

本資料のうち、枠囲みの内容は営業秘密  
又は防護上の観点から公開できません。

# 敦賀発電所2号炉 敷地の地形，地質・地質構造について (コメント回答)

令和3年7月16日  
日本原子力発電株式会社

余白

## 敦賀発電所2号炉 敷地の地形、地質・地質構造に関する主要な論点

No.	主要な論点(平成28年2月4日 第326回審査会合)
3	浦底断層の活動に伴う、敷地内破碎帯の変位等に関する調査・評価結果を説明すること。
4	敷地内破碎帯について、評価対象としている破碎帯(D-1破碎帯, D-5破碎帯, D-6破碎帯, H-3a破碎帯, D-14破碎帯)に関わる調査・評価のデータのみならず、その代表性が適切であることを判断するため、破碎帯の全ての調査・評価結果を説明すること。
5	敷地内のD-1 トレンチ内に認められるK断層の活動性及び原子炉建屋直下を通過する破碎帯との連続性等の調査・評価結果を従前の説明に加えて申請時の最新知見に照らして説明すること。

余白



## 敦賀発電所2号炉 敷地の地形、地質・地質構造に関するコメント【本日説明分】

No.	日付	回次	コメント内容	回答骨子
18	平成30年 11月30日	第657回 審査会合	連続性評価の判断根拠となるエビデンスや評価の考え方の詳細について、根拠と評価の関連性がより分かりやすくなるよう資料の構成を工夫すること。	No.31に含めて回答。
31	令和2年 6月4日	第865回 審査会合	<p>調査会社の報告書柱状図を起点として申請書柱状図でどのような変更があったのかを分かりやすく整理すること。申請書柱状図で反映すべきデータを明確にすること。(①)</p> <p>調査会社の報告書柱状図の肉眼観察結果を一次データとして柱状図に残すこと。(②)</p> <p>審査資料においては、断層岩区分の評価として固結、未固結との用語は使用せずに、カタクレーサイト、断層ガウジ等の用語を用いること。(③)</p>	<p>①について： 報告書柱状図と申請書柱状図の記事欄について、記載項目に着目した比較を行うとともに、今後の審査で提示する柱状図の記事欄に記載する項目を示した。</p> <p>①～③について： 柱状図は一次データの記載とする。 シームの記載や破砕部の見直しなどコアの再観察結果については、柱状図ではなく、再観察結果として取りまとめる。断層岩区分の評価結果は、カタクレーサイト、断層ガウジ等の用語を用いる。 柱状図、肉眼観察による再観察結果、薄片観察結果という観察・評価の流れに基づく資料構成とし、破砕部の深度情報によって各資料を紐づけて、破砕部の評価の変遷が追えるようにする。 破砕部の性状の一覧として、性状一覧表に取りまとめる。 (第916回審査会合においてご説明)</p> <p>上記の方針に基づき、K断層の連続性評価に関わる10孔のボーリングに関して、以下の通り具体的な資料を作成した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ボーリング柱状図はボーリングコアの肉眼観察による一次データの記載のみとした。</li> <li>・ボーリングコアの再観察した結果や薄片観察結果はボーリング柱状図とは別の資料として取りまとめた。</li> <li>・断層岩区分の評価結果については、カタクレーサイト、断層ガウジ等の用語を用いた。</li> </ul> <p>これらの資料間で、破砕部の確認位置(ボーリング孔及び深度)により紐づけを行うことにより、連続性評価に必要な破砕部の性状に関わるエビデンスが追えるようにした。</p> <p>その他のボーリングに関しては、同様の資料として取りまとめ、今後提出する。</p>

## 敦賀発電所2号炉 敷地の地形、地質・地質構造に関するコメント【本日説明分】

No.	日付	回次	コメント内容	回答骨子
32	令和2年 6月4日	第865回 審査会合	誤記については過去分も含めてリスト化して整理し、変位センス等の破砕部性状については観察結果等のエビデンスと紐づけした資料として提示すること。	誤記一覧表として整理し、破砕部の性状に係る誤記についてエビデンス資料との関係を整理した。
34	令和2年 10月30日	第916回 審査会合	今後提出する資料においては、観察方法を明示し、評価が変更になる場合はその理由も含めて分かりやすく示すこと。	審査資料において、観察結果や評価結果については観察方法を明示した。 断層岩区分の評価等、評価が変更になった場合は、観察方法、判断基準等も含めて、変更の理由を明記した。
35	令和2年 10月30日	第916回 審査会合	コア観察カードの記載に×印が付いている記事について、×印が付いた理由を整理すること。	第916回審査会合にて提示したボーリング柱状図の元データに記載されていた×印(3箇所)について、記載された理由を整理した。
19	平成30年 11月30日	第657回 審査会合	C.パスキエ, R.トゥロウ(1999)の文献については、原文を確認するとともに、事業者が加筆した箇所が分かる表記とすること。	原文を再度確認し断層岩の記述(定義)について表現を見直した。 また、当社が加筆した箇所が分かる表記とした。 さらに、引用文献を改訂版であるPasschier and Trouw(2005)に変更した。 (第833回審査会合においてご説明, 今回再説明)
25	令和元年 8月23日	第758回 審査会合	K断層の連続性評価及び活動性評価は追加調査結果を待たずに議論できる部分であることから、記載の不備を適正化した上で優先的に説明すること。	第783回審査会合に説明した記載の不備を踏まえ、改めてK断層がD-1トレンチの南方に連続するか否かについて検討した。 検討に用いるデータについては、第833回審査会合までに追加観察又は追加データの取得を行った。 (第833回審査会合においてご説明, 今回再説明)
36	令和2年 10月30日	第916回 審査会合	K断層の連続性評価を優先して説明すること。	今回、薄片観察による断層岩区分の評価の信頼性をより向上させるため、断層岩に関する追加の文献調査を行い、これらの追加した文献も踏まえた薄片観察による断層岩区分の追加観察を行った。 連続性評価の結果、K断層の南方にK断層と類似する性状の破砕部は無く、南方に連続しないことから、K断層は重要施設直下に連続する破砕帯ではないと判断した。

## 敦賀発電所2号炉 敷地の地形, 地質・地質構造に関するコメント【本日説明分】

No.	日付	回次	コメント内容	回答骨子
28	令和2年 2月7日	第833回 審査会合	柱状図記事欄の肉眼観察結果の変更の経緯を説明すること。 柱状図記事欄には本来何を記載すべきなのかを明確にすること。 事業者として何をあらためるのかを明確にすること。	これまでの経緯・背景を整理し, 今回の事態に至った原因を抽出した。今後の対策について説明。 (第835回審査会合, 第865回審査会合においてご説明) (原子力規制検査で対応)
	令和2年 2月14日	第835回 審査会合		
33	令和2年 6月4日	第865回 審査会合	総点検の体制, 不適合管理の内容について示すこと。 原因分析が表面的に見えるので, 更に深掘りして検討すること。	総点検の体制, 不適合管理の内容, 追加の原因分析の結果等について説明。 (第916回審査会合においてご説明) (原子力規制検査で対応)

余白

# 目次

1. 説明方針について.....	11
2. 資料の作成方針等に関するコメント回答.....	17
3. K断層の連続性評価について.....	31
4. 参考文献.....	203
5. コメント一覧.....	205

余白

# 1. 説明方針について

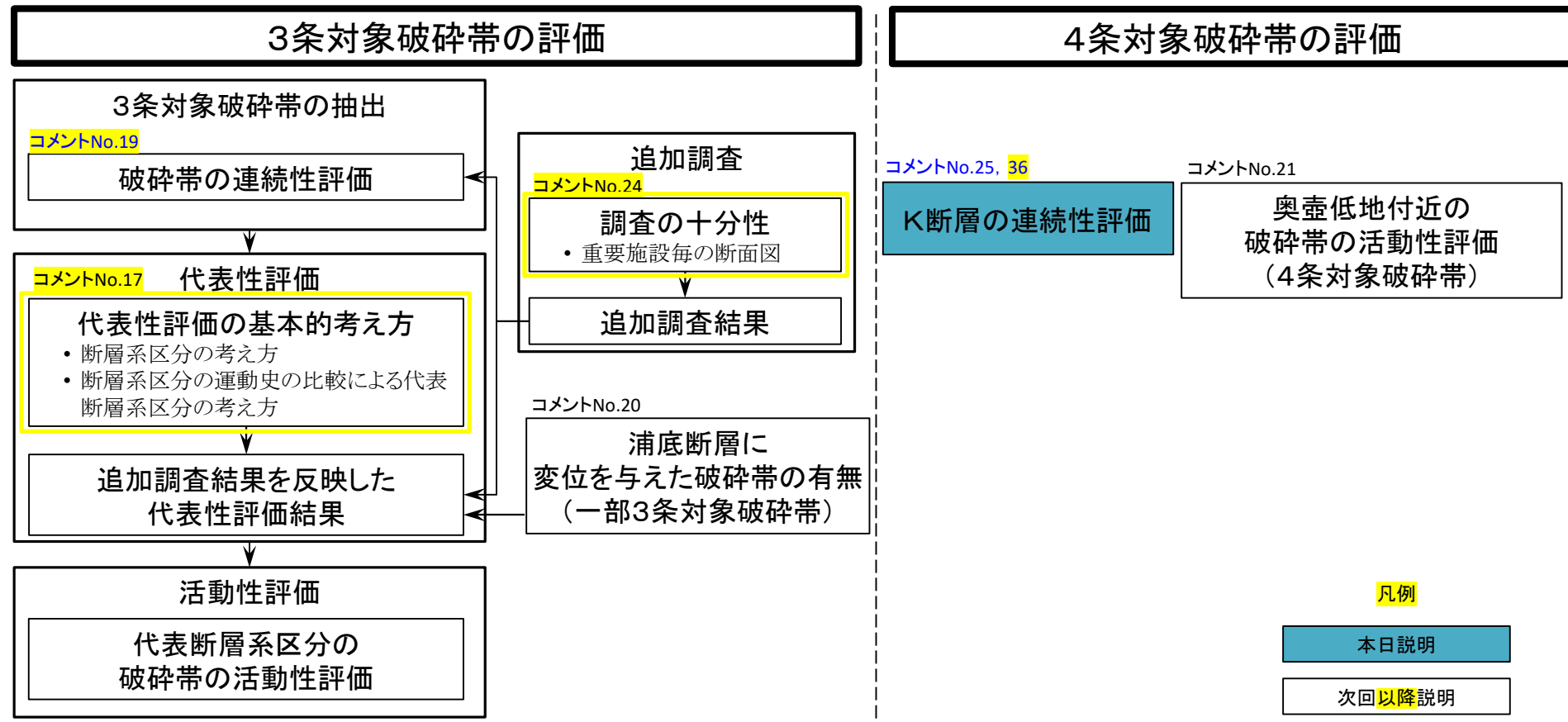
## 説明方針について

- 第833回審査会合(令和2年2月7日)でのボーリング柱状図記事欄の書換えに関するご指摘等を踏まえ、以下の基本的考え方、手順により、審査資料を作成した。  
(書換えに関する根本原因分析等を別途実施中であり、原子力規制検査で対応中)
  - ・ボーリング柱状図は、コアの肉眼観察による一次データのみ記載とした。
  - ・ボーリングコアの再観察した結果や薄片観察結果は柱状図とは別の資料として取りまとめ、破碎帯の連続性評価等の後段の評価のための資料として取りまとめた。
    - ボーリング柱状図・コア写真
    - ボーリングコアの再観察結果
    - 薄片観察結果
    - 性状一覧表(今回は本編資料に含めている)
    - 本編資料
  - ・審査資料の作成に当たっては、調達管理、設計図書(審査資料)の設計開発等に関わる品質保証プロセスを確実に実施した。
  - ・また、これまでの審査資料に記載の不備(誤記等)に関する不適合がたびたび発生したことを踏まえ、共通原因の分析を行った。その結果を受けた是正処置を講じて資料を作成した。
- 第916回審査会合(令和2年10月30日)でのご確認を受けて、「K断層の連続性」について審査いただく。  
この審査のために、第833回審査会合で提示しているK断層とK断層の南方延長にある10本のボーリングに関わるデータについて審査資料として取りまとめた。
- 残りのボーリング等に関わるデータについては、今後の破碎帯の連続性評価、代表性評価の審査の際に取りまとめて提出する。



# 説明方針について

- 敷地の地質・地質構造評価の説明については、これまでの審査状況を踏まえ、「3条対象破砕帯の抽出」、「代表性評価」、「活動性評価」の順で行うことで考えている。
- このうち、「3条対象破砕帯の抽出」については、現在実施中の追加調査結果を反映する必要があるため、「K断層の連続性評価」を先行して説明する。
- 第833回審査会合においてご説明した「調査の十分性」及び「代表性評価の基本的考え方」については、次回以降の審査会合で改めて説明する。
- 「追加調査結果を反映した代表性評価結果」と「活動性評価」については、両者を併せて説明する。
- 「浦底断層に変位を与えた破砕帯の有無（一部3条対象破砕帯）」については、代表性評価に含めて説明する。
- 「奥壺低地付近の破砕帯の活動性評価（4条対象破砕帯）」については、3条対象破砕帯と同様の性状であることから、3条対象破砕帯の代表性評価の審議結果を踏まえて、これらの破砕帯の活動性評価についても説明する。

