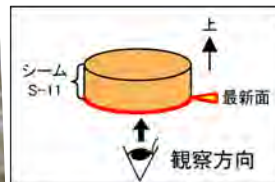
0 1mm

解釈線なし

0 1mm

② E-W系

条線の上書きによる新旧関係
(方向の違い)の概念図

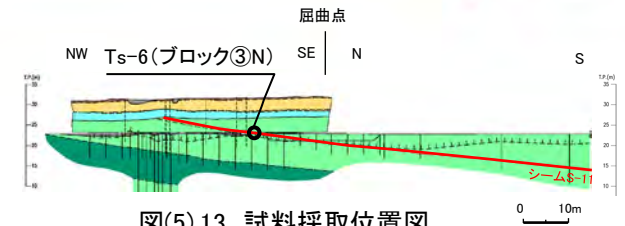


図(5.12) シームS-11の最新面の条線方向(Ts-6-B5-1ブロック試料)

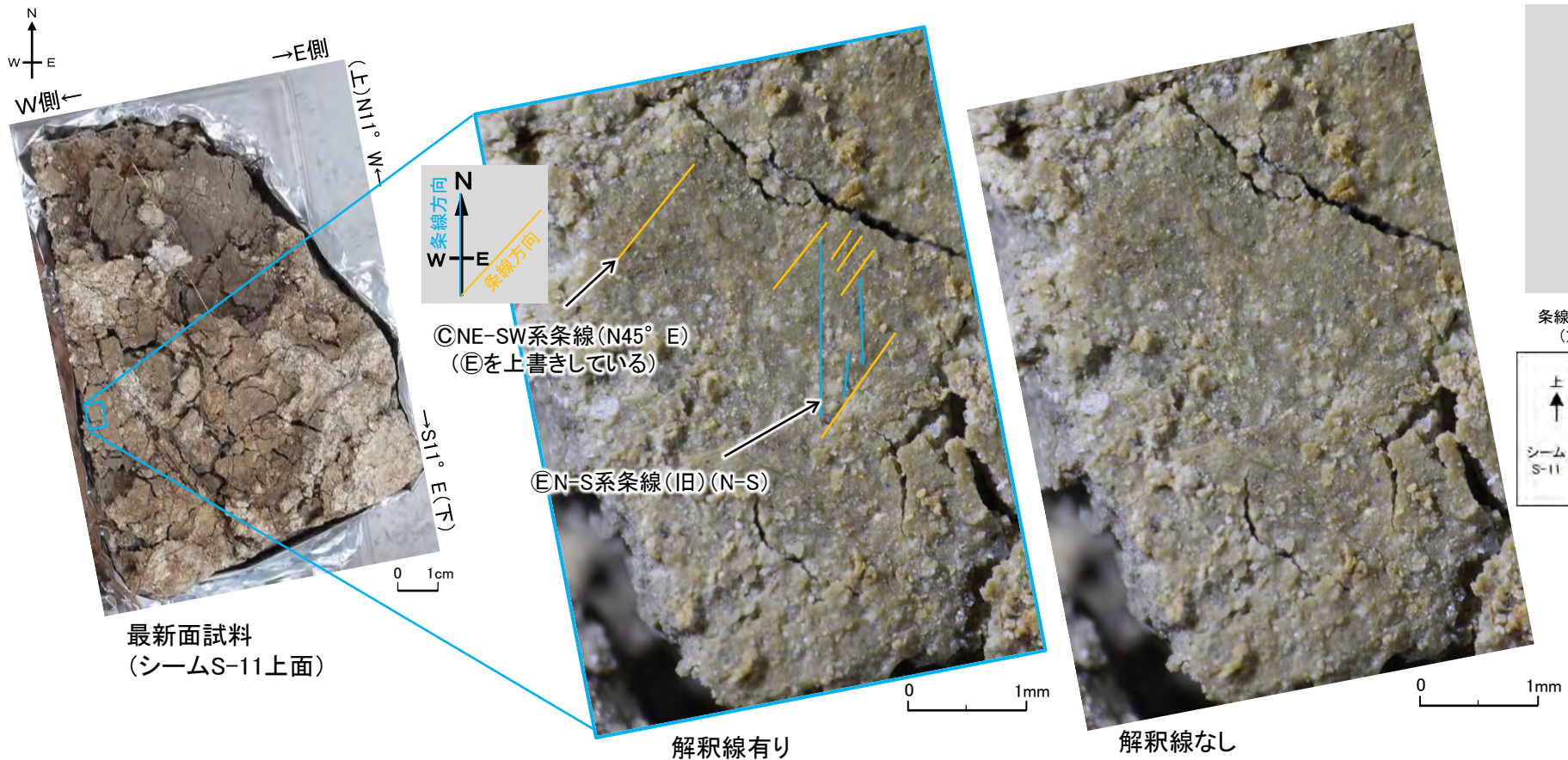
(5) シームS-11の最新面の条線観察結果(11/12)

条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)の代表例(5/6):
シームS-11の最新面の条線方向(No.8)

◎NE-SW系条線(N45° E)が⊙N-S系条線(旧)(N-S)を上書きしている。



図(5.13) 試料採取位置図



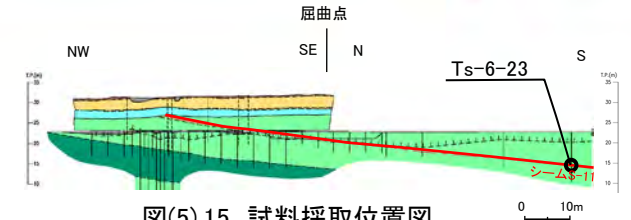
図(5.14) シームS-11の最新面の条線方向(Ts-6(ブロック③N)試料)

(5) シームS-11の最新面の条線観察結果(12/12)

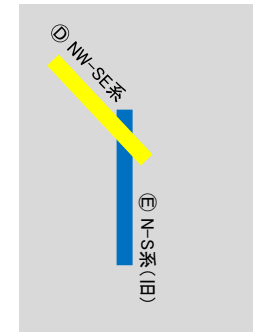
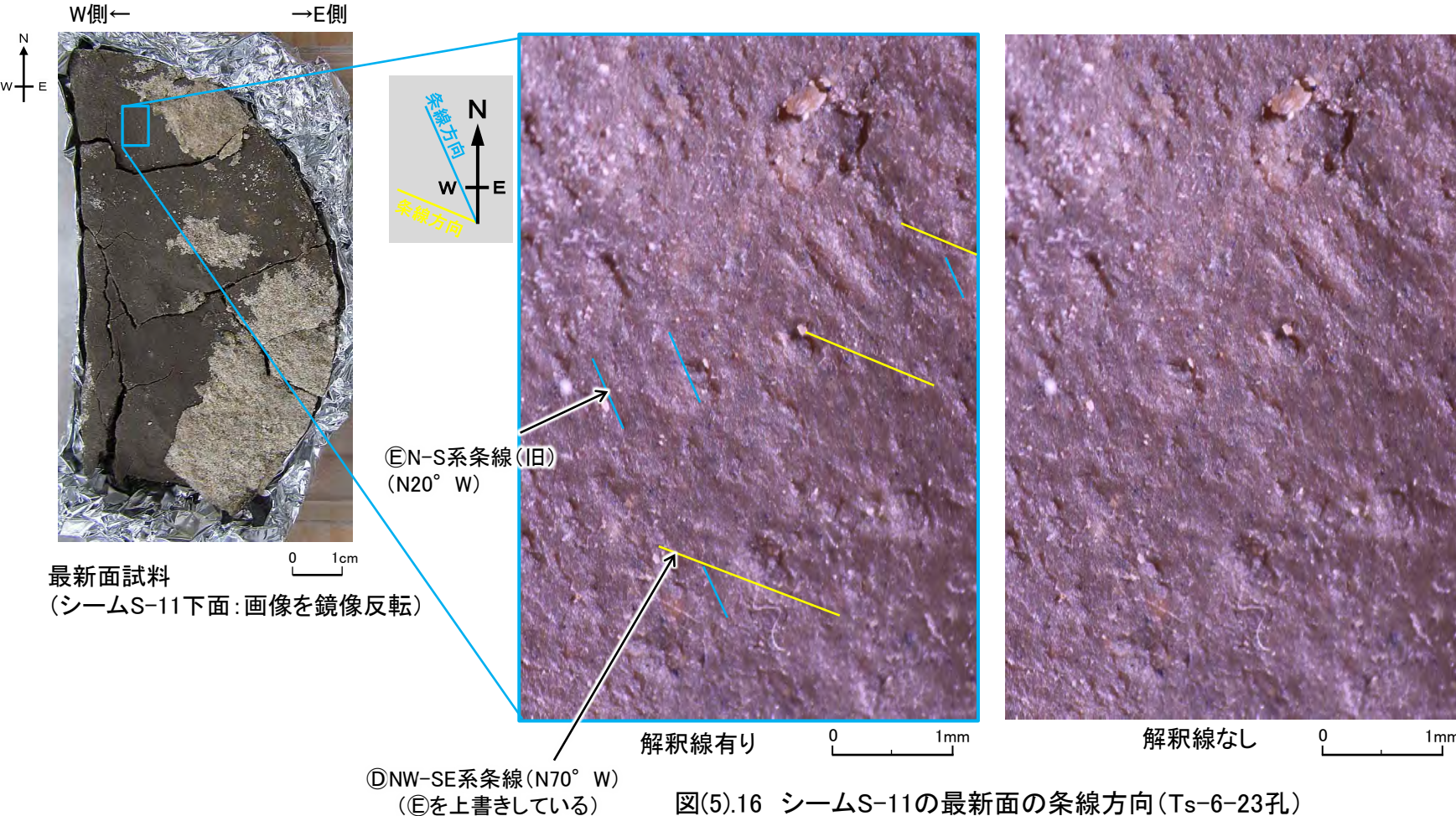