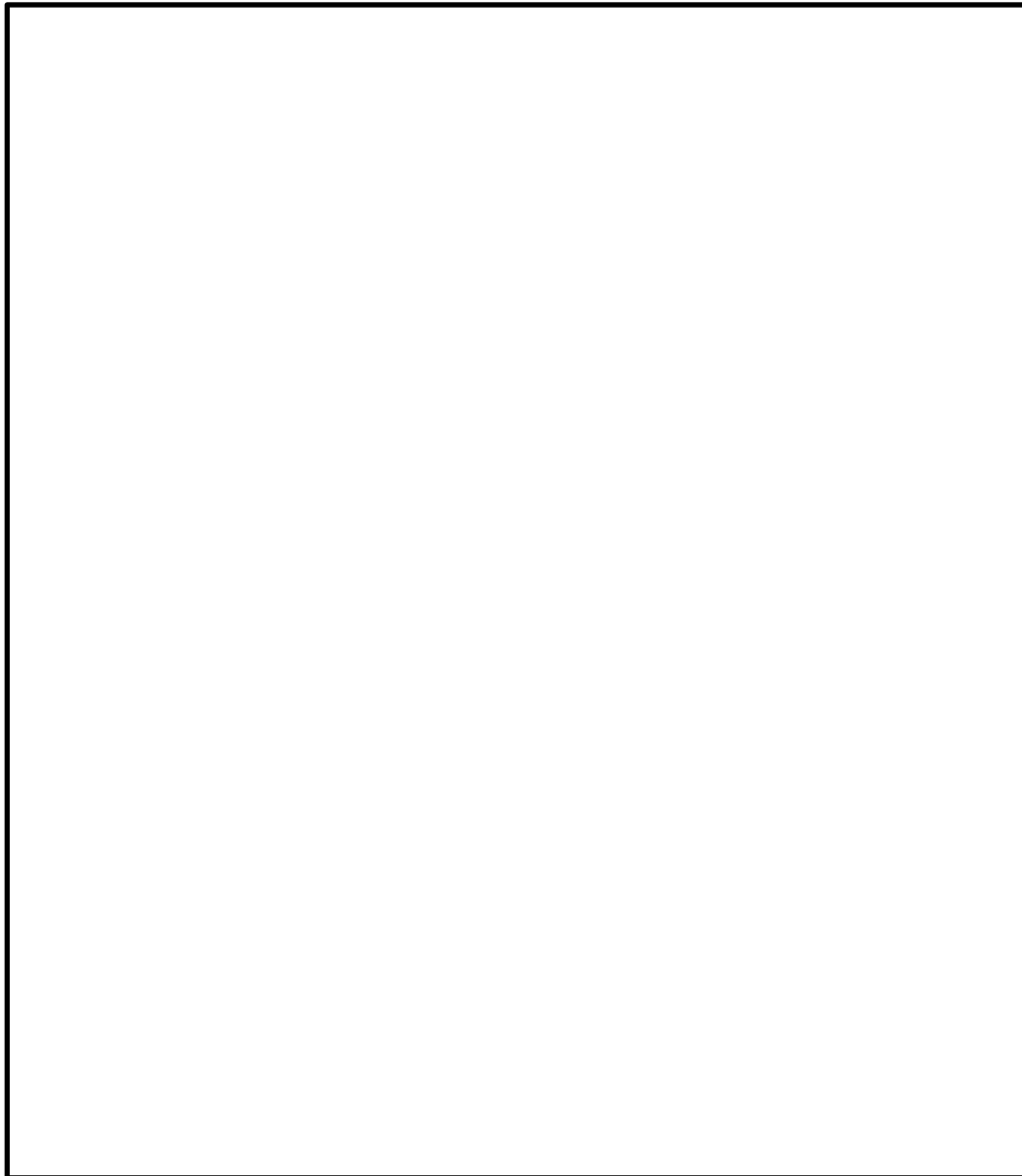


# (参考)これまでの説明とコメント対応

項目	これまでのコメントを踏まえた当社の説明等 <small>審査会合の回次</small>	コメントNo	対応
追加調査計画	● 調査範囲(破碎帯分布密度が低い範囲) <small>第657回</small>	—	次回以降説明
	○ ボーリング配置計画 <small>第758回</small>	24	
連続性評価	● 連続性評価基準 <small>第536回, 第597回, 第657回</small>	—	追加調査結果を踏まえて評価。  今回説明
	○ 連続性評価結果	—	
	○ K断層の連続性評価 K断層とK断層南方の破碎部の性状は類似せず連続しない。 <small>第536回, 第833回</small>	25,36	
代表性評価	○ 基本的考え方	17	次回以降説明
	○ 代表性評価結果	—	追加調査結果を踏まえて評価。
活動性評価	○ 代表破碎帯の活動性評価	17	追加調査結果を踏まえて評価。
	○ 浦底断層に変位を与えた破碎帯の有無(一部3条対象破碎帯) 破碎帯の連続性と広域応力場の観点から、浦底断層に変位を与えた破碎帯はない。 <small>第536回, 第597回, 第657回</small>	20	これらの破碎帯については代表性評価を踏まえて活動性を評価。
	○ 奥壺低地付近の破碎帯の活動性評価(4条対象破碎帯) 破碎帯に対応するリニアメントや構造運動を示唆する岩盤上面の形状は認められない。 地層の堆積年代及び海水準変動から整理した結果、奥壺低地の堆積物の堆積構造は初生的であり破碎帯の活動によるものではない。 <small>第597回, 第657回</small>	21	これらの破碎帯については代表性評価を踏まえて活動性を評価。

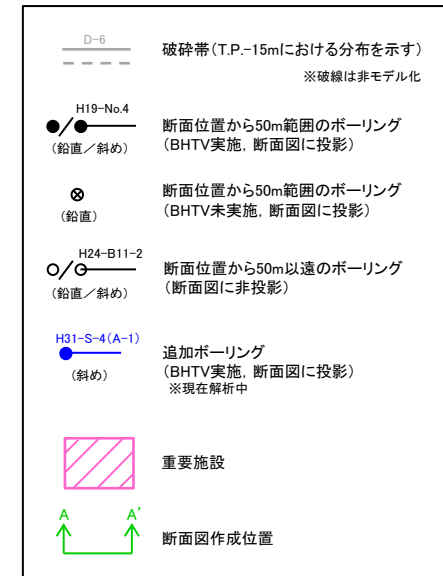
●:説明済み ○:コメント対応中 ○:今後説明

(参考)調査の十分性について(重要施設毎の地質断面図)



- 原子炉補機冷却海水取水路の南側で実施した追加調査の結果も踏まえ、配置を見直した重要施設(緊急時対策所及びその周囲の重要施設)について、調査の十分性を検討するために重要施設と地質・地質構造の関係を断面図に示した。なお、青色で示した追加ボーリング(括弧内は第758回審査会合での呼称)は現在解析中であり、これらの結果も踏まえて、地質・地質構造評価を行う。
- 民間技術指針を参考に各断面位置から約50mの範囲にあるボーリング孔を断面図に示した。
- いずれの重要施設も追加調査に挟まれた範囲に位置しており、また、その他にも施設の近傍に複数のボーリング孔が配置されている。

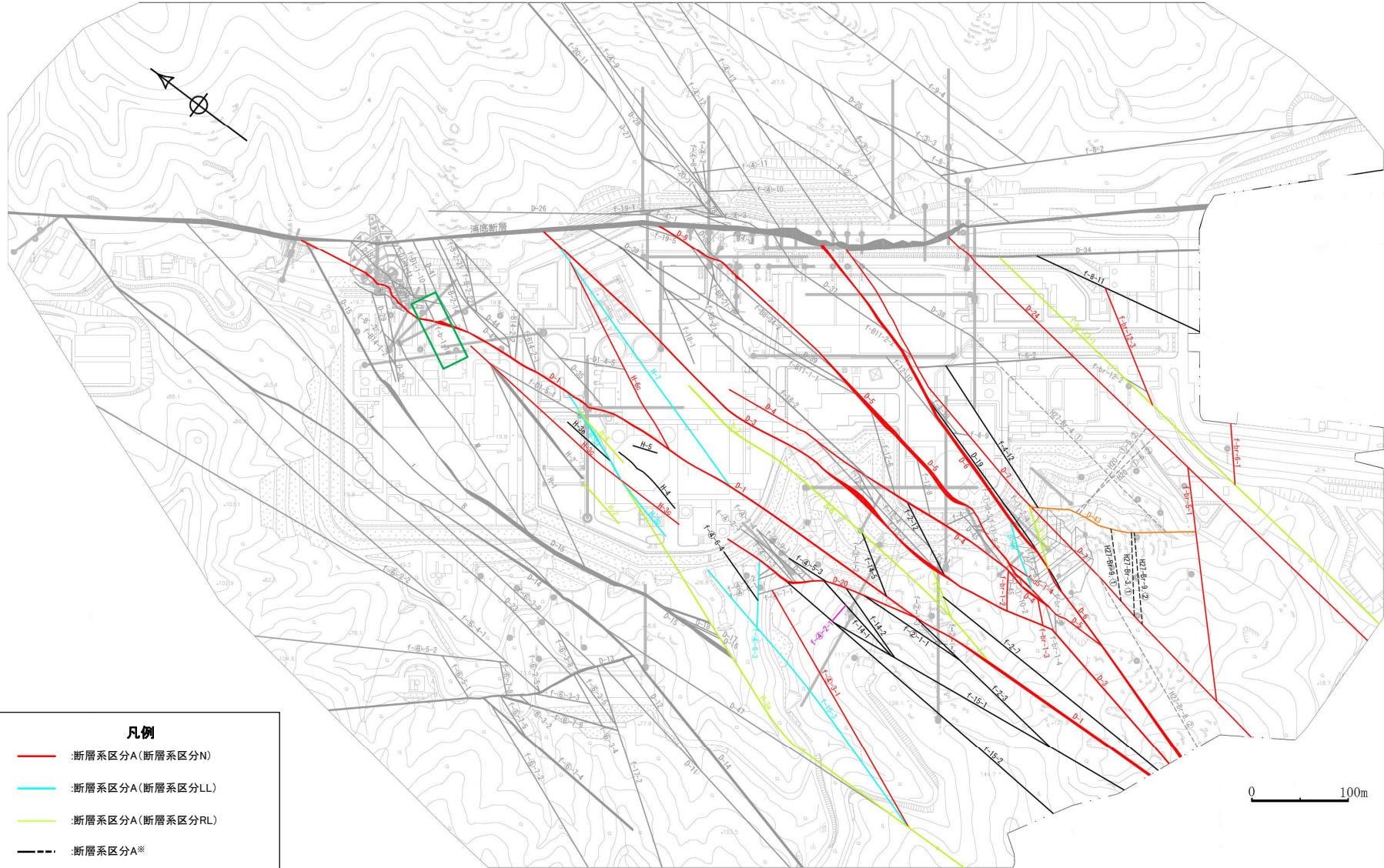
今回資料は、上記の断面図は省略



断面図作成位置図

枠囲みの内容は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

## (参考) 2. 破碎帯の断層系区分



**凡例**

- (Red line) :断層系区分A(断層系区分N)
- (Cyan line) :断層系区分A(断層系区分LL)
- (Green line) :断層系区分A(断層系区分RL)
- - - (Black dashed line) :断層系区分A※
- (Magenta line) :断層系区分B※
- (Orange line) :断層系区分C※
- - - (Grey dashed line) :4条対象破碎帯又はカタクレーサイトからなる3条対象破碎帯

破線は非モデル化

破碎帯の断層系区分図

※最新活動面の運動方向に関するデータについては、追加調査により拡充していく。

## 2. 資料の作成方針等に関するコメント回答

No.	日付	回次	コメント内容	回答骨子
18	平成30年 11月30日	第657回 審査会合	連続性評価の判断根拠となるエビデンスや評価の考え方の詳細について、根拠と評価の関連性がより分かりやすくなるよう資料の構成を工夫すること。	No.31に含めて回答。
31	令和2年 6月4日	第865回 審査会合	<p>調査会社の報告書柱状図を起点として申請書柱状図でどのような変更があったのかを分かりやすく整理すること。申請書柱状図で反映すべきデータを明確にすること。(①)</p> <p>調査会社の報告書柱状図の肉眼観察結果を一次データとして柱状図に残すこと。(②)</p> <p>審査資料においては、断層岩区分の評価として固結、未固結との用語は使用せずに、カタクレーサイト、断層ガウジ等の用語を用いること。(③)</p>	<p>①について： 報告書柱状図と申請書柱状図の記事欄について、記載項目に着目した比較を行うとともに、今後の審査で提示する柱状図の記事欄に記載する項目を示した。</p> <p>①～③について： 柱状図は一次データの記載とする。 シームの記載や破砕部の見直しなどコアの再観察結果については、柱状図ではなく、再観察結果として取りまとめる。断層岩区分の評価結果は、カタクレーサイト、断層ガウジ等の用語を用いる。 柱状図、肉眼観察による再観察結果、薄片観察結果という観察・評価の流れに基づく資料構成とし、破砕部の深度情報によって各資料を紐づけて、破砕部の評価の変遷が追えるようにする。 破砕部の性状の一覧として、性状一覧表に取りまとめる。 (第916回審査会合においてご説明)</p> <p>上記の方針に基づき、K断層の連続性評価に関わる10孔のボーリングに関して、以下の通り具体的な資料を作成した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ボーリング柱状図はボーリングコアの肉眼観察による一次データの記載のみとした。</li> <li>・ボーリングコアの再観察した結果や薄片観察結果はボーリング柱状図とは別の資料として取りまとめた。</li> <li>・断層岩区分の評価結果については、カタクレーサイト、断層ガウジ等の用語を用いた。</li> </ul> <p>これらの資料間で、破砕部の確認位置(ボーリング孔及び深度)により紐づけを行うことにより、連続性評価に必要な破砕部の性状に関わるエビデンスが追えるようにした。</p> <p>その他のボーリングに関しては、同様の資料として取りまとめ、今後提出する。</p>