条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)の代表例(6/6):
シームS-11の最新面の条線方向(No.9)

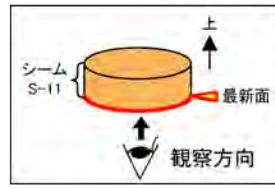
㊦NW-SE系条線(N70° W)が㊥N-S系条線(旧)(N20° W)を上書きしている。



図(5.15) 試料採取位置図



条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)の概念図



(6) シームS-11近傍の粗粒凝灰岩中の鉱物脈の検討(1/8)

シームS-11近傍の粗粒凝灰岩中の鉱物脈の検討

〔本編資料「4.1④」に関する補足説明及び基礎データ〕

〔目的〕 後期更新世以降の活動の有無を判定・評価する考え方(判定フロー)のうち, SEM観察で認められる鉱物の形状に関する基礎データとして鉱物の生成時期の根拠を提示。

〔内容〕

- シームS-11近傍の粗粒凝灰岩中の鉱物脈は, 熱水変質鉱物のスメクタイト及びフィリップサイトから成り, シームS-11が熱水変質作用を受けた時期と同時期に生成したものと判断される。
- シームS-11中にはスメクタイトが認められるものの, シームS-11の延長上のM₁面段丘堆積物中には, スメクタイトは認められないため, 熱水変質作用はM₁面段丘堆積物中には及んでいない。

以上より, シームS-11のスメクタイト及びフィリップサイトの生成時期は後期更新世よりも古いと判断されることを示す。

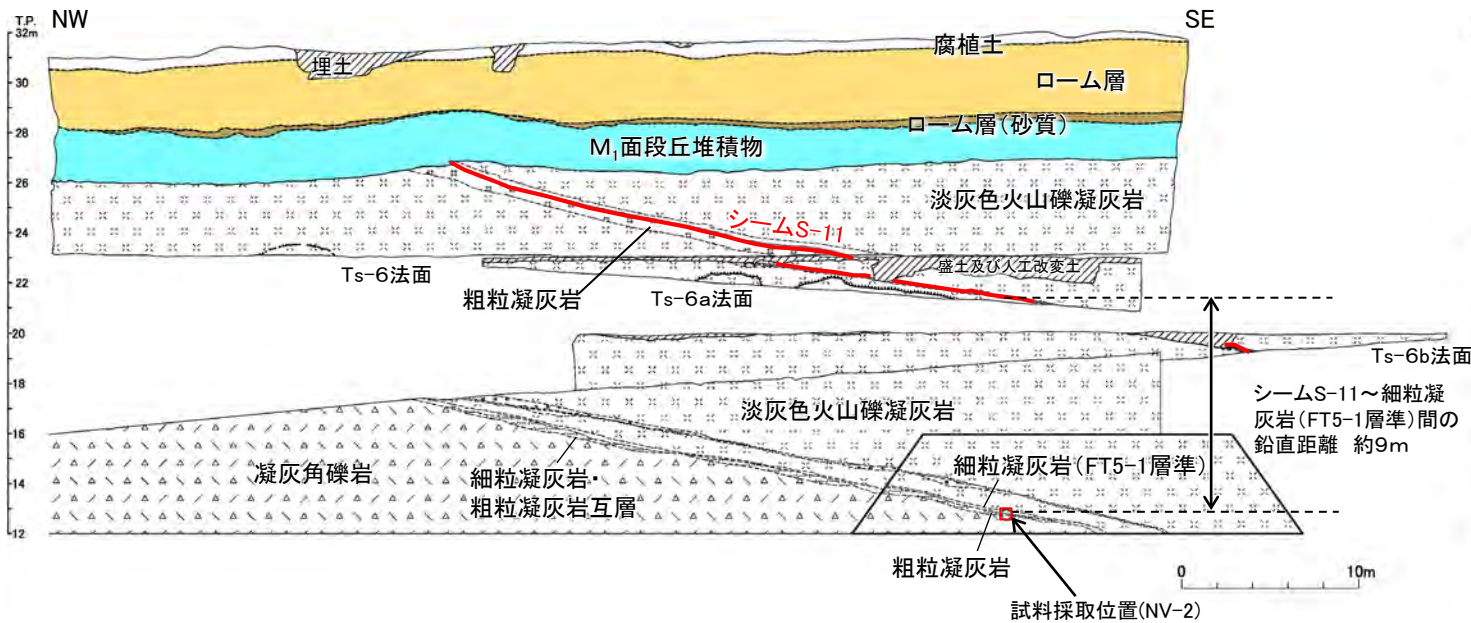
(6) シームS-11近傍の粗粒凝灰岩中の鉍物脈の検討(2/8)

シームS-11近傍の粗粒凝灰岩中の鉍物脈(1/2):

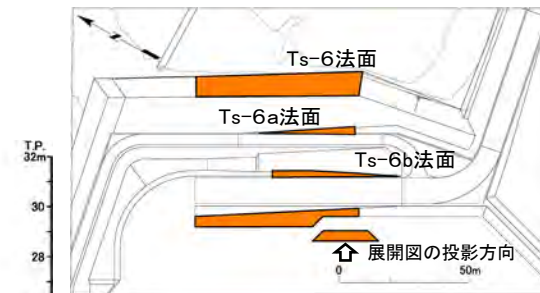
シームS-11とその近傍の粗粒凝灰岩中の鉍物脈との位置関係

シームS-11で確認される鉍物(スメクタイト及びフィリップサイト)の生成時期について検討する。

- シームS-11の鉛直距離約9m下方には、細粒凝灰岩(FT5-1層準)が分布する。
- 細粒凝灰岩(FT5-1層準)の直下には粗粒凝灰岩が分布し、この粗粒凝灰岩中に灰白色の鉍物脈が認められる(P.72参照)。
- 後述のとおり、上記鉍物脈の構成鉍物には熱水変質鉍物が存在し、シームS-11は、上記鉍物脈が認められる粗粒凝灰岩と近い層準に位置することから、鉍物脈の生成と同時期の熱水変質作用を受けたと考えられる(P.73, 74参照)。

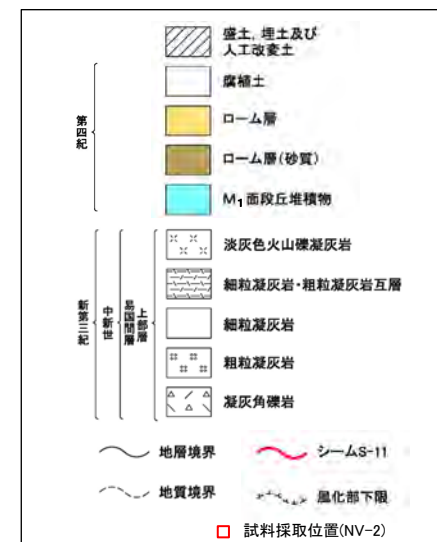


図(6.2) シームS-11と細粒凝灰岩(FT5-1層準)との位置関係(Ts-6法面付近の法面展開図)



図(6.1) 位置図

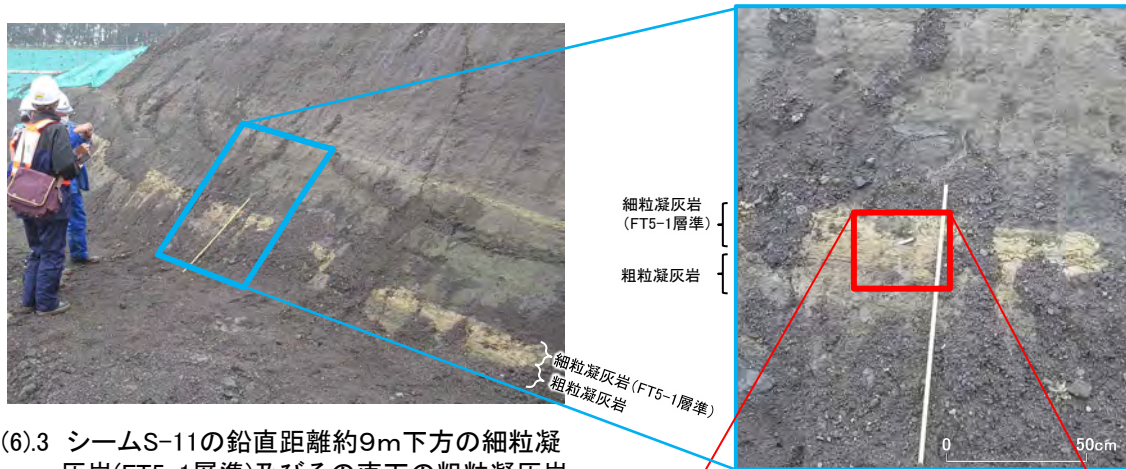
凡例



(6) シームS-11近傍の粗粒凝灰岩中の鉱物脈の検討(3/8)