No.	日付	回次	コメント内容	回答骨子
32	令和2年 6月4日	第865回 審査会合	誤記については過去分も含めてリスト化して整理し、変位センス等の破碎部性状については観察結果等のエビデンスと紐づけした資料として提示すること。	誤記一覧表として整理し、破碎部の性状に係る誤記についてエビデンス資料との関係を整理した。
34	令和2年 10月30日	第916回 審査会合	今後提出する資料においては、観察方法を明示し、評価が変更になる場合はその理由も含めて分かりやすく示すこと。	審査資料において、観察結果や評価結果については観察方法を明示した。 断層岩区分の評価等、評価が変更になった場合は、観察方法、判断基準等も含めて、変更の理由を明記した。

余白



## 資料の作成方針について

第833回審査会合でのボーリング柱状図記事欄の書換えに関するご指摘等を踏まえ、以下の基本的考え方により、資料を取りまとめた。

今回は、K断層の連続性評価に関わるK断層南方延長の10孔のボーリングに関わるデータについて取りまとめており、その他のボーリング等については、今後の審査会合において提出する。

### ■ボーリング柱状図

・ボーリング柱状図は、コアの肉眼観察による一次データの記載のみとした。補足説明資料1参照。

### ■ボーリングコアの再観察資料

- ・ボーリング柱状図作成後に実施した肉眼観察結果はボーリング柱状図とは別の資料として取りまとめた。
- ・破砕部範囲の見直し、節理等の破砕部としていない箇所の説明及び断層岩区分の評価結果を再観察資料として補足説明資料2に示す。

### ■薄片観察結果

・薄片観察による変位センス及び断層岩区分の評価結果を取りまとめた。補足説明資料3参照。

### ■性状一覧表

・以上の評価を踏まえ、後段の連続性評価に用いる破砕部性状(確認箇所、走向・傾斜、断層岩区分の評価、変位センス等)の一覧表として取りまとめた。今回は本編資料に含めて説明する。

### ■誤記一覧表

・第865回審査会合以降に抽出した審査資料に係る誤記等について、一覧表として整理し、破砕部の性状に係る誤記について上記のエビデンス資料との紐づけを行った。補足説明資料4参照。

以上の資料において、断層岩区分の評価結果は、カタクレーサイト、断層ガウジ等の用語を用いた。

これらの資料間で、破砕部の確認位置(ボーリング孔及び深度)により紐づけを行うことにより、連続性評価に必要な破砕部の性状に関わるエビデンスが追えるようにした。

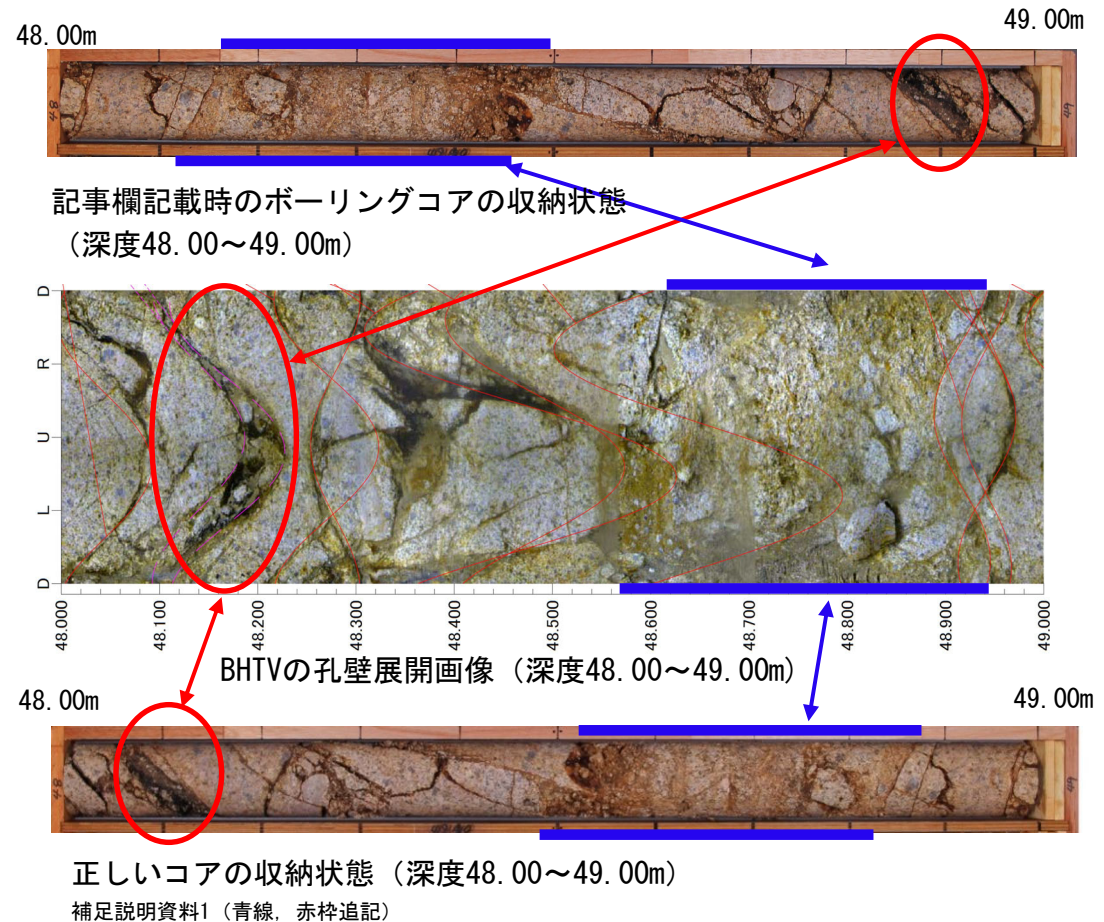
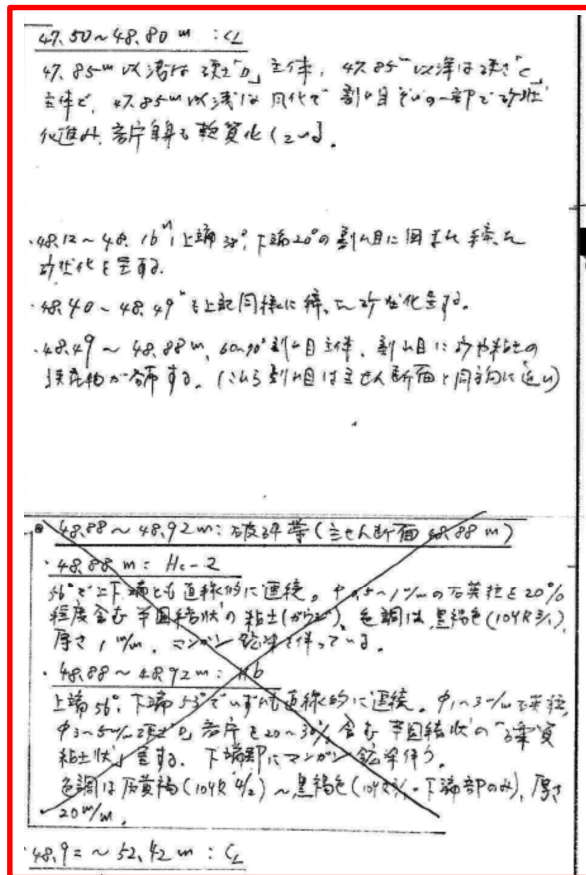
また、本編も含む各審査資料において、観察結果や評価結果については観察方法を確実に明示した。断層岩区分の評価等、評価が変更になった場合は、観察方法、判断基準等も含めて、変更の理由を明記した。

余白

No.	日付	回次	コメント内容	回答骨子
35	令和2年 10月30日	第916回 審査会合	コア観察カードの記載に×印が付いている記事について、×印が付いた理由を整理すること。	第916回審査会合にて提示したボーリンク柱状図の元データに記載されていた×印(3箇所)について、記載された理由を整理した。

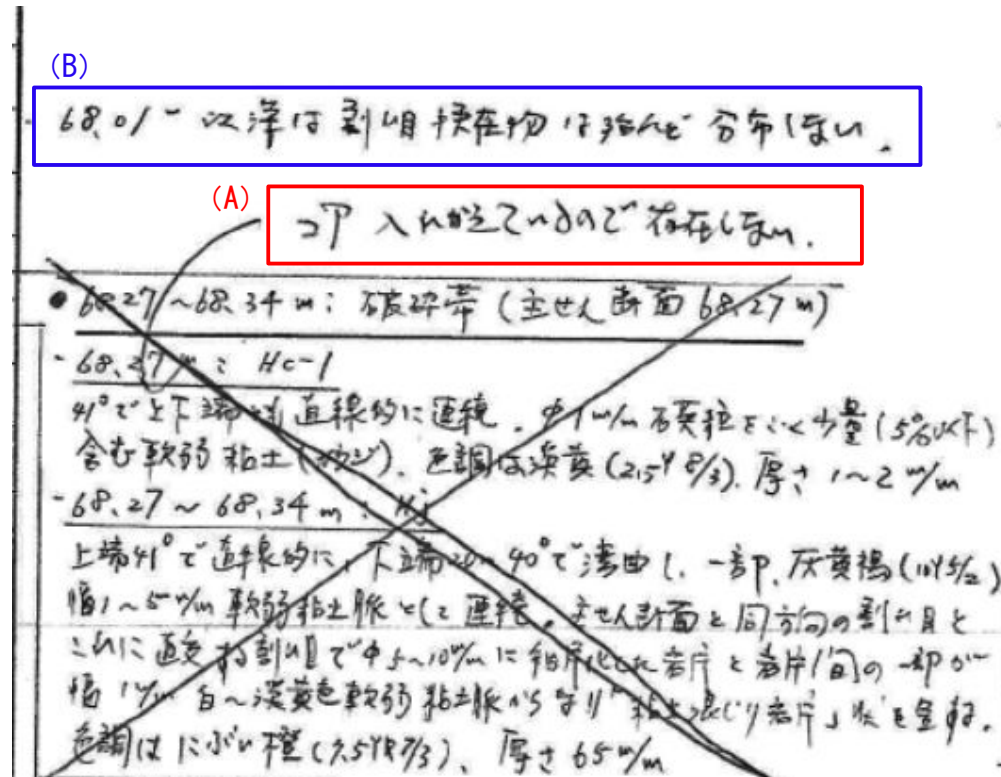
# ① H27-B-2孔 深度48.88～48.92m

- H27-B-2孔 深度48.88～48.92mの破碎部の記事に記載された×印については、ボーリングコアとポアホールテレビ(BHTV)による深度の整合性確認の際に、ボーリングコアの上下が逆転した状態でコア箱に収納され、観察したものであることが判明したことから、コア観察カードに記載した深度等を見直すために付けられたものであった。
- ポアホールテレビ(BHTV)及びコア写真に基づき、ボーリングコアが上下逆転して収納されていたことを下記に示す。なお、ポアホールテレビ(BHTV)とボーリングコアの対比は、破碎部及び粗粒な区間に着目して行っている。
- 48.00～49.00mの全範囲に×印を付けることが適切であったが、当該範囲で重要なマーカーとなる破碎部の箇所を代表させて×印を付けていた。



②H27-B-2孔 深度68.27~68.34m (1/4)

- H27-B-2孔 深度68.27~68.34mの記事に記載された×印については、ボーリングコアとボアホールテレビ (BHTV) による深度の整合性確認の際に両者の深度のずれ量が大きかった (詳細は次頁参照) ため当該箇所を再確認したところ、深度68.00~68.22m区間については孔壁崩壊物であると判断したため、×印を付けたものであった。
- 孔壁崩壊物の除去を行ったため、コア観察カードには「コア入れかえているので存在しない。」との記載を追記した。 (A)
- また、「68.01m以深は割れ目挟在物は殆んど分布しない。」との記載については孔壁崩壊物に関する記事であり、×印を付けることが適切であったが、当該範囲で重要なマーカーとなる破砕部の箇所を代表させて×印を付けていた。 (B)