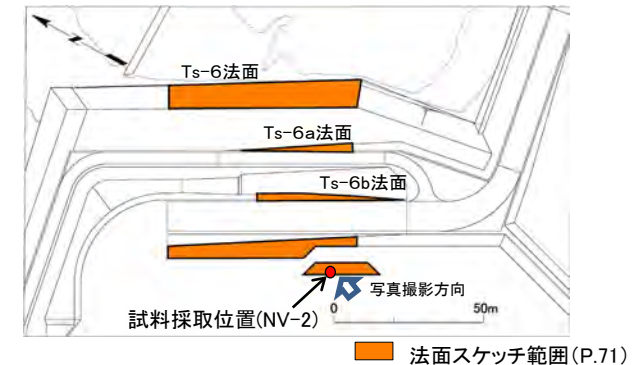
シームS-11近傍の粗粒凝灰岩中の鉱物脈(2/2)

シームS-11には目視で観察できる鉱物脈はないが、Ts-6法面西方の法面では、シームS-11の鉛直距離約9m下方の細粒凝灰岩(FT5-1層準)の直下の粗粒凝灰岩中*に灰白色の鉱物脈が認められる(図(6).6参照)。

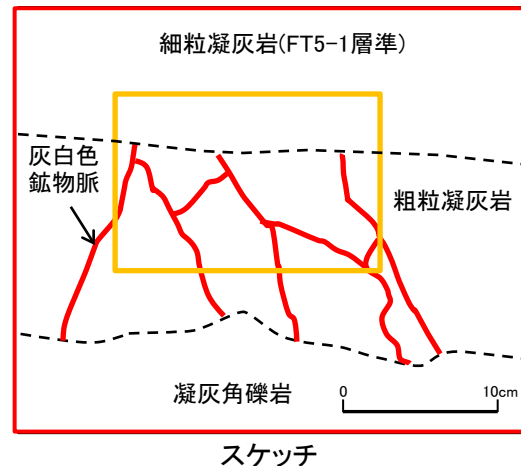


図(6).3 シームS-11の鉛直距離約9m下方の細粒凝灰岩(FT5-1層準)及びその直下の粗粒凝灰岩

*: 鉱物脈が粗粒凝灰岩中に認められ、下位の凝灰角礫岩中に認められないのは、凝灰角礫岩は全体的に透水性が大きいに対して、粗粒凝灰岩では相対的にやや細かい粒子のため透水性が小さく、割れ目を伝って熱水が通り、そこに鉱物脈が形成されたためと考えられる。



図(6).5 試料採取位置図



スケッチ



写真



図(6).7 試料採取位置(NV-2)

図(6).6 粗粒凝灰岩中の鉱物脈(白矢印)

(6) シームS-11近傍の粗粒凝灰岩中の鉱物脈の検討(4/8)

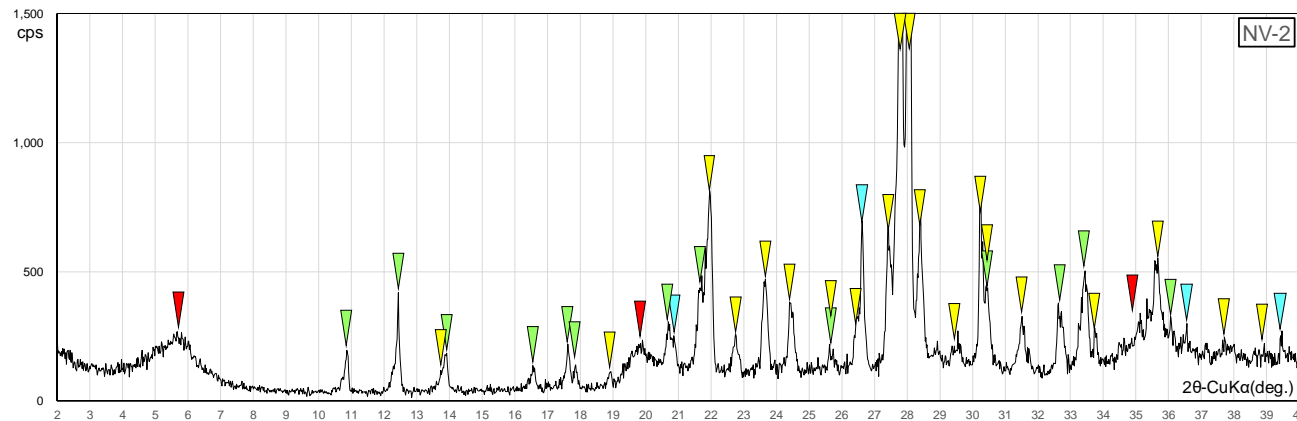


X線分析結果

P.72の鉱物脈の構成鉱物をX線分析により同定した。その結果を以下に示す。

- ICDD (2015)⁴⁾ のデータに基づく鉱物判定の結果と照合すると、石英、斜長石、スメクタイト及びフィリップサイトの存在を示す回折線ピークが認められる。

以上より、P.72の鉱物脈の構成鉱物には、熱水変質鉱物であるスメクタイト及びフィリップサイトが存在することが確認された。



図(6.8) 粉末X線回折分析結果

粉末X線回折分析結果

鉱物	記号	検出
石英	▼	○
斜長石	▼	○
スメクタイト	▼	○
フィリップサイト	▼	○

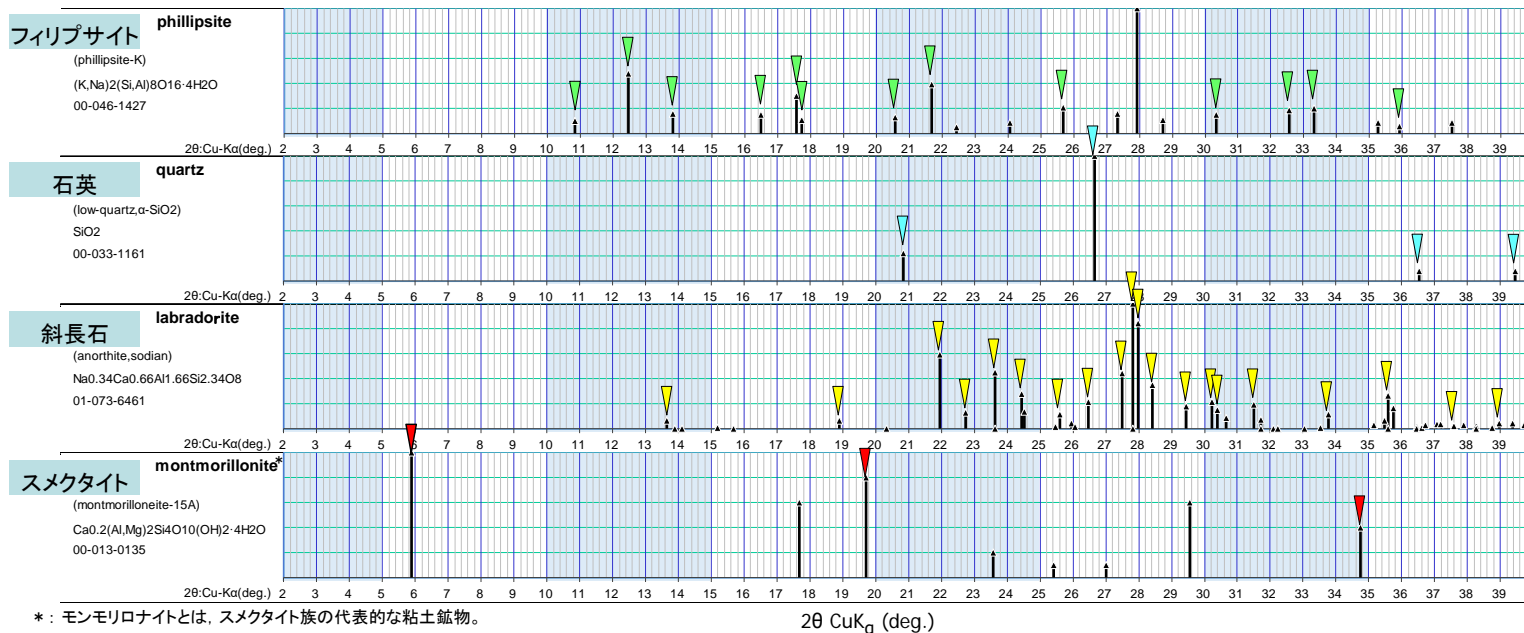
粉末X線回折分析 分析仕様

【試料作製条件】

- 全岩不定方位試料
- 60°C乾燥後摩砕、室内風乾状態

【X線回折条件】

装置名	PANalytical X'Pert Pro
X線	CuK α ($\lambda=1.54178 \text{ \AA}$)
電圧, 電流	40kV, 50mA
検出器	比例計数管 (Xe)
ステップサイズ	0.02°
走査速度	2° /min
スリット条件	DS: 15mm(auto) AS(SS): 15mm(auto) RS: 0.2mm



図(6.9) 鉱物同定用標準回折線

* : モンモリロナイトとは、スメクタイト族の代表的な粘土鉱物。

(ICDD (2015)⁴⁾ に基づいて作成)

(6) シームS-11近傍の粗粒凝灰岩中の鉱物脈の検討(5/8)



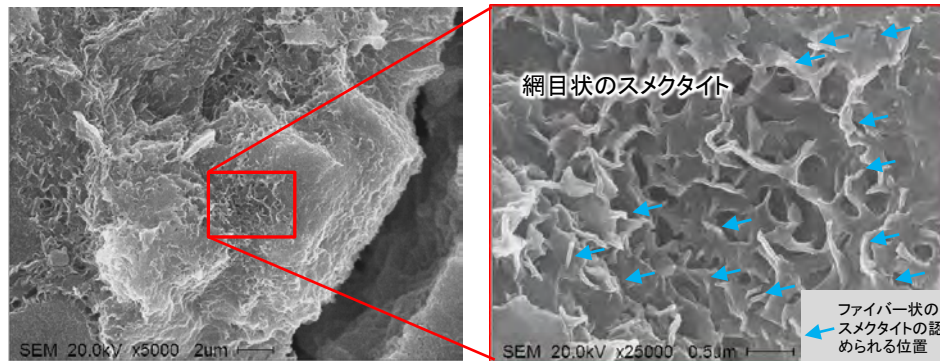
SEM観察結果

P.73の鉱物脈の構成鉱物のうち、熱水変質鉱物であるスメクタイト及びフィリップサイトの産状をSEM観察により確認した。その結果を以下に示す。

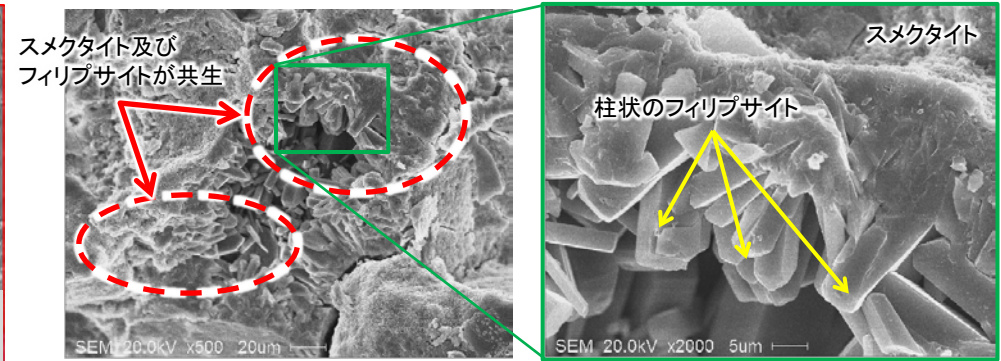
- SEM観察により、図(6).12の文献で記載されるような、網目状・ファイバー状のスメクタイト、柱状のフィリップサイトがそれぞれ認められる(図(6).10, 11)。
- 両者は接して成長しており、その先端部には両者特有の自形形状が認められ、共生*していると判断される(図(6).11)。

以上より、P.71の鉱物脈には、熱水変質鉱物として網目状・ファイバー状のスメクタイト、柱状のフィリップサイトが確認され、これらの鉱物は共生していることから、同時期の熱水変質作用により生成したと判断される。

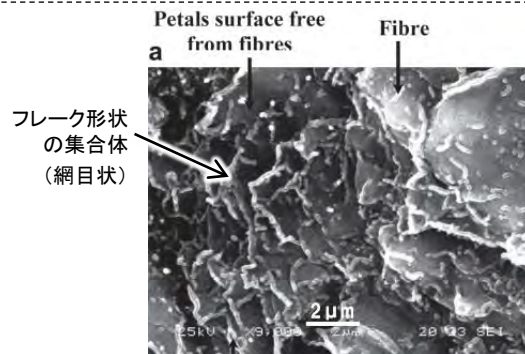
*: 同時期に一定の物理化学的条件下で安定的に形成された2種以上の鉱物の集合(出典: 地学辞典(平凡社))。



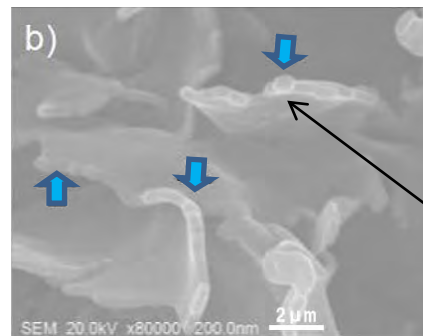
図(6).10 大間地点での鉱物脈のSEM観察結果(網目状・ファイバー状のスメクタイトの産状)



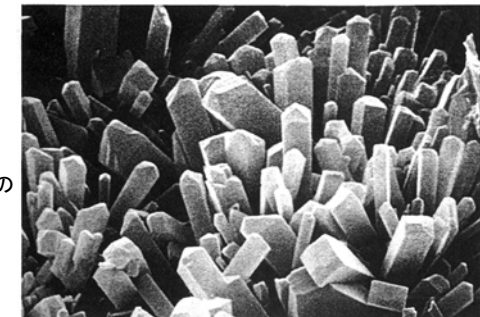
図(6).11 大間地点での鉱物脈のSEM観察結果(柱状のフィリップサイトの産状)



網目状のスメクタイトのSEM画像
Rhouta et al.(2008)⁵⁾



ファイバー状のスメクタイトのSEM画像
Nakata et al.(2019)⁶⁾



フィリップサイト柱状結晶のSEM画像
Gottardi and Galli(1985)⁷⁾

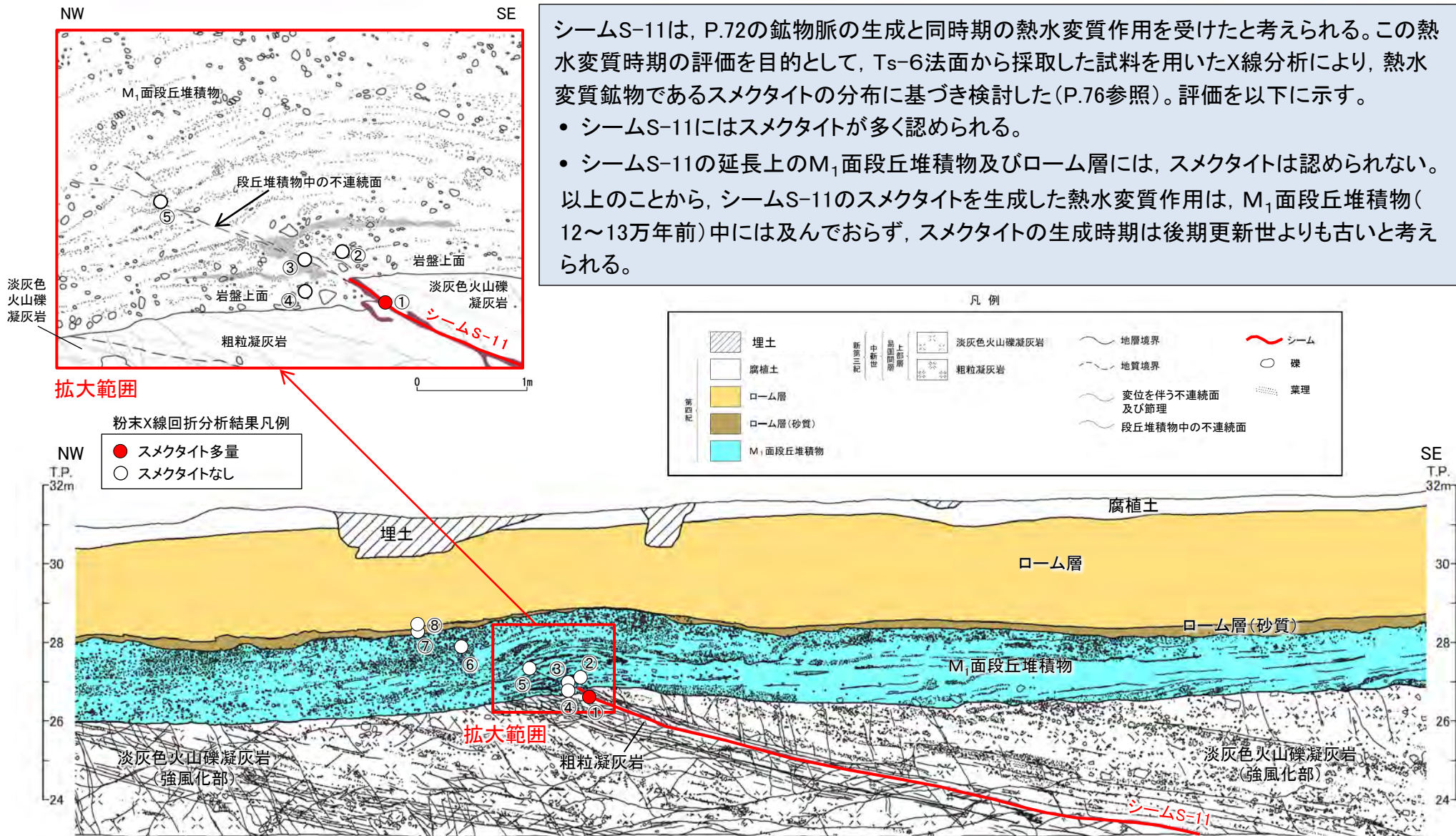
図(6).12 文献によるSEM観察画像(網目状・ファイバー状のスメクタイト、柱状のフィリップサイト)

(6) シームS-11近傍の粗粒凝灰岩中の鉱物脈の検討(6/8)

スメクタイトの熱水変質時期の検討(1/2)

シームS-11は、P.72の鉱物脈の生成と同時期の熱水変質作用を受けたと考えられる。この熱水変質時期の評価を目的として、Ts-6法面から採取した試料を用いたX線分析により、熱水変質鉱物であるスメクタイトの分布に基づき検討した(P.76参照)。評価を以下に示す。

- ・ シームS-11にはスメクタイトが多く認められる。
 - ・ シームS-11の延長上のM₁面段丘堆積物及びローム層には、スメクタイトは認められない。
- 以上のことから、シームS-11のスメクタイトを生成した熱水変質作用は、M₁面段丘堆積物(12~13万年前)中には及んでおらず、スメクタイトの生成時期は後期更新世よりも古いと考えられる。