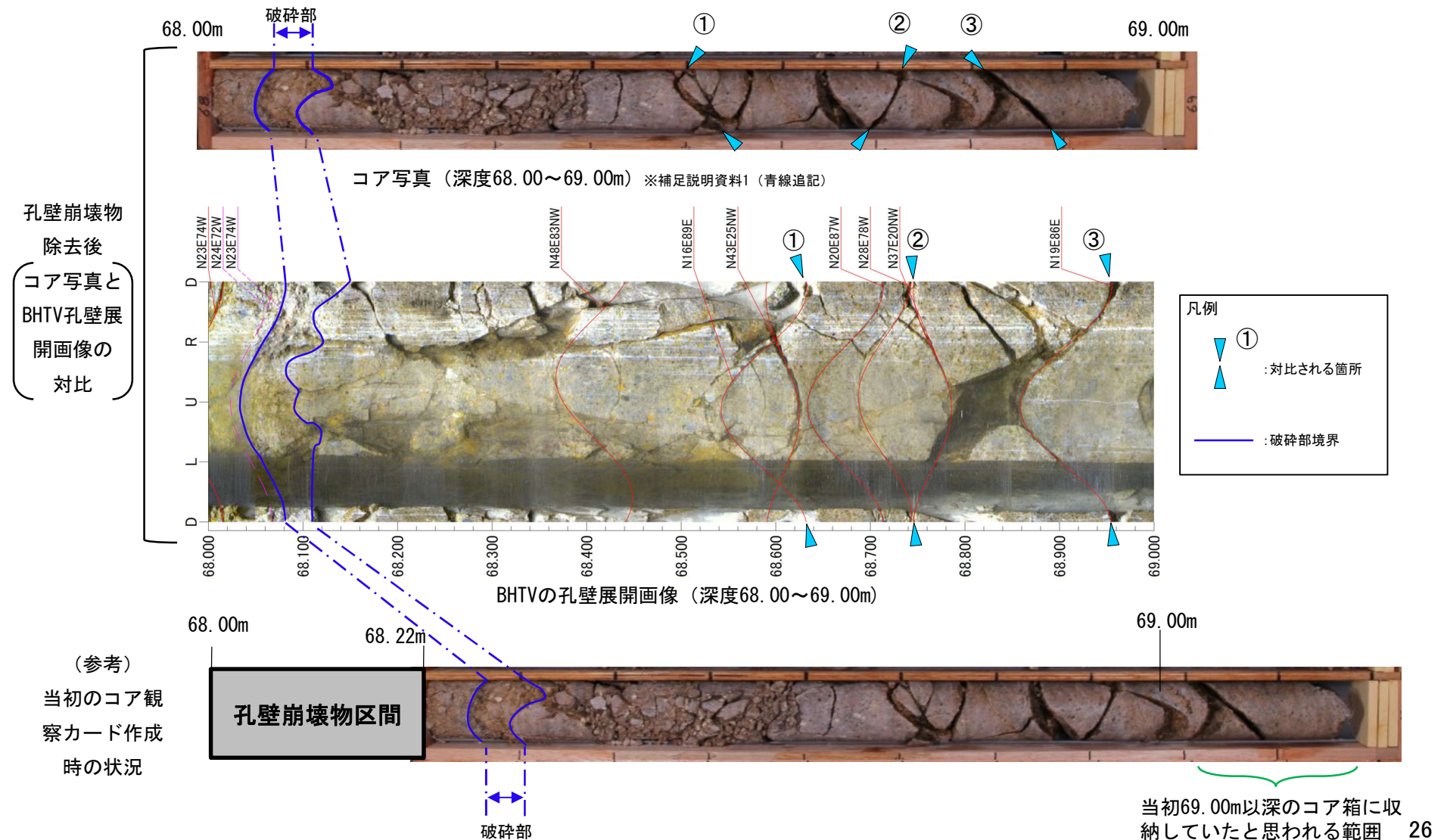


第916回審査会合 机上配布資料1で示したコア観察カード (赤枠、赤字、青枠、青字追記)



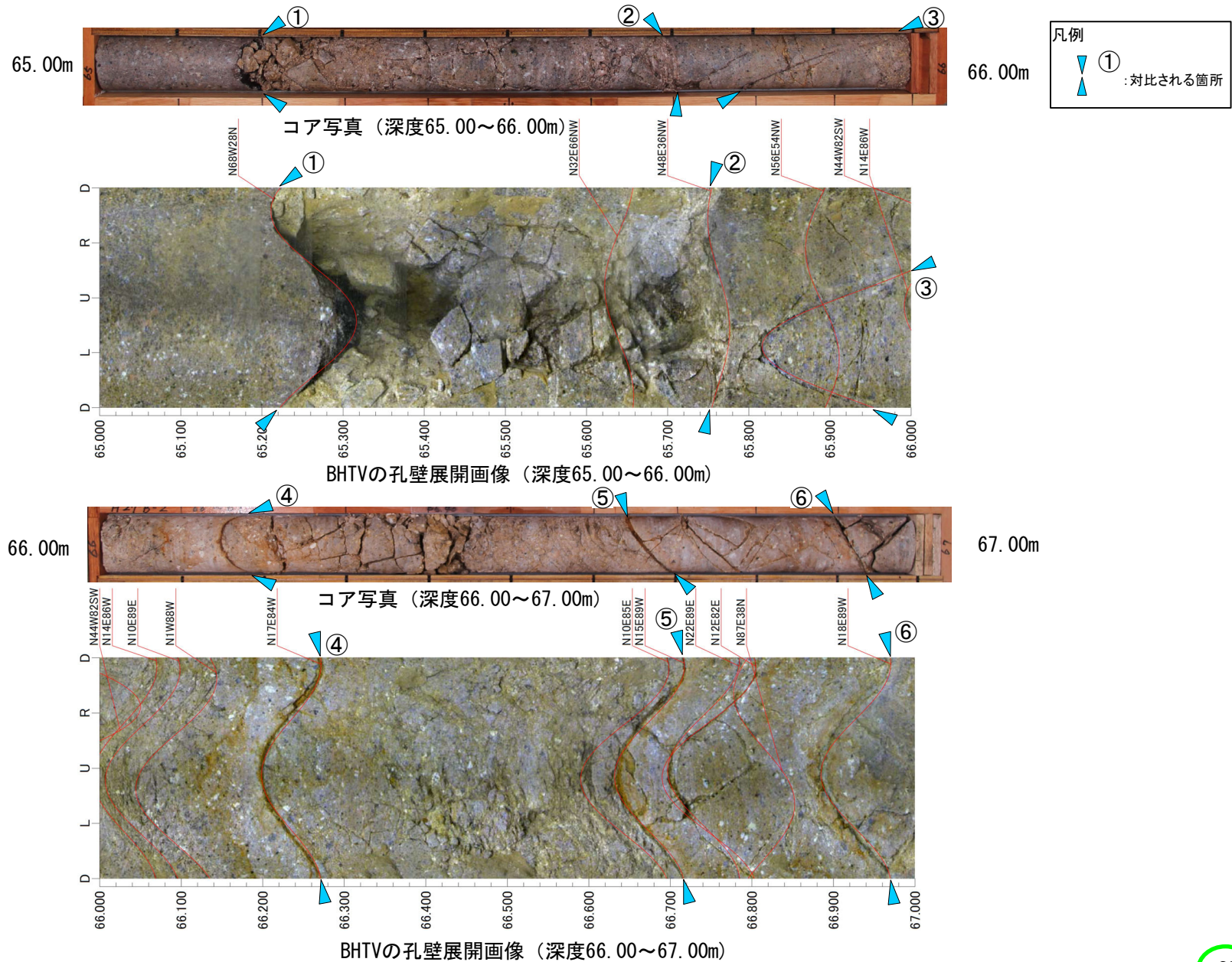
## ②H27-B-2孔 深度68.27～68.34m(2/4)

- 当該区間（68.00～69.00m）及び近傍区間（65.00～68.00m及び69.00～70.00m）のボーリングコアとボアホールテレビ（BHTV）による深度の対応状況を下記に示す。
- なお、深度69.00m以深のボーリングコアについては、孔壁崩壊物除去後にコア観察カードの作成を行っているため、コア観察カードの深度に関する修正は必要なかった。
- 上記の孔壁崩壊物は、孔壁展開画像より深度65.25～65.45m付近から供給された可能性が考えられる。



## ②H27-B-2孔 深度68.27～68.34m(3/4)

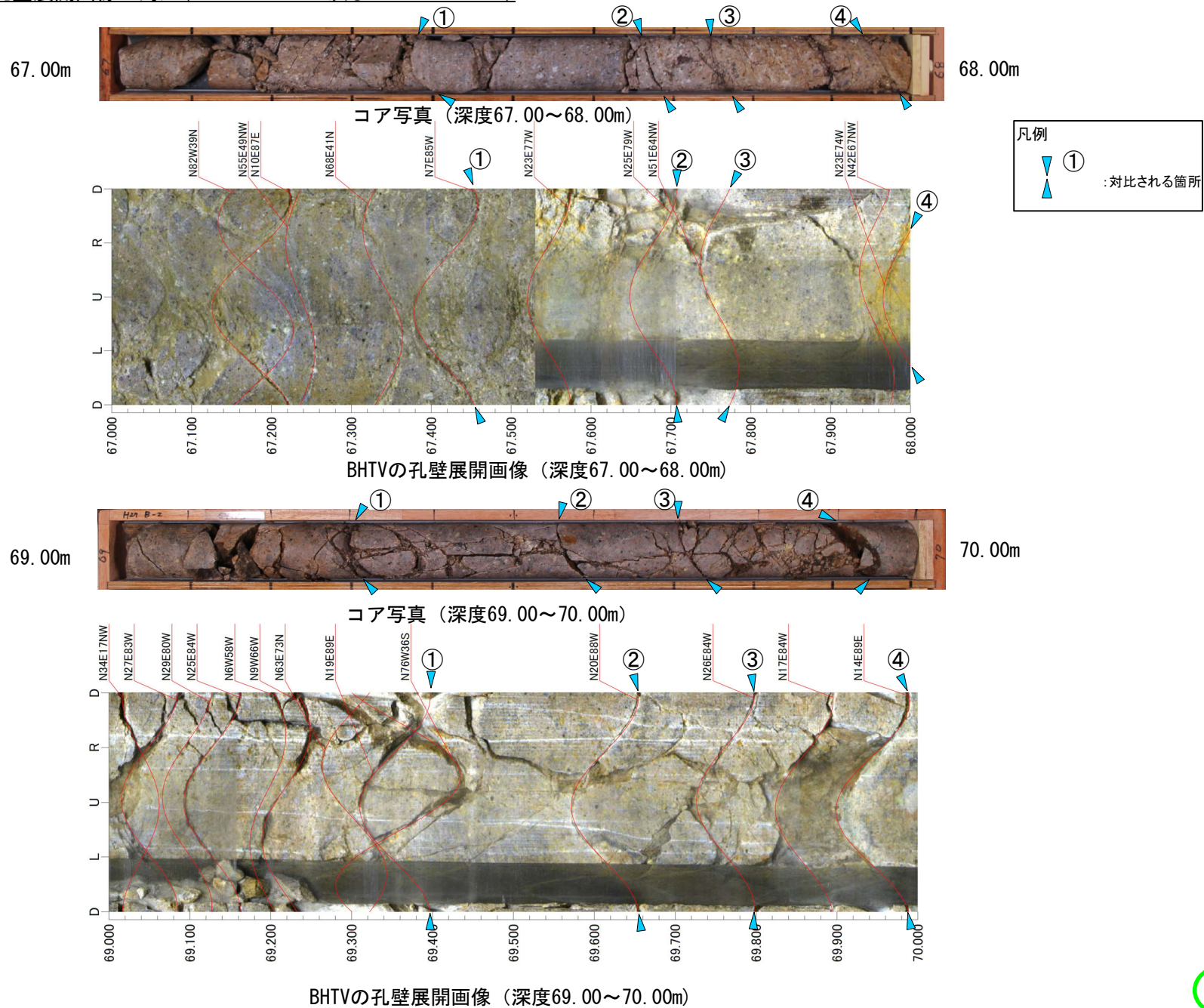
コア写真及びBHTV孔壁展開画像の対比(65.00～67.00m)





## ②H27-B-2孔 深度68.27~68.34m(4/4)

コア写真及びBHTV孔壁展開画像の対比(67.00~68.00m及び69.00~70.00m)





### ③H27-B-3孔 深度56.69～56.72m

- H27-B-3孔 深度56.69～56.72mの破碎部の記事に記載された×印については、破碎部ではない可能性も踏まえて再確認が必要という意図で付けられた×印であった。(A)
- しかしながら、当該破碎部の再確認をした結果、当初のコア観察どおり破碎部とすることが適切であると判断し、再確認の意図で付けられた×印に対して、その後「削除」と記載したものである。(B)
- したがって、当初のコア観察の所見は変更されていない。

(B) 削除 (A)

~~56.69～56.72m: 破碎帯 (主断面56.72m)  
 - 56.69～56.72m: HJ  
 上端30°波打、下端31°直線的に連続。中3～10%硬土  
 「2.5%の岩片と岩片の一部の砂状～粘土化部から成る。砂・  
 粘土混じり岩片状」。主断面近傍では、斜に平行～ほぼ平行な  
 微細割目分布。色調は淡黄(2.5%)/白～黄灰(2.5%)、厚さ20%。  
 56.72m: Hc-1  
 31°上下端とも直線的に連続。φ1mm石英粒と割目(5%以下)  
 含古軟質粘土(砂)色調は淡黄(2.5%)/白、厚さ1%。  
 56.72～57.29m: D  
 割目と砂状化。粘土化。一部は砂状。硬質粘土  
 中割目の一部は残存する。~~



コア写真 (深度56.00～57.00m)

※補足説明資料1 (破線追記)

破碎部



破碎部

第916回審査会合 机上配布資料1で示したコア観察カード  
(赤字、青枠及び青字追記)

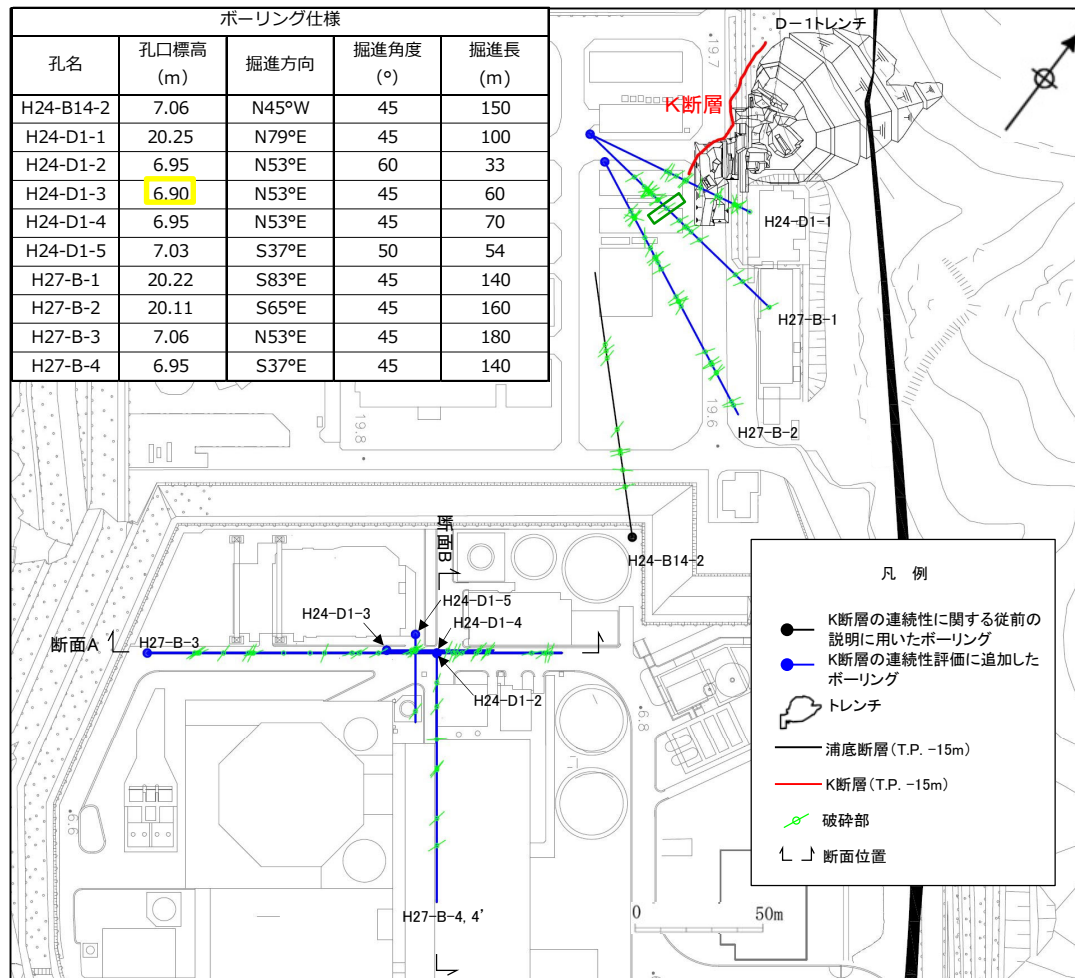
余白

### 3. K断層の連続性評価について

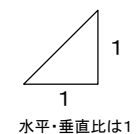
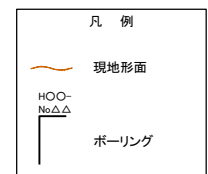
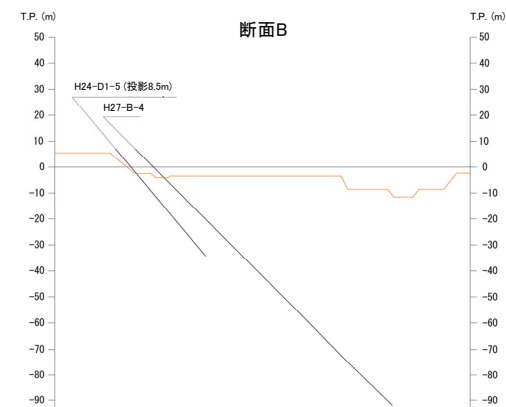
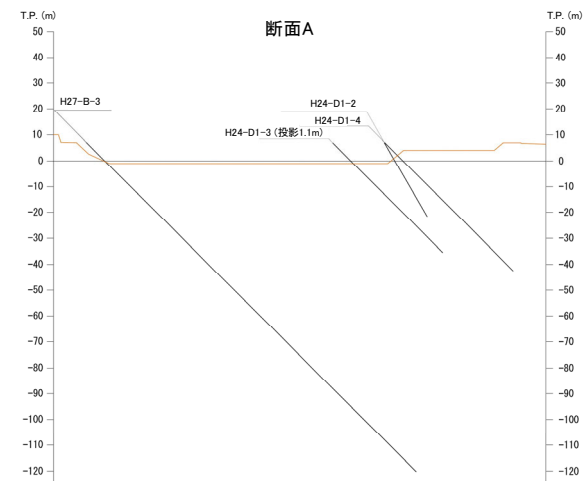
No.	コメント	回答骨子
19	<p>C.パスキエ, R.トゥロウ(1999)の文献については, 原文を確認するとともに, 事業者が加筆した箇所が分かる表記とすること。 (第657回審査会合, 平成30年11月30日)</p>	<p>原文を再度確認し断層岩の記述(定義)について表現を見直した。 また, 当社が加筆した箇所が分かる表記とした。 さらに, 引用文献を改訂版であるPasschier and Trouw(2005)に変更した。</p>
25	<p>K断層の連続性評価及び活動性評価は追加調査結果を待たずに議論できる部分であることから, 記載の不備を適正化した上で優先的に説明すること。 (第758回審査会合, 令和元年8月23日)</p>	<p>第783回審査会合(令和元年10月11日)に説明した記載の不備を踏まえ, 改めてK断層がD-1トレンチの南方に連続するか否かについて検討した。 検討に用いるデータについては, 第833回審査会合までに追加観察又は追加データの取得を行った。</p>
36	<p>K断層の連続性評価を優先して説明すること。 (第916回審査会合, 令和2年10月30日)</p>	<p>今回, 薄片観察による断層岩区分の評価の信頼性をより向上させるため, 断層岩に関する追加の文献調査を行い, これらの追加した文献も踏まえた薄片観察による断層岩区分の追加観察を行った。 連続性評価の結果, K断層の南方にK断層と類似する性状の破碎部は無く, 南方に連続しないことから, K断層は重要施設直下に連続する破碎帯ではないと判断した。</p>

## K断層の連続性評価に関する従前の説明からの追加データ

- 主要な論点の一つに「敷地内のD-1 トレンチ内に認められるK断層の活動性及び原子炉建屋直下を通過する破砕帯との連続性等の調査・評価結果を従前の説明に加えて申請時の最新知見に照らして説明すること。」がある。
- このうち、K断層の連続性評価については、従前の説明ではK断層と2号炉原子炉建屋等の重要施設の間を横断するH24-B14-2孔を代表させて、K断層の南方にはK断層の性状と類似する破砕部が無いことを示してきた(K断層とは性状が類似しないD-1破砕帯については、H24-D1-1～5孔の該当箇所を示してきた)。
- K断層の連続性に関する従前の説明に用いたデータに加え、K断層と重要施設の間に位置する**10孔**のボーリングのデータ(破砕部の走向・傾斜、断層ガウジ・断層角礫の有無、条線方向、最新活動面の変位センス)も踏まえたK断層の連続性検討結果を示す。

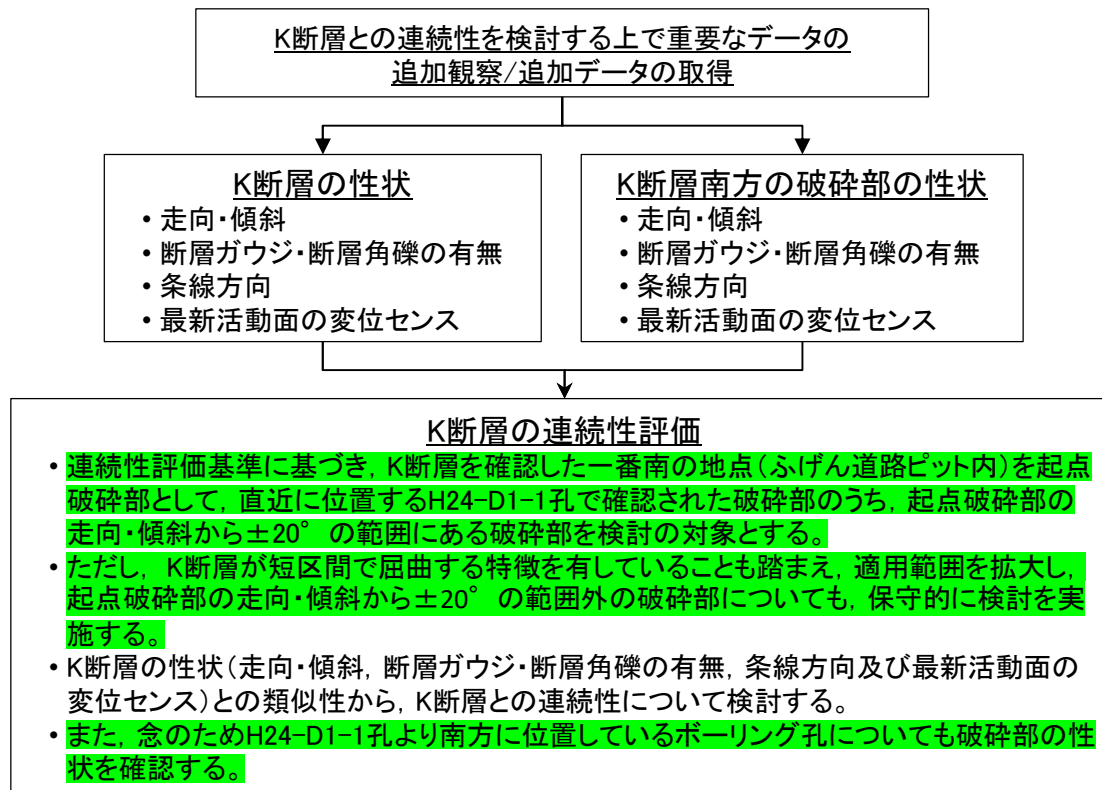


K断層南方の調査位置および対象のボーリング仕様



## K断層の連続性評価の流れ

- K断層については、第536回審査会合（平成29年12月22日）及び第657回審査会合（平成30年11月30日）において、**次頁に示す連続性評価基準を用いて、連続性の評価を行い、D-1トレンチの南方には連続せず重要施設直下に連続しない破碎帯（4条対象破碎帯）であることを説明した（37頁参照）。**
- K断層との連続性の検討に用いるデータについては、**第833回審査会合までに追加観察又は追加データの取得を行った。**
- **肉眼観察による断層岩区分においては破碎部の固結の程度が一つの指標であるが、敦賀発電所では固結した破碎部が熱水変質作用等によって軟質になっている場合もあることから、破碎部の微細な組織及び構造を詳細に把握できる薄片観察に重きを置いて断層岩区分の評価をしている。**
- **今回、薄片観察による断層岩区分の評価の信頼性をより向上させるため、断層岩に関する追加の文献調査を行い、敦賀と同じ花崗岩地帯を対象とした検討を実施しており、薄片による断層ガウジやカタクレーサイトの特徴も対比しながら整理しているManatschal(1999)、相山ほか(2017)及び相山・金折(2019)を参考文献に新たに加えることとした。**
- 連続性評価の検討フローを下図に示す。連続性評価の検討は、K断層とその南方に位置する破碎部の性状（走向・傾斜、断層ガウジ・断層角礫の有無、条線方向、最新活動面の変位センス）の類似性に基づき行う。**連続性評価にあたっては、これまで同様次頁に示す連続性評価基準を用いた。**



K断層の連続性評価の検討フロー



# 連続性評価基準

破碎帯の連続性評価にあたっては、下記の連続性評価基準に基づき行っている。

## 【連続性評価基準】

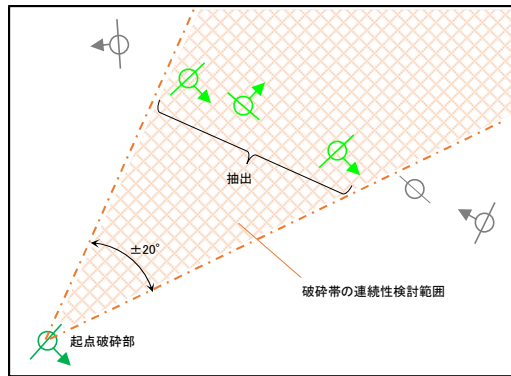
- 一連であることが確認されている2号炉基礎掘削面及び1号炉原子炉建屋南方斜面のデータを用いて策定した下記の基準を用いて検討を実施。

### I : 破碎帯の連続性の判断(起点の破碎部と当該破碎部の連続性の判断)

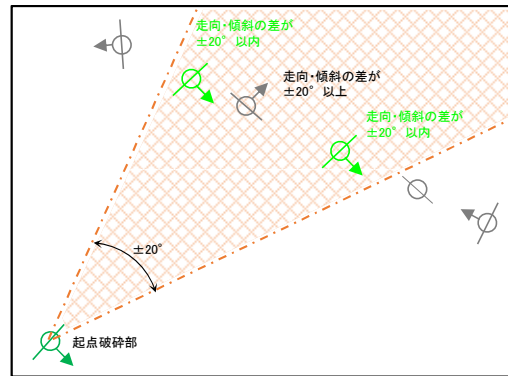
- I-① 起点とする破碎部の走向・傾斜から $\pm 20^\circ$ の範囲(破碎帯の連続性検討範囲)の破碎部を抽出する。
- I-② 抽出された破碎部のうち、起点とする破碎部との走向・傾斜の差が $\pm 20^\circ$ 以内の破碎部を選定する。
- I-③ 選定した破碎部のうち、起点の破碎部の性状と類似※(断層ガウジ又は断層角礫の有無/明瞭なせん断構造・変形構造の有無/変位センスの整合性)する破碎部を起点の破碎部と連続させる。