注) 本図の分析試料位置は、第1043回審査会合資料の法面スケッチに示したものを、今後の審査会合で詳細位置を提示予定。

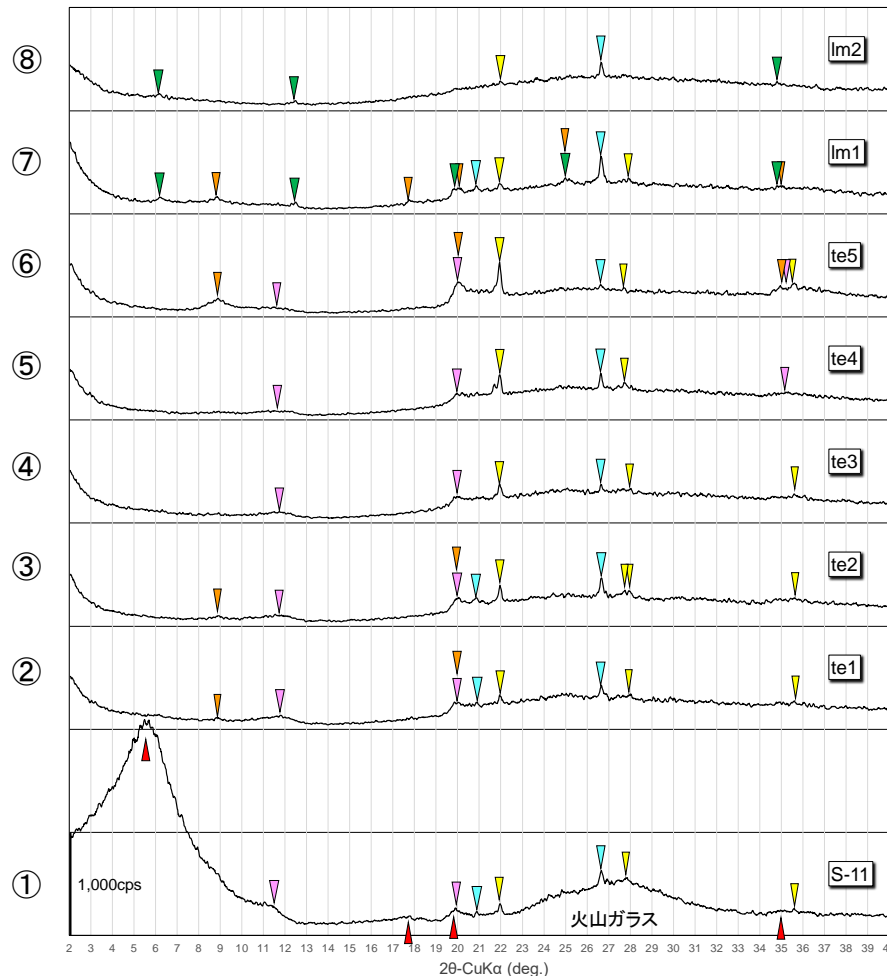
図(6).13 シームS-11及びその延長上でのスメクタイトの分布(Ts-6法面スケッチ)

0 5m

(6) シームS-11近傍の粗粒凝灰岩中の鉱物脈の検討(7/8)

スメクタイトの熱水変質時期の検討(2/2)

- P.75のシームS-11, その延長上のM₁面段丘堆積物及びローム層のスメクタイトの分布を確認するため, 粉末X線回折分析の結果を示す。
- シームS-11(分析結果のグラフ①)には多量のスメクタイトの存在を示す回折線ピークが認められる。
 - シームS-11の延長上のM₁面段丘堆積物(分析結果のグラフ②～⑥)及びローム層(分析結果のグラフ⑦⑧)には, スメクタイトの有意な回折線ピークは認められない。
- 以上から, シームS-11のスメクタイトを生成した熱水変質は, その延長上のM₁面段丘堆積物及びローム層まで及んでいないと考えられる。



回折線ピーク凡例

- ▼ 石英
- ▼ 斜長石
- ▼ 緑泥石
- ▼ イライト
- ▼ ハロイサイト
- ▲ スメクタイト

粉末X線回折分析仕様

【試料作製条件】

- 水簸試料の定方位試料
- ガラス板塗布後, 室内風乾状態

【X線回折条件】

装置名	PANalytical X'Pert Pro
X線	CuKα (λ=1.54178Å)
電圧, 電流	40kV, 50mA
検出器	比例計数管 (Xe)
ステップサイズ	0.02°
走査速度	2° /min
スリット条件	DS: 15mm(auto) AS(SS): 15mm(auto) RS: 0.2mm

【計測値の処理】

0.1° 区間のcps移動平均値により
プロフィールをスムージング処理

図(6).14 シームS-11, その延長上のM₁面段丘堆積物及びローム層の粉末X線回折分析結果

(6) シームS-11近傍の粗粒凝灰岩中の鉍物脈の検討(8/8)

まとめ

シームS-11近傍の粗粒凝灰岩中の鉍物脈についての検討結果は以下のとおり。

- シームS-11近傍の粗粒凝灰岩中の鉍物脈には、熱水変質鉍物として網目状・ファイバー状のスメクタイト及び柱状のフィリップサイトが確認され、これらの鉍物は共生していることから、同時期の熱水変質作用により生成したと判断される(P.71～P.74参照)。
- シームS-11は上記の粗粒凝灰岩と近い層準に位置することから、上記鉍物脈の生成と同時期の熱水変質作用を受けたと考えられる(P.71参照)。
- スメクタイトはシームS-11に認められる。一方で、M₁面段丘堆積物には認められないことから、後期更新世より古い時代に生成したと判断される(P.75, 76参照)。

以上より、これら網目状・ファイバー状のスメクタイト及び柱状のフィリップサイトがシームS-11に認められる場合、それらは後期更新世より古い時代に生成したものと判断する。

後期更新世以降の活動が認められる箇所及び認められない箇所での観察結果

〔本編資料「4.1」に関する基礎データ〕

〔目的〕 後期更新世以降の活動が認められる箇所及び認められない箇所での最新面の性状の根拠となる基礎データを提示。

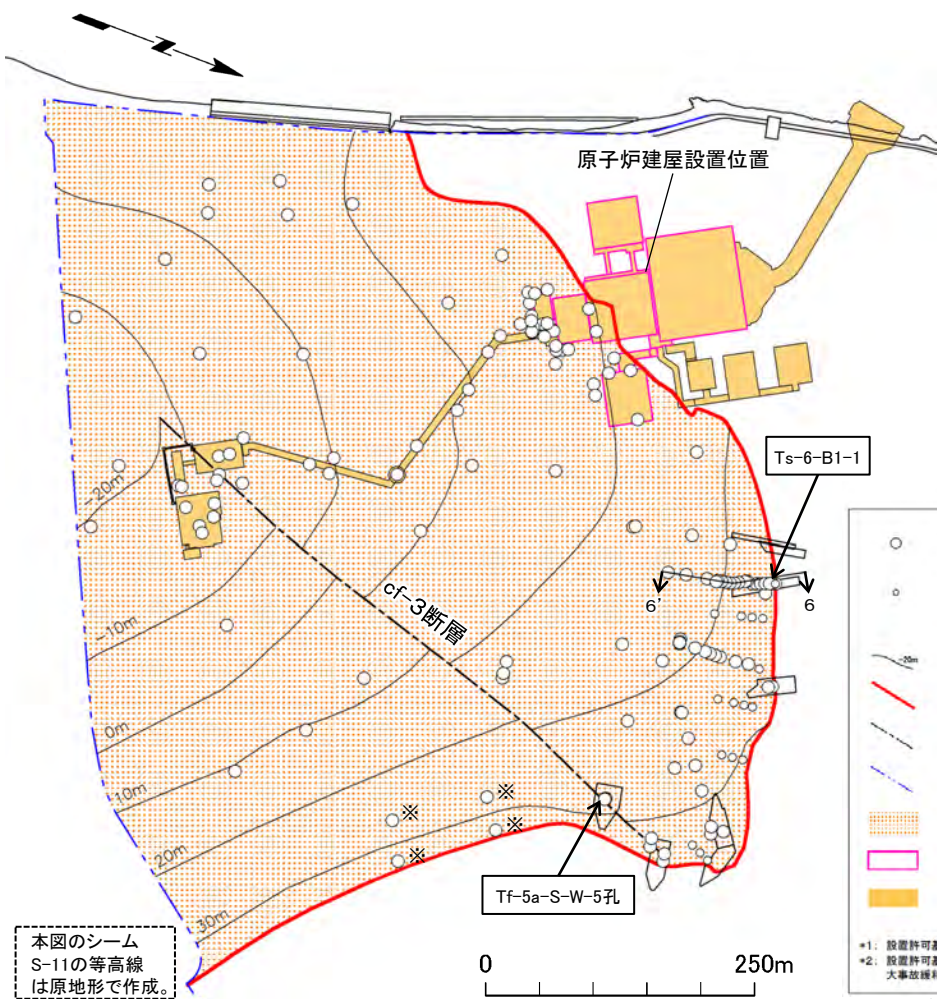
〔内容〕 CT画像観察・条線観察及びSEM観察結果を拡大して示す。

(7) 後期更新世以降の活動が認められる箇所及び認められない箇所での観察結果(2/8)

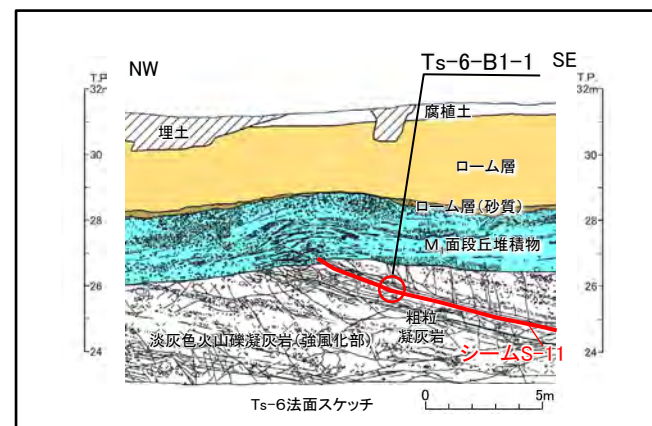


位置図

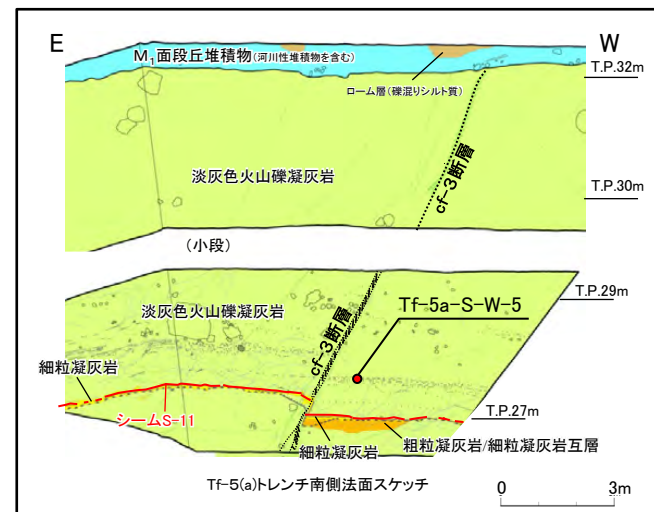
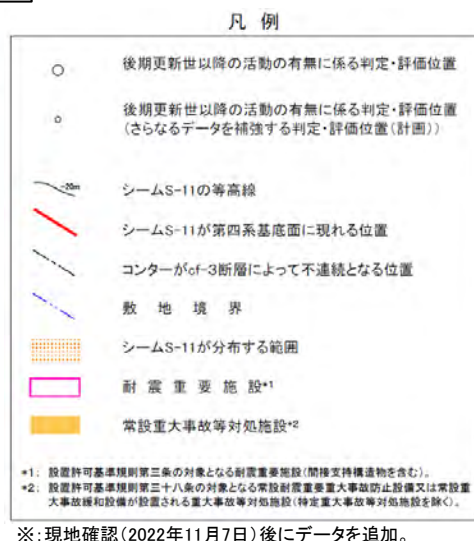
後期更新世以降の活動が認められる箇所(Ts-6-B1-1)及び認められない箇所(Tf-5a-S-W-5孔)でのCT画像観察・条線観察及びSEM観察結果をP.23に示した。次頁以降では個々のデータを示す。



図(7.1) 後期更新世以降の活動の有無の判定・評価位置



図(7.2) 後期更新世以降の活動が認められる箇所(Ts-6-B1-1)



図(7.3) 後期更新世以降の活動が認められない箇所(Tf-5a-S-W-5孔)

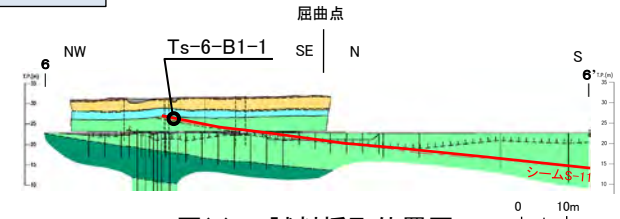
本図のシームS-11の等高線は原地形で作成。

(7) 後期更新世以降の活動が認められる箇所及び認められない箇所での観察結果(3/8)



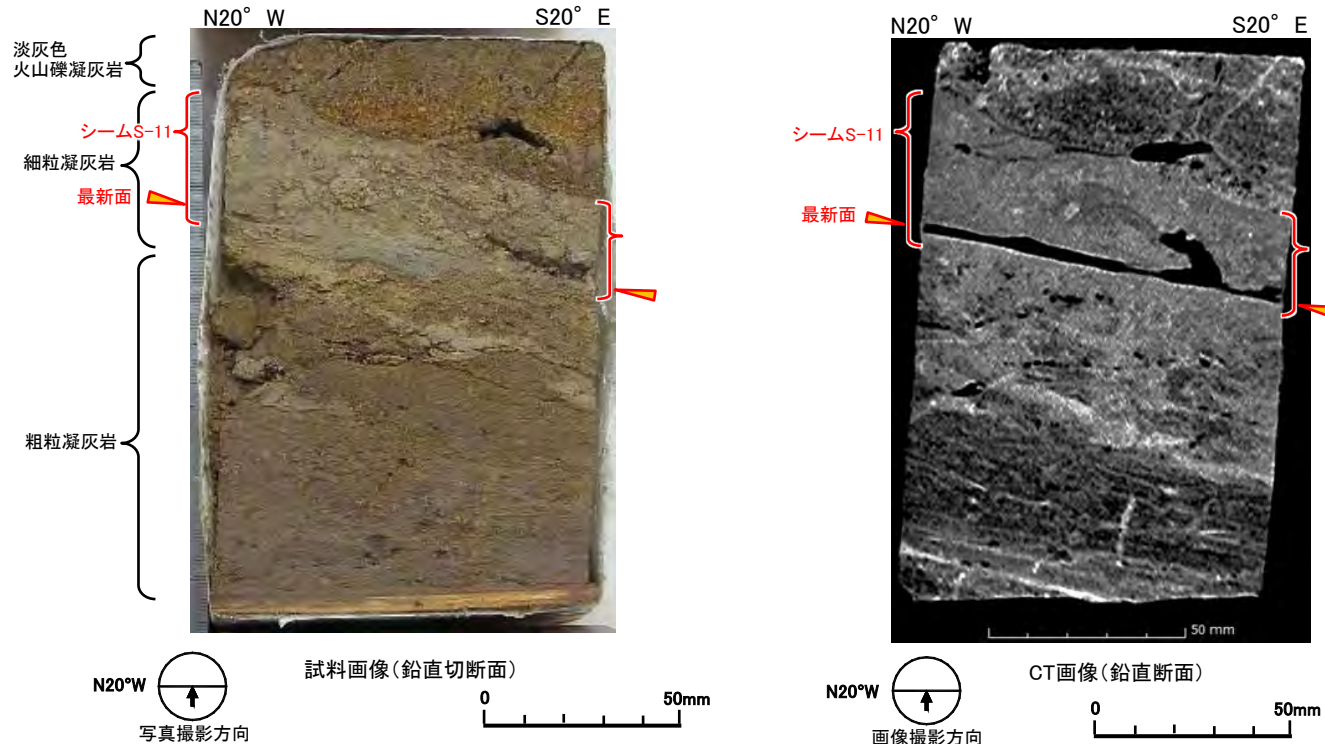
後期更新世以降の活動が認められる箇所(1/3):CT画像観察(最新面の認定)

CT画像観察により、連続性が良く、直線性及び平滑性が認められる面を最新面として認定した。



図(7.4) 試料採取位置図

注) 断面位置は、P.79参照。



図(7.5) 後期更新世以降の活動が認められる箇所(Ts-6-B1-1ブロック試料)

(7) 後期更新世以降の活動が認められる箇所及び認められない箇所での観察結果(4/8)

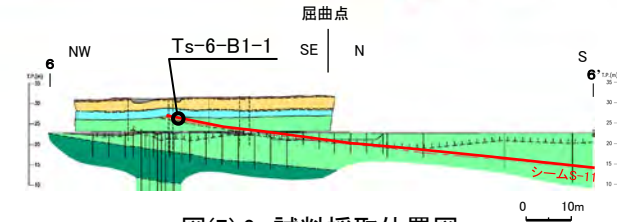


後期更新世以降の活動が認められる箇所(2/3):

条線観察[条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)・条線の明瞭度]