※ 「カタレーサイトからなる破碎部」と「断層ガウジ又は断層角礫を伴い、明瞭なせん断構造・変形構造が認められる破碎部」の組み合わせ以外については、連続する可能性があるものとする(「断層ガウジ又は断層角礫を伴い、明瞭なせん断構造・変形構造が認められない破碎部」には、『カタレーサイトからなる破碎部』が熱水変質作用等によって軟質化した場合』。又は『断層ガウジ又は断層角礫を伴う破碎部』が場所的变化によって明瞭なせん断構造・変形構造を呈していない場合』のいずれかの可能性があることから、「断層ガウジ又は断層角礫を伴い、明瞭なせん断構造・変形構造が認められない破碎部」はいずれの性状の破碎部とも連続する可能性があるとの意)。  
※ 連続する可能性のある破碎部が複数ある場合には、変位センスがより整合する破碎部の方を連続する破碎部として選定する(同様の走向・傾斜の破碎帯が同じ応力場において活動した場合、運動方向も同じになるため)。

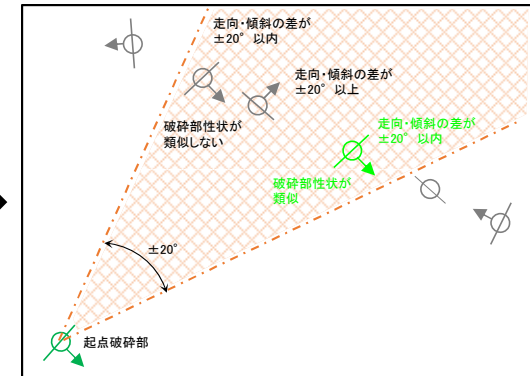
※ 「性状が類似する破碎部が複数ある場合、起点の破碎部の延長線上により近い破碎部に連続させる。」としていたこれまでの基準については設けないこととした(一連の破碎帯であっても走向・傾斜が $\pm 20^\circ$ の範囲で変動することの整合性を図った)。



I-① 起点破碎部の走向・傾斜から $\pm 20^\circ$ の範囲内の破碎部を抽出



I-② 起点破碎部との走向・傾斜の差が $\pm 20^\circ$ 以内の破碎部を選定



I-③ 破碎部性状の類似性より選定

(破碎部性状の類似性判断)  
・断層ガウジ又は断層角礫の有無  
・明瞭なせん断構造・変形構造の有無  
・変位センスの整合性

凡例  
破碎部  
(直線は走向を示す。)  
(矢印は傾斜を示す。)

凡例  
● 起点破碎部  
● 起点破碎部の走向・傾斜から $\pm 20^\circ$ の範囲の破碎部  
● 上記以外の破碎部  
● 破碎帯の連続性検討範囲  
(起点破碎部の走向・傾斜から $\pm 20^\circ$ の範囲)

凡例  
● 起点破碎部  
● 起点破碎部との走向・傾斜の差が $\pm 20^\circ$ 以内の破碎部  
● 上記以外の破碎部  
● 破碎帯の連続性検討範囲  
(起点破碎部の走向・傾斜から $\pm 20^\circ$ の範囲)

凡例  
● 起点破碎部  
● 起点破碎部と性状が類似する破碎部  
● 上記以外の破碎部  
● 連続性検討範囲  
(起点破碎部の走向・傾斜から $\pm 20^\circ$ の範囲)

連続性評価結果(例)

○: 起点破砕部と連続すると判断した破砕部  
×: 起点破砕部と連続しないと判断した破砕部

起点	対比するボーリング孔	連続性検討範囲	断面図上の番号	破砕帯範囲		走向	比較対象との走向の差(°)	傾斜	比較対象との傾斜の差(°)	性状			変位センス N: 正断層 RL: 右横ずれ R: 逆断層 LL: 左横ずれ	連続性 検討結果	破砕帯名	連続性検討結果に関する備考
				上端深度	下端深度					断層ガウジ・断層角礫の有無	明瞭なせん断構造・変形構造の有無	条線方向				
				(m)	(m)											
H19-No.4	-	-	⑩	107.54	109.94	N16E		87W		有	有	-	N,RL		D-5	
-	H24-B11-1	範囲内	①	45.58	45.63	N8W	24	84W	3	有	無	15R	LL		f-b11-1-1	
			②	60.36	60.60	N8E	8	84W	3	有	無	62R	N,LL		D-39	
			③	88.93	88.97	N4E	12	81W	6	有	有	60L	N,RL	○	D-5	
			④	97.87	99.00	N4E	12	72W	15	有	無	70R	N	×	非モデリ化	※3
			⑤	143.67	143.77	N8E	8	87E	6	無	-	5L	RL		非モデリ化	
	H24-B11-2	範囲外	①	71.21	71.24	N12E	4	76W	11	有	無	25L	N,RL		D-7	
			②	77.48	78.10	NS	16	79W	8	有	有	20L	RL	×	f-b11-2-2	※1
			③	80.50	83.93	N9E	7	80W	7	有	有	-	N,RL	×	D-6	
	H19-No.6	範囲外	①	73.43	73.45	N6E	10	82W	5	有	無	75R	N		D-38	
			②	167.53	168.54	N41W	57	69W	18	有	無	23R	-		f-6-2	

- 起点の破砕部の走向・傾斜から±20°の範囲内のもの
- 起点の破砕部の走向・傾斜から±20°の範囲内に分布し、かつ、両者の走向・傾斜の差が±20°以内のもの
- 起点の破砕部の走向・傾斜から±20°の範囲内に分布し、かつ、両者の走向・傾斜の差が±20°以内の可能性のあるもの
- 起点の破砕部の走向・傾斜から±20°の範囲内に分布し、かつ、両者の走向・傾斜の差が±20°以内で、かつ、性状のうち断層ガウジ・断層角礫の有無及びせん断構造・変形構造の有無が一致するもの
- 起点の破砕部の走向・傾斜から±20°の範囲内に分布し、かつ、両者の走向・傾斜の差が±20°以内で、かつ、性状のうち断層ガウジ・断層角礫の有無及びせん断構造・変形構造の有無が類似するもの
- 起点の破砕部の走向・傾斜から±20°の範囲内に分布し、かつ、両者の走向・傾斜の差が±20°以内で、かつ、性状のうち断層ガウジ・断層角礫の有無、せん断構造・変形構造の有無、条線方向もしくは変位センスが類似するもの

連続性評価がなされている破砕帯とは連続しないものと判断(グレーハッチ)。

「断層ガウジ・断層角礫の有無」、明瞭なせん断・変形構造の有無」の類似性の判断

	断層ガウジ・断層角礫の有無	明瞭なせん断構造・変形構造の有無	断層ガウジ・断層角礫の有無	明瞭なせん断構造・変形構造の有無	断層ガウジ・断層角礫の有無	明瞭なせん断構造・変形構造の有無
起点破砕部	無	—	有	無	有	有
候補とする破砕部	無	—	無	—	無	—
候補とする破砕部	有	無	有	無	有	無
候補とする破砕部	有	有	有	有	有	有

※ 「カタクレサイトからなる破砕部」と「断層ガウジ又は断層角礫を伴い、明瞭なせん断構造・変形構造が認められる破砕部」の組み合わせ(グレーハッチ)以外については、連続する可能性があるものとする(ブルーハッチ又はブルー枠)。  
 「断層ガウジ又は断層角礫を伴い、明瞭なせん断構造・変形構造が認められない破砕部」には、  
 一 『カタクレサイトからなる破砕部』が熱水変質作用等によって軟質化した場合  
 一 『断層ガウジ又は断層角礫を伴う破砕部』が場所的变化によって明瞭なせん断構造・変形構造を呈していない場合  
 のいずれかの可能性があることから、  
 「断層ガウジ又は断層角礫を伴い、明瞭なせん断構造・変形構造が認められない破砕部」はいずれの性状の破砕部とも連続する可能性があるとして判断する。

条線方向及び変位センスの類似性の判断

(類似していると判断する場合)

- 起点と当該破砕部の条線方向の差が±45°以内※、かつ鉛直方向又は水平方向のセンスが同じ場合
- 条線方向が得られておらず、かつ8等分した変位センスが起点と当該破砕部とで隣り合う場合

8等分した変位センス

(類似していないと判断する場合)

- 起点と当該破砕部の条線方向の差が±45°以上の場合
- 起点と当該破砕部の条線方向の差が±45°以内であるが、鉛直方向及び水平方向のセンスが逆の場合

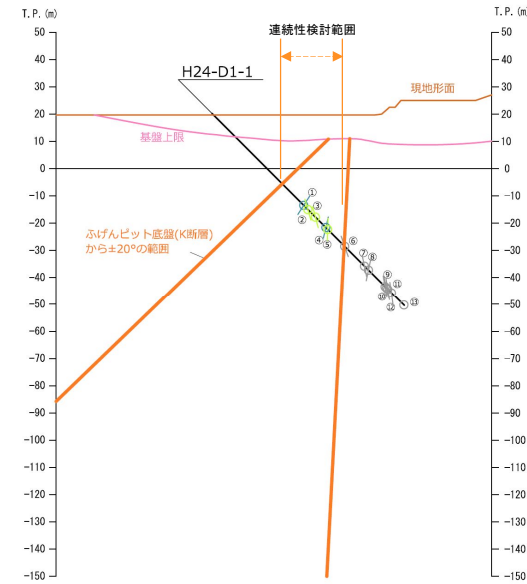
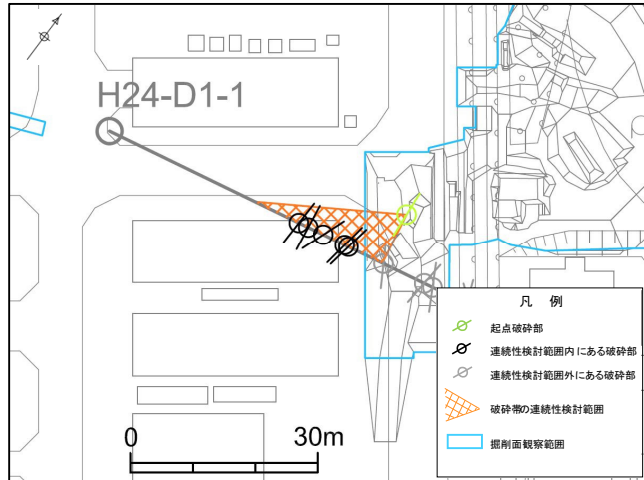
※ 破砕部の走向・傾斜の変動(平均的な走向・傾斜±20°の範囲)及び過去の広域応力場の方向の変動(第536回審査会合資料2, p.61参照)を踏まえて求めた理論的な条線方向の変動幅に基づき設定

- 走向・傾斜、性状の類似性で連続する破砕部を絞っていくが、複数の破砕部が候補として残った場合は、以下のような基準を用いて連続性を検討している。備考欄には、連続させなかった根拠として用いた※番号を示している。
1. 起点破砕部との間に他の破砕帯が横断しているもの(※1)
  2. 起点破砕部の破砕幅と1オーダー以上異なるもの(※2)
  3. 破砕部の構造的特徴(カタクレサイト中の構造的特徴)や周辺岩盤の破砕の影響の程度が起点破砕部と類似していないもの(※3)
  4. 熱水変質等の規模や特徴が起点破砕部と類似していないもの(※4)



②-2-1-1 具体的プロセスの例示(事例:K断層)(K断層のふげん道路ピット南方への連続性評価)

ふげん道路ピット南方への連続性評価の結果、H24-D1-1孔には、連続する破碎部は認められない。



起点	対比するボーリング孔	連続性検討範囲	断面図上の番号	破碎帯範囲		走向	比較対象との走向の差(°)	傾斜	比較対象との傾斜の差(°)	性状			連続性検討結果	破碎帯名	連続性検討結果に関する備考
				上端深度	下端深度					断層ガウジ・断層角礫の有無	明瞭なせん断構造・変形構造の有無	条線方向			
				(m)	(m)										
ふげん道路ピット底面	-	-	㉑	EL+14.8m		N5W	6	67W	9	有	有	-	R	K断層	
H24-D1-1	-	範囲内	①	45.91	48.28	N1E	6	58W	9	有	無	30R	N, LL	非モデル化	
			②	49.20	49.91	N9W	4	74E	39	有	無	90	N	非モデル化	
			③	53.77	54.54	N20E	25	77E	36	有	無	75R	N	非モデル化	
			④	58.96	59.30	N8E	13	78W	11	有	無	-	N	非モデル化	
			⑤	60.12	60.15	N9E	14	88W	21	有	有	80L	N	D-1	
			⑥	68.84	69.00	N31W	26	72NE	41	無	-	85L	R	非モデル化	
		範囲外	⑦	78.77	79.19	N4E	9	78E	35	有	無	45R	R, RL	非モデル化	
			⑧	81.20	81.42	N29W	24	79W	12	有	無	0	LL	非モデル化	
			⑨	89.91	89.95	N22W	17	80E	33	有	無	35L	N, RL	D-33	
			⑩	90.26	90.84	N53W	48	80NE	33	有	有	75L	N	F-d1-1-10	
			⑪	91.26	91.52	N31E	36	83SE	30	有	無	75L	N	F-d1-1-11	
			⑫	93.12	93.24	N11E	16	83E	30	有	無	85L	N	非モデル化	
			⑬	99.68	99.71	-	-	-	-	-	-	有	無	90	N

- : 起点の破碎部の走向・傾斜から±20°の範囲内のもの
- : 起点の破碎部の走向・傾斜から±20°の範囲内に分布し、かつ、両者の走向・傾斜の差が±20°以内のもの
- : 起点の破碎部の走向・傾斜から±20°の範囲内に分布し、かつ、両者の走向・傾斜の差が±20°以内の可能性のあるもの
- : 起点の破碎部の走向・傾斜から±20°の範囲内に分布し、かつ、両者の走向・傾斜の差が±20°以内で、かつ、性状のうち断層ガウジ・断層角礫の有無及びせん断構造・変形構造の有無が一致するもの
- : 起点の破碎部の走向・傾斜から±20°の範囲内に分布し、かつ、両者の走向・傾斜の差が±20°以内で、かつ、性状のうち断層ガウジ・断層角礫の有無及びせん断構造・変形構造の有無が類似するもの
- : 起点の破碎部の走向・傾斜から±20°の範囲内に分布し、かつ、両者の走向・傾斜の差が±20°以内で、かつ、性状(断層ガウジ・断層角礫の有無, せん断構造・変形構造の有無, 条線方向もしくは変位センス)が類似するもの
- : 起点の破碎部の走向・傾斜から±20°の範囲内に分布し、かつ、両者の走向・傾斜の差が±20°以内で、かつ、性状のうち断層ガウジ・断層角礫の有無, せん断構造・変形構造の有無が類似し、条線方向もしくは変位センスが類似する可能性があるもの