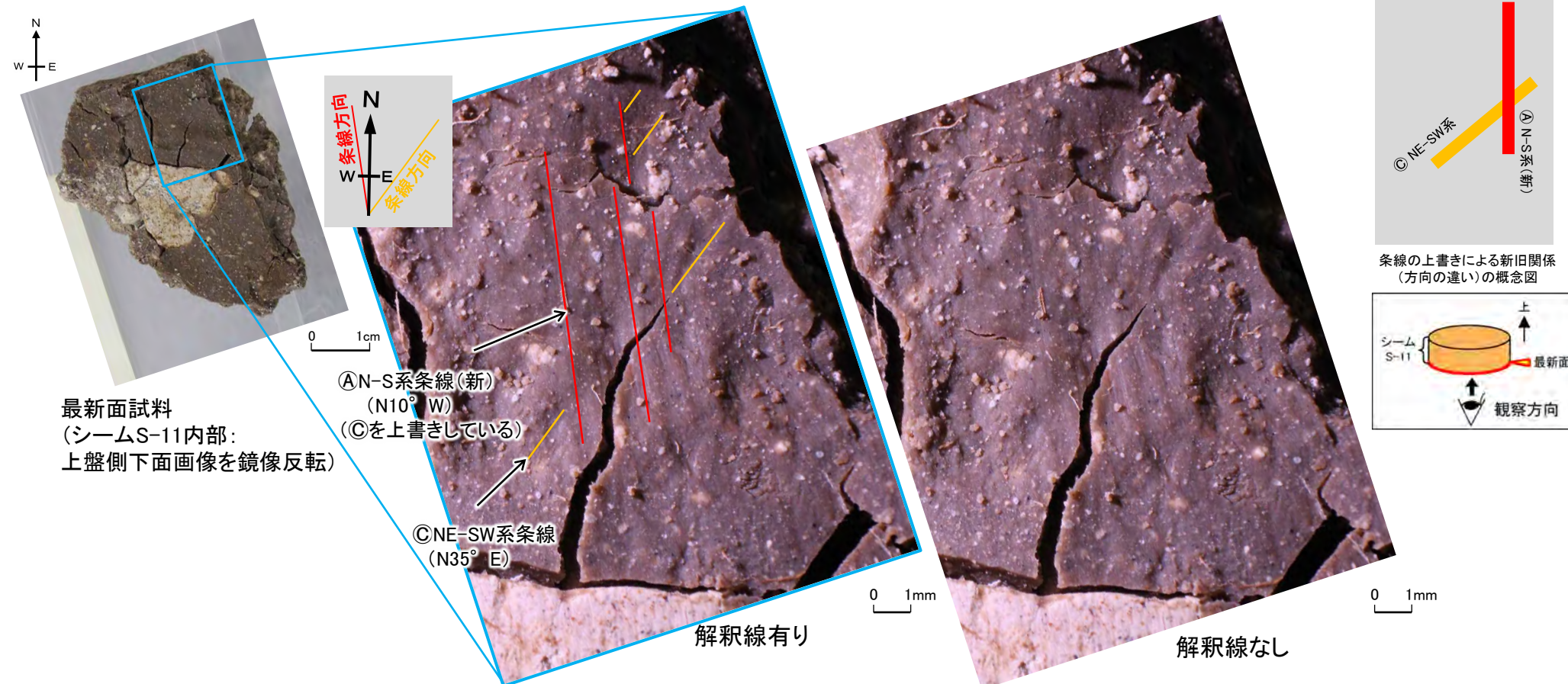
条線観察による条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)及び条線の明瞭度は以下のとおり。

- 他に上書きされていない条線方向は $N10^{\circ}W$ であり、N-S方向を示す。この方向は最新面の最大傾斜方向*に一致する。
- ①N-S系条線(新)($N10^{\circ}W$)が②NE-SW系条線($N35^{\circ}E$)を上書きしている。
- 条線の明瞭度は、最大長さが8.0mmで明瞭である。



図(7).6 試料採取位置図

注) 断面位置は、P.79参照。



図(7).7 後期更新世以降の活動が認められる箇所(Ts-6-B1-1ブロック試料)

* : シームS-11の最新面の最大傾斜方向は $N10^{\circ}E$ 。

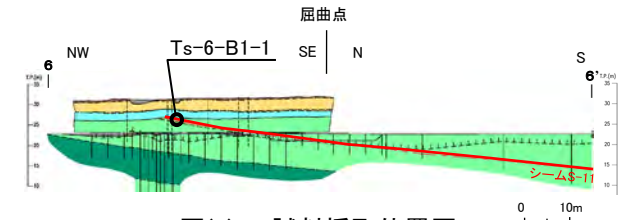
(7) 後期更新世以降の活動が認められる箇所及び認められない箇所での観察結果(5/8)



後期更新世以降の活動が認められる箇所(3/3): SEM観察(鉱物の形状)

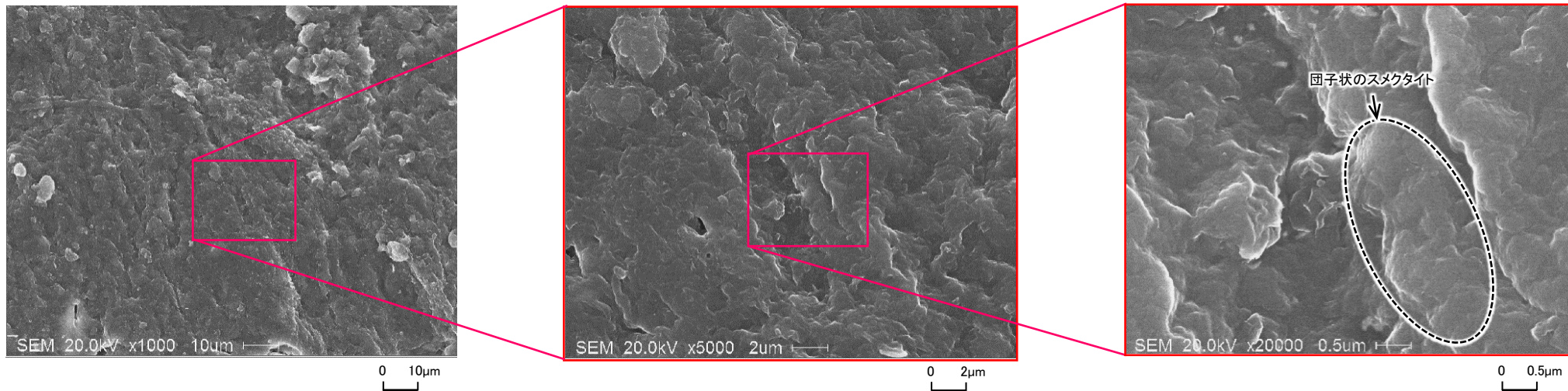
SEM観察による、シームS-11の最新面の鉱物の形状は以下のとおり。

- 網目状のス멕タイト、ファイバー状のス멕タイト及び柱状の自形鉱物は認められず、団子状のス멕タイトが認められる。
- 以上より、結晶形成以降に破壊されていると判断する。



図(7.8) 試料採取位置図

注) 断面位置は、P.79参照。



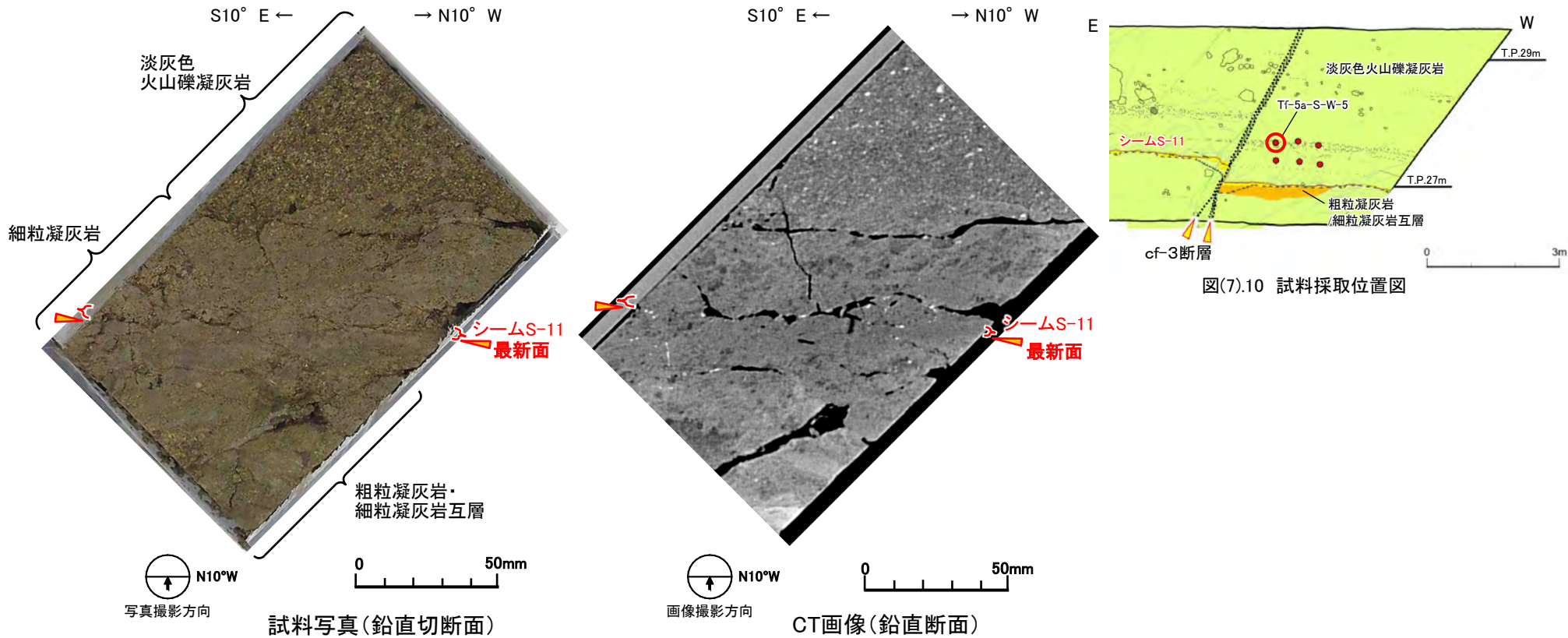
図(7.9) 後期更新世以降の活動が認められる箇所(Ts-6-B1-1ブロック試料)

(7) 後期更新世以降の活動が認められる箇所及び認められない箇所での観察結果(6/8)



後期更新世以降の活動が認められない箇所(1/3): CT画像観察(最新面の認定)