## K断層との連続性を検討する上で重要なデータの追加観察/追加データの取得

- K断層及びK断層南方の破碎部の性状を示すデータについては、K断層との連続性を検討する上で重要なデータであることから、**第833回審査会合までに追加観察や追加データの取得を行った。**追加観察及び追加データの取得の内容を以下に示す。
- 具体的には、①これまでボーリングコアの観察結果のみに基づき断層岩区分を行ってきた破碎部のうち、薄片試料を作成したものについては薄片観察結果に基づく断層岩区分、②条線方向の追加データの取得、③最新活動面の変位センスの追加データの取得である。
- **断層岩については、より詳細な観察データである薄片観察を実施している場合は、連続性評価には薄片観察による評価を用いることとした。**
- **また、今回、追加した文献も踏まえた薄片観察による断層岩区分の追加観察を行った。**

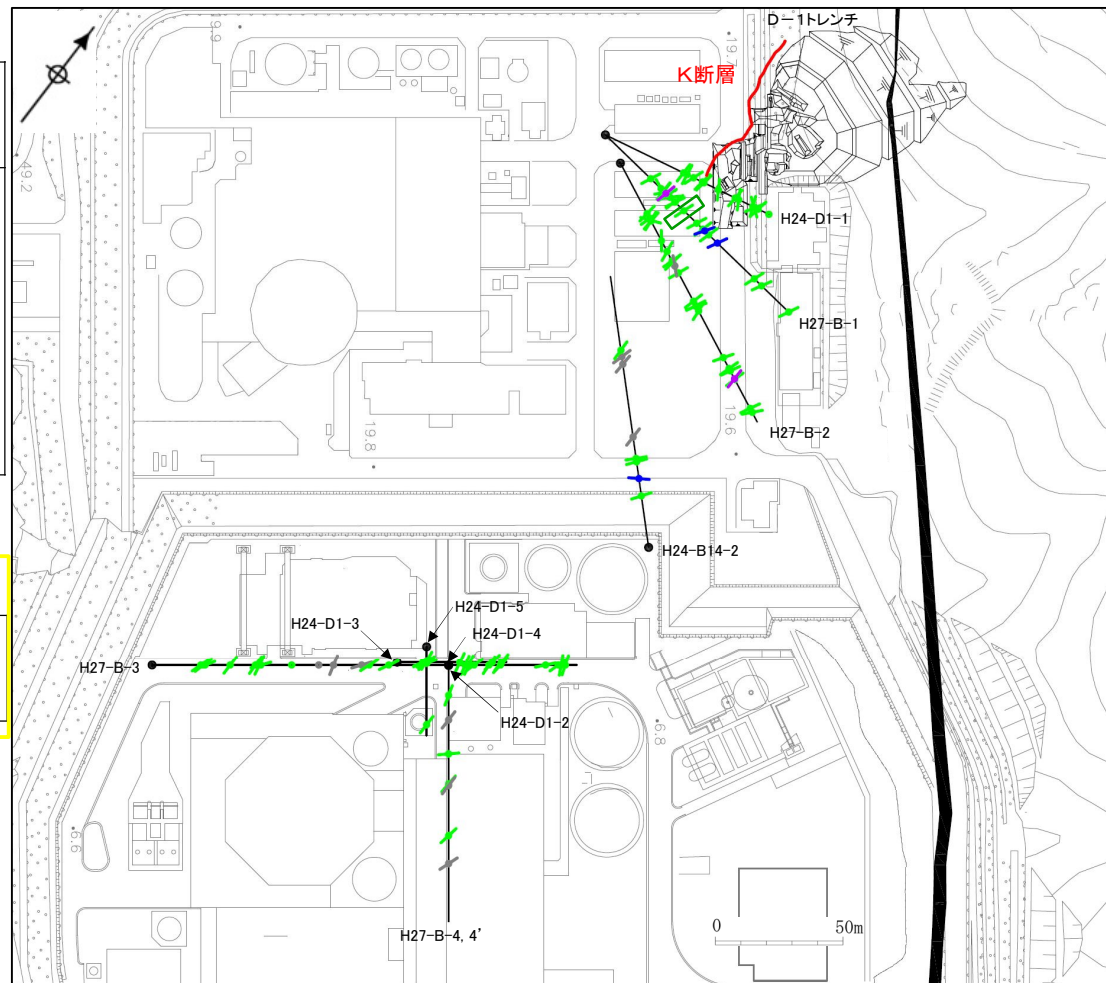
### 第833回審査会合までに実施した追加観察及び追加データの取得の内容

K断層	<b>【追加観察】</b> ②条線方向：周囲の確認箇所と運動方向が大きく異なる破碎部について、条線方向の追加観察を実施
K断層南方の破碎部	<b>【追加観察】</b> ①断層岩区分：これまでボーリングコアの観察結果のみに基づき断層岩区分を行ってきた破碎部について、薄片観察結果に基づく断層岩区分を実施 <b>【追加データの取得】</b> ②条線方向：これまで条線方向を取得していなかった破碎部について、データを追加 ③最新活動面の変位センス：これまで最新活動面の変位センスを取得していなかった破碎部について、データを追加

### 今回実施した追加観察の内容

K断層及びK断層南方の破碎部	<b>【追加観察】</b> ④断層岩区分：追加した文献も踏まえた薄片観察による断層岩区分を実施
----------------	--

凡例	
●	ボーリング孔
○	トレンチ
—	浦底断層 (T.P. -15m)
—	K断層 (T.P. -15m)
■	肉眼観察による断層岩区分を行った破碎部
■	既往の薄片試料の追加観察(断層岩区分)を行った破碎部(※)
■	第833回審査会合までに新たに作成した薄片試料の観察(断層岩区分、最新活動面の変位センス)を行った破碎部(※)
■	第833回審査会合までに新たに条線方向を取得した破碎部
※今回、追加した文献も踏まえた薄片観察による断層岩区分の追加観察を行った。	



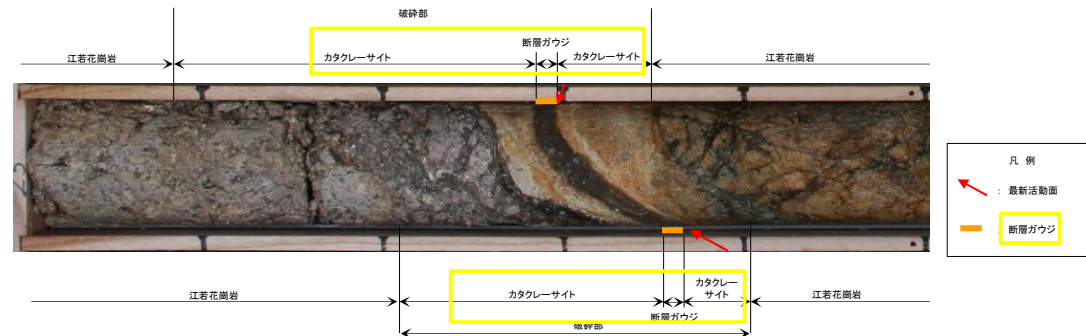
追加観察又は追加データを取得した破碎部

# 断層岩の区分について

- 破碎部については、断層岩による区分に基づき区分した。肉眼観察による断層岩区分においては破碎部の固結の程度が一つの指標であるが、敦賀発電所では固結した破碎部が熱水変質作用等によって軟質になっている場合もあることから、破碎部の微細な組織及び構造を詳細に把握できる薄片観察に重きを置いて断層岩区分の評価をしている。このため、より詳細な観察データである薄片観察を実施している場合は、連続性評価には薄片観察による評価を用いることとした。
- 断層岩による区分については、肉眼観察においては狩野・村田(1998)等を、薄片観察においてはPasschier and Trouw(2005)による知見を参考にした。
- 今回、薄片観察による断層岩区分の評価の信頼性をより向上させるため、断層岩に関する追加の文献調査を行い、敦賀と同じ花崗岩地帯を対象とした検討を実施しており、薄片による断層ガウジやカタクレーサイトの特徴も対比しながら整理しているManatschal(1999)、相山ほか(2017)及び相山・金折(2019)を参考文献に新たに加えることとした。
- これらの追加した文献も踏まえた薄片観察による断層岩区分の追加観察を行った。
- 敦賀発電所における肉眼観察及び薄片観察による断層岩区分の考え方を下表に示す。

断層岩区分	肉眼観察による考え方	薄片観察による考え方
断層ガウジ	断層内物質が粘土またはシルト主体で、軟質であり、断層面に沿って直線的に連続するもの。せん断構造などが認められる場合もある。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• せん断構造に伴う粘土鉱物の定向配列が認められるもの。</li> <li>• せん断構造に伴う粘土鉱物の定向配列が認められないものは熱水変質作用によって不明瞭になった可能性があることから、断層ガウジのその他の特徴(基質を構成する粘土鉱物が多いこと、粘土状部の分布が連続的・直線的であること、少ない岩片が丸みを帯びていることが多いこと等)のいずれかが認められるものも断層ガウジと判断した。</li> </ul>
断層角礫	断層ガウジに比べて基質が少なく、角礫状の岩片が多いもの。	断層ガウジに比べて基質が少なく、角礫状の岩片が多いもの。
カタクレーサイト	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 基質と岩片が固結しているもの。</li> <li>• 母岩の初生的固結性は失われず、母岩の組織構造も基本的に乱されていないもの(原岩組織が認められる岩片を主体とし基質も細粒化した岩片からなる組織を示す)。</li> <li>• 敦賀発電所には熱水変質作用を受けた状況が認められることから、破碎部が軟質であっても母岩の組織構造が認められるものは、軟質化したカタクレーサイトと判断した。</li> <li>• また、軟質で母岩の組織構造が認められない連続性・直線性に乏しい細粒部については、木村(1981)※に示されているような熱水変質作用で形成されたカタクレーサイト中の粘土脈と判断した。</li> </ul>	断層ガウジや断層角礫の特徴が認められないこと(せん断構造に伴う粘土鉱物の定向配列が認められず、基質を構成する粘土鉱物が少なく、粘土状部の分布が不連続または周囲と漸移的であること)に加えて、粒界を横断する破断面やジグソー状の角礫群、塑性変形した雲母粘土鉱物等のいずれかが認められるもの。

※木村(1981)では、花こう岩中に粘土脈がある場合、粘土脈の周辺および粘土脈の中にとり込まれた軟弱化した花崗岩の組織に破砕変形の証拠が認められず、花こう岩の完晶組織をそのまま残すことや、粘土脈をもつ割れ目が長く延びることなく花こう岩中にしばしば消滅すること、ときに粘土脈は割れ目の中にフィルム状にのみ存在することなどからも、その粘土が熱水によってできたことが推測できるとしている。



## 断層岩の区分について(肉眼観察による断層岩区分の考え方)

断層岩区分(肉眼観察)に関する文献の知見を踏まえた、敦賀発電所における破碎帯の断層岩区分の考え方を以下に示す。

### (断層ガウジ)

- 断層内物質が粘土またはシルト主体で、軟質であり、断層面に沿って直線的に連続するもの。せん断構造などが認められる場合もある。

### (断層角礫)

- 断層ガウジに比べて基質が少なく、角礫状の岩片が多いもの。

### (カタクレーサイト)

- 基質と岩片が固結しているもの。
- 母岩の初生的固結性は失われず、母岩の組織構造も基本的に乱されていないもの(原岩組織が認められる岩片を主体とし基質も細粒化した岩片からなる組織を示す)。
- 敦賀発電所には熱水変質作用を受けた状況が認められることから、破碎部が軟質であっても母岩の組織構造が認められるものは、軟質化したカタクレーサイトと判断した。
- また、軟質で母岩の組織構造が認められない連続性・直線性に乏しい細粒部については、木村(1981)※に示されているような熱水変質作用で形成されたカタクレーサイト中の粘土脈と判断した。