CT画像観察により、連続性が良く、直線性及び平滑性が認められる面を最新面として認定した。



図(7.11) 後期更新世以降の活動が認められない箇所(Tf-5a-S-W-5孔 深度1.10m)

(7) 後期更新世以降の活動が認められる箇所及び認められない箇所での観察結果(7/8)



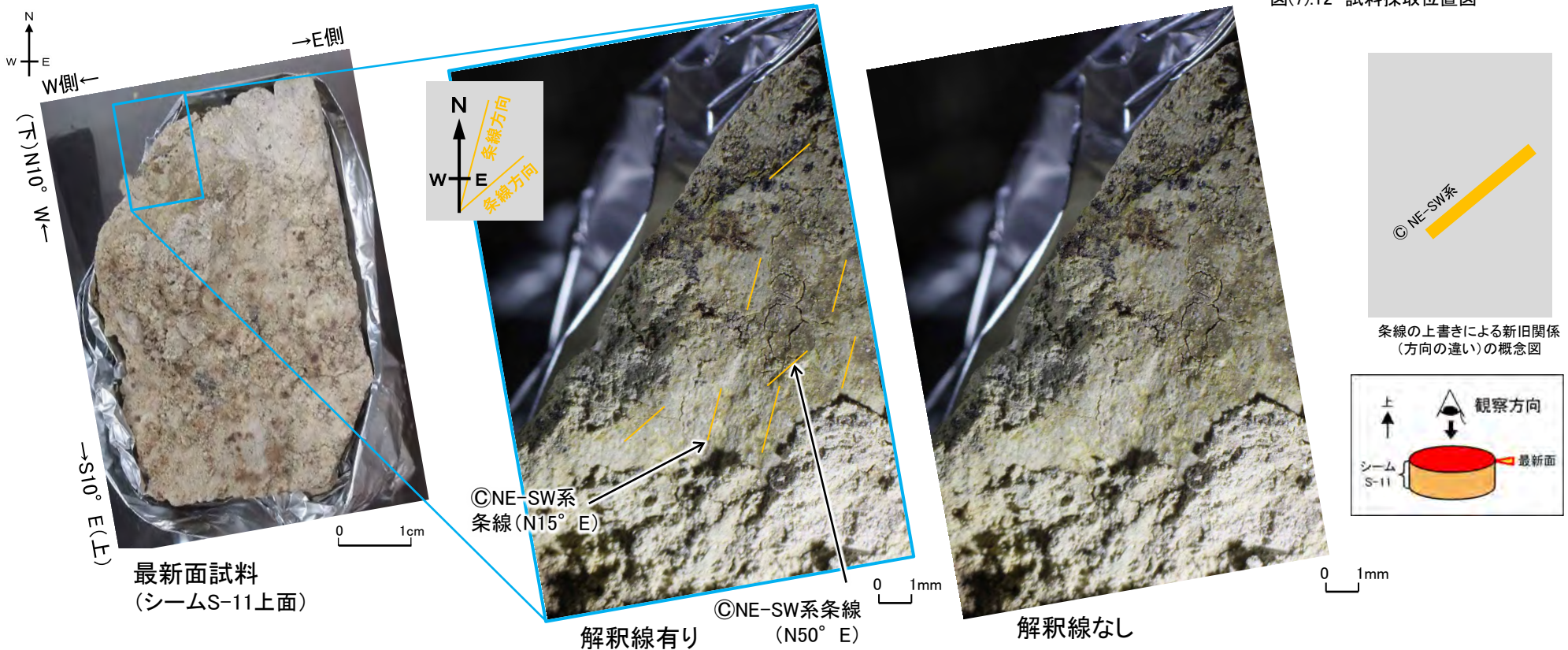
後期更新世以降の活動が認められない箇所(2/3):
 条線観察[条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)・条線の明瞭度]

条線観察による条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)及び条線の明瞭度は以下のとおり。

- 他に上書きされていない条線方向はN15° E及びN50° Eであり、シームS-11の走向を考慮すると最新面の最大傾斜方向*に一致しない。
- 条線の明瞭度は、最大長さが1.7mmで不明瞭である。



図(7.12) 試料採取位置図



図(7.13) 後期更新世以降の活動が認められない箇所(Tf-5a-S-W-5孔 深度1.10m)

* :シームS-11の最新面の最大傾斜方向はN18° W。

(7) 後期更新世以降の活動が認められる箇所及び認められない箇所での観察結果(8/8)

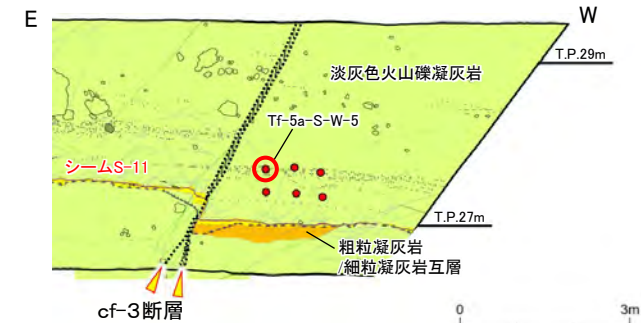


後期更新世以降の活動が認められない箇所(3/3): SEM観察(鉱物の形状)

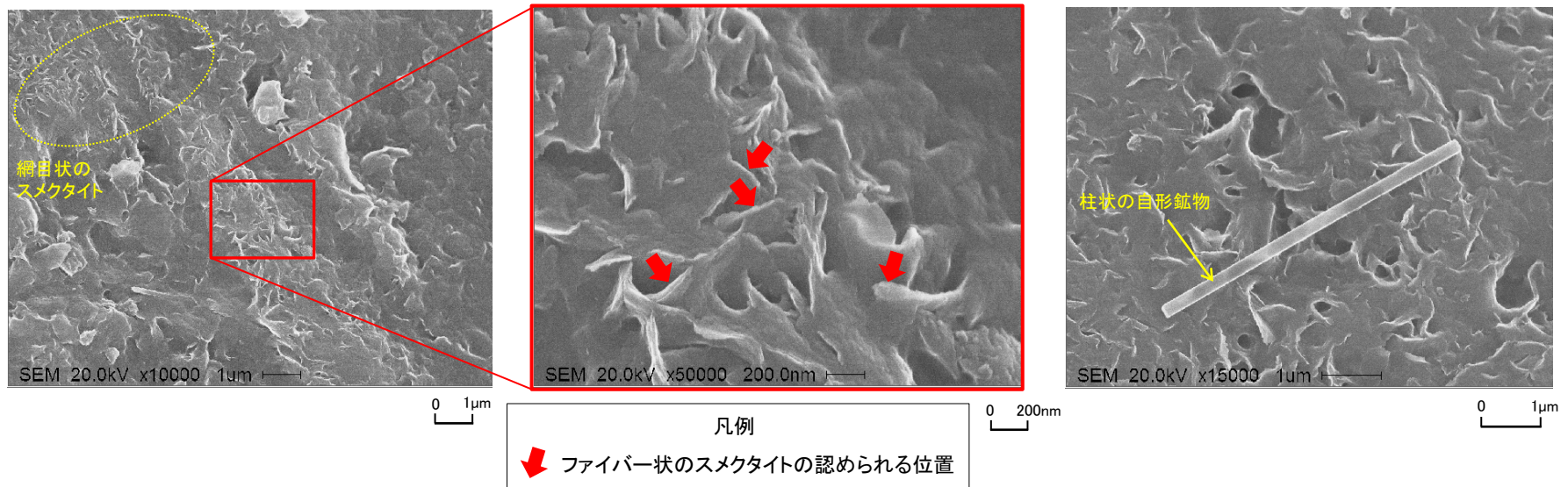
SEM観察による, シームS-11の最新面の鉱物の形状は以下のとおり。

- 網目状のス멕タイトが認められる。
- ファイバー状のス멕タイトが認められる。
- 柱状の自形鉱物が認められる。

以上より, 結晶形成時の形状が保存されていると判断する。



図(7).14 試料採取位置図



図(7).15 後期更新世以降の活動が認められない箇所(Tf-5a-S-W-5孔 深度1.10m)

1. 田中義浩・亀高正男・岡崎和彦・鈴木一成・瀬下和芳・青木和弘・島田耕史・渡邊貴央・中山一彦(2018):断層面の形態観察に基づく断層活動性評価手法の検討, 応用地質, vol.59, No.1, pp.13-27
2. 伊藤谷生(1990):断層運動に伴う浅所一地表部の変形過程, 構造地質, vol.35, pp.92-93
3. 田中姿郎・蒲池孝夫・相山光太郎(2014):断層の最新活動面を対象とした表面構造観察と鉱物分析, 日本地質学会学術大会講演要旨 2014, p.574
4. ICDD (2015):PDF-4+ 2015 (Database), edited by Dr. Soorya Kabekkodu, International Centre for Diffraction Data, Newtown Square, PA, USA.
5. Rhouta, B., Kaddami, H., Elbarqy, J., Amjoud, M., Daoudi, L., Maury, F., Senocq, F., Maazouz, A. and Gerard, J.F. (2008): Elucidating the crystal-chemistry of Jbel Rhassoul stevensite (Morocco) by advanced analytical techniques, Clay Minerals, 43, pp.393-404
6. Nakata, E., Yukawa, M., Okumura, H. and Hamada, M. (2019): K-Ar dating by smectite extracted from bentonite formations, E3S Web of Conferences, Vol.98, p.12015, EDP Sciences.
7. Gottardi, G. and Galli, E. (1985): Natural Zeolites, Minerals and Rocks Vol.18, Springer-Verlag, p.140