敦賀発電所における断層岩の区分		狩野・村田(1998)	高木・小林(1996)	林(2000)	中島ほか(2004)
断層ガウジ	断層内物質が粘土またはシルトを主体とする。 軟質であり、断層面に沿って直線的に連続する。 せん断構造などが認められる場合もある。	断層岩の中で、手でこわせるほど軟弱で、粘土状の細粒な基質部が多いもの。 破碎岩片の割合が<30%	断層ガウジあるいは断層角礫と呼ばれる物質は、未固結の断層破碎物質として定義される。 断層ガウジ帯は、露頭スケールでのY面に平行に存在する 경우가多いが、Y面から派生される露頭スケールのR1面沿いにも生ずることがある。 細粒の断層ガウジには、ほぼY面に平行な組織縞が発達する。 肉眼観察が可能な岩片の量比<30%	断層剪断作用により母岩の初生的固結性が失われて、母岩の組織構造が乱されたものである。	断層ガウジは断層破碎帯を構成する未固結の断層内物質であり、母岩の破碎と変質によって形成されたものである。母岩が破碎されて細粒になった物質とともに、スメクタイト、イライト、緑泥石、カオリナイトなどの粘土鉱物が生成していることが多い。 肉眼観察が可能な岩片の量比<30%
断層角礫	断層ガウジに比べて基質が少なく、角礫状の岩片が多い。	断層ガウジに比べて基質が少なく、角礫状の岩片が多いもの。 破碎岩片の割合が>30%	断層ガウジと断層角礫の区別は、肉眼で認定できる程度の粒度の破碎岩片と細粒基質部の構成比で区別される。 肉眼観察が可能な岩片の量比>30%		肉眼観察が可能な岩片の量比>30%
カタクレーサイト	基質と岩片が固結している。 母岩の初生的固結性は失われず、母岩の組織構造も基本的に乱されていない。(原岩組織が認められる岩片を主体とし基質も細粒化した岩片からなる組織を示す)	基質と岩片が固結しているもの。 複合面構造(葉状構造)が認められるものと、認められないものがある。 破碎岩片の含有量によって、ウルトラカタクレーサイト(<10%)、カタクレーサイト(10~50%)、プロトカタクレーサイト(>50%)に細分される。	プロトカタクレーサイト 肉眼観察が可能な岩片の量比 >50% カタクレーサイト 肉眼観察が可能な岩片の量比 10~50% ウルトラカタクレーサイト 肉眼観察が可能な岩片の量比 <10%	カタクレーサイトは全体的に破碎されているが、母岩の初生的固結性は失われず、母岩の組織構造も基本的に乱されていない。 地下水や風化作用により破碎帯が軟弱化することがあるが、母岩そのものの組織構造がよく観察できる。	機械的な破碎がおもな変形機構であり、固結性を保持したまま破碎された断層岩である。 断層破碎帯では風化しやすいことから、花崗岩のカタクレーサイトが母岩の組織を保存しつつ固結性をうしなつたものもある。 プロトカタクレーサイト 肉眼観察が可能な岩片の量比 >50% カタクレーサイト 肉眼観察が可能な岩片の量比 10~50% ウルトラカタクレーサイト 肉眼観察が可能な岩片の量比 <10%

※木村(1981)では、花こう岩中に粘土脈がある場合、粘土脈の周辺および粘土脈の中にとり込まれた軟弱化した花こう岩の組織に破碎変形の証拠が認められず、花こう岩の完晶組織をそのまま残すことや、粘土脈をもつ割れ目が長く延びることなく花こう岩中にしばしば消滅すること、ときに粘土脈は割れ目の中にフィルム状にのみであることなどからも、その粘土が熱水によってできたことが推測できるとしている。



## 断層岩の区分について(薄片観察による断層岩区分の考え方)

断層岩区分(薄片観察)に関する文献の知見を踏まえた、敦賀発電所における破碎帯の断層岩区分の考え方を以下に示す。

### (断層ガウジ)

- せん断構造に伴う粘土鉱物の定向配列が認められるもの。
- せん断構造に伴う粘土鉱物の定向配列が認められないものは熱水変質作用によって不明瞭になった可能性があることから、断層ガウジのその他の特徴(基質を構成する粘土鉱物が多いこと、粘土状部の分布が連続的・直線的であること、少ない岩片が丸みを帯びていることが多いこと、レンズ状の岩片が認められる場合があること等)のいずれかが認められるものも断層ガウジと判断した。

### (断層角礫)

- 断層ガウジに比べて基質が少なく、角礫状の岩片が多いもの。

### (カタクレーサイト)

- 断層ガウジや断層角礫の特徴が認められないこと(せん断構造に伴う粘土鉱物の定向配列が認められず、基質を構成する粘土鉱物が少なく、粘土状部の分布が不連続または周囲と漸移的であること)に加えて、粒界を横断する破断面やジグソー状の角礫群、塑性変形した雲母粘土鉱物等のいずれかが認められるもの。

敦賀発電所における断層岩の区分		Passchier and Trouw(2005)		Manatschal(1999)		相山ほか(2017) 相山・金折(2019)	
断層ガウジ	せん断構造に伴う粘土鉱物の定向配列が認められる。	断層ガウジ	数少ない岩片が粘土鉱物に富む基質中に孤立して存在する。 基質には面構造が発達することがあり、岩片もレンズ状の形態をしていることが多い。	断層ガウジ	基質支持であり、基質は粘土鉱物に富み、強い定向配列が認められる。 丸みを帯びている岩片や、レンズ状に引き延ばされた岩片が認められる。	断層ガウジ	断層ガウジ帯は、断層面に境界された複数枚の断層ガウジからなる層状構造を示す。 フラグメントの周りに粘土鉱物が一様に分布する。粘土鉱物は定向配列している。
	せん断構造に伴う粘土鉱物の定向配列が認められないものは断層ガウジのその他の特徴(基質を構成する粘土鉱物が多いこと、粘土状部の分布が連続的・直線的であること、少ない岩片が丸みを帯びていることが多いこと、レンズ状の岩片が認められる場合があること等)のいずれかが認められる。		未固結 カタクレーサイト				
断層角礫	断層ガウジに比べて基質が少なく、角礫状の岩片が多いもの。	未固結角礫岩	未固結角礫岩は、30%以上の壁岩角礫片または破断脈と細粒基質からなっている。	断層角礫	記載なし。	断層角礫	記載なし。
カタクレーサイト	断層ガウジや断層角礫の特徴が認められないこと(せん断構造に伴う粘土鉱物の定向配列が認められず、基質を構成する粘土鉱物が少なく、粘土状部の分布が不連続または周囲と漸移的であること)に加えて、粒界を横断する破断面やジグソー状の角礫群、塑性変形した雲母粘土鉱物等のいずれかが認められる。	固結角礫岩 固結カタクレーサイト	カタクレーサイトに認められる特徴として、粒界を横断する破断面も含む、多様な粒径の角張った破片が細粒基質中に含まれ、多くの大きい粒子には流体及び固体包有物からなるヒールドフラクチャーが交差する。 固結角礫岩や固結カタクレーサイトは、圧力溶解・析出の豊富な痕跡を示すことが多い。岩片は、流体包有物の配列したヒールドフラクチャーによって切断されていることもある。ランダムファブリックを有することが多い。 固結角礫岩は破碎岩片量>30%、固結カタクレーサイトは破碎岩片量<30%である。※2	カタクレーサイト	岩片が角ばっており、粒子内にマイクロクラックが発達しジグソー状の組織が認められる。 基質の割合の増加や角礫がわずかに丸みを帯びることにより、岩片支持から基質支持に変化する。	カタクレーサイト	破碎流動を示すカタクレーサイトの基質は細粒緻密な破碎岩片からなり、粘土鉱物をわずかに含む。 破碎流動したフラグメントによるP面が発達する。 塑性変形した黒雲母(黒雲母フィッシュ等)が認められる。

連続的:粘土状部が帯状に横断する状態。

直線的:粘土状部が断層面により境界、周囲と明瞭に区分できる状態。

粒界を横断する破断面:岩片を横断するように認められる亀裂のこと。

ジグソー状の角礫群:岩片に多くの亀裂が発達して細かい角礫に分離したもので、

角礫は一つの岩片であったことが推測できるもの。

※1:Passchier and Trouw(2005)では岩片量30%以下の未固結脆性断層岩を断層ガウジと未固結カタクレーサイトに分類しているが、敦賀発電所における破碎部の区分においてはこれらを断層ガウジと表記している。

※2:Passchier and Trouw(2005)では固結脆性断層岩に含まれる岩片の割合から固結角礫岩と固結カタクレーサイトに分類しているが、敦賀発電所における破碎部の区分においてはこれらをカタクレーサイトと表記している。

## 断層岩の区分について

- ・ 狩野・村田(1998) は、複数の文献を参考に、構成する基質と岩片の割合や岩片の粒径を基にした断層岩の分類案を提示している(図1)。また、各断層岩の特徴を下記のように示している。
- ・ 断層ガウジは、手で壊せるほど軟弱で、粘土状の細粒な基質部が多い。
- ・ 断層角礫は、断層ガウジに比べて基質が少なく、角礫状の岩片が多い。
- ・ 断層ガウジ、断層角礫の例を図2に示す。
- ・ カタクレーサイトは、基質と岩片が固結している。
- ・ カタクレーサイトには複合面構造(葉状構造)が認められるものと、認められないものとされており、複合面構造が認められないカタクレーサイトの写真が示されている(図3)。
- ・ カタクレーサイトは破碎岩片の含有量によって、ウルトラカタクレーサイト(<10%)、カタクレーサイト(10~50%)、プロトカタクレーサイト(>50%)に細分される(図1)。

表Ⅱ.1-1 断層岩の分類(高木・小林(1996)から作成)

未固結	名称	破碎岩片の割合	破碎岩片の粒径
	断層角礫	>30%	メガブレッチャー >256mm メソブレッチャー 10~256mm マイクロブレッチャー <10mm 通常 <10mm
断層ガウジ	<30%		
固結	プロトカタクレーサイト	>50%	通常 <10mm
	カタクレーサイト	10~50%	
	ウルトラカタクレーサイト	<10%	
	名称	ポーフィロクラストの量	基質構成鉱物の粒径
プロトマイロナイト	原岩の種類により多様	>100 $\mu$ m	
マイロナイト		20~100 $\mu$ m	
ウルトラマイロナイト		<20 $\mu$ m	

図1. 断層岩の分類  
狩野・村田(1998)

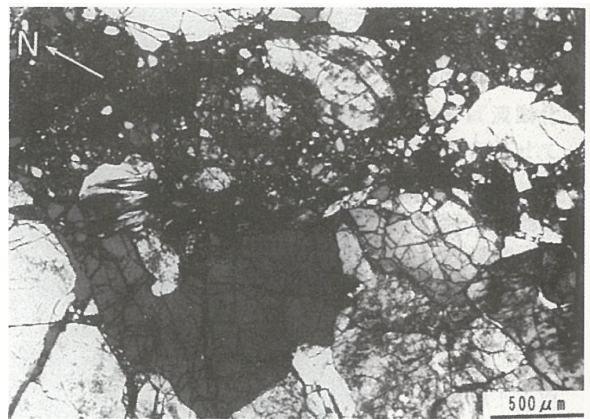


図3. 薄片における微小破碎組織を示すカタクレーサイト  
複合面構造が認められない。

狩野・村田(1998)

## 断層岩の区分について

- 高木・小林(1996)は、複数の文献を参考に、構成する基質と岩片の割合や岩片の粒径を基にした断層岩の分類案を提示している(図1)。また、各断層岩の特徴を下記のように示している。
- 断層ガウジあるいは断層角礫は、未固結の断層破砕物質として定義される。
- 断層ガウジと断層角礫の区別は、肉眼で認定できる程度の粒度の破砕岩片と細粒基質部の構成比で区分される。
- 断層ガウジ帯は、露頭スケールでのY面に平行に存在する。Y面から派生する露頭スケールのR<sub>1</sub>面沿いにも生じることがある。
- 細粒の断層ガウジには、ほぼY面に平行な組織縞(縞状構造: Compositional banding)が発達する(図3)。
- カタクレーサイトは、肉眼観察が可能な岩片の量比により、プロトカタクレーサイト(岩片の量比が>50%)、カタクレーサイト(岩片の量比が10-50%)、ウルトラカタクレーサイト(岩片の量比が<10%)に区分される(図1)。
- 中島ほか(2004)は、図1を和訳した図を掲載している(図2)。

Grain-size reduction ↓	Crushing		Fusion	Recrystallization
	Random fabric or foliated			Foliated
	Incohesive	Cohesive		
	Fault breccia	Protocataclasite Cataclasite	Pseudotachylyte	Protomylonite Mylonite
	Fault gouge	Ultracataclasite		Ultramylonite

Boundary values for sub-classification		
Name	Proportion of visible fragments	Grain size of fragment
Fault breccia	>30 %	Megabreccia >256 mm Mesobreccia 10-256 mm Microbreccia <10 mm
Fault gouge	<30%	<10 mm in general
	Proportion of fragments	Grain size of fragment
Protocataclasite	>50 %	<10 mm in general
Cataclasite	10-50 %	
Ultracataclasite	<10 %	
	Proportion of porphyroclasts	Grain size of matrix mineral
Protomylonite	Variable depending on the lithology of protolith	>100 μm
Mylonite		20-100μm
Ultramylonite		<20μm

図1. 断層岩類の分類案  
高木・小林(1996)

↓ 細粒化	粉砕		融解(粉砕)	再結晶
	ランダムファブリックまたは面構造が発達			面構造が発達
	未固結	固結		
断層角礫	プロトカタクレーサイト	シュードタキライト	プロトマイロナイト	↓ 細粒化
断層ガウジ	カタクレーサイト ウルトラカタクレーサイト		マイロナイト ウルトラマイロナイト	

細区分の境界値		
分類名	肉眼観察可能な破片の量比	破片の粒径
断層角礫	>30 %	メガブレッチャー >256mm メソブレッチャー 10-256mm マイクロブレッチャー <10mm
断層ガウジ	<30 %	通常 <10 mm
	破片の量比	破片の粒径
プロトカタクレーサイト	>50 %	通常 <10 mm
カタクレーサイト	10-50 %	
ウルトラカタクレーサイト	<10 %	
	ポーフィロクラストの量比	基質構成鉱物の平均的粒径
プロトマイロナイト	変形の強さと、 原岩の鉱物組成により変化	>100 μm
マイロナイト		20-100 μm
ウルトラマイロナイト		<20 μm

図 B-5-5 断層岩類の分類案(高木・小林, 1996)

図2. 断層岩類の分類案(和訳)  
中島ほか(2004)



図3. 葉片状断層ガウジの研磨片写真  
Y面に平行な縞状構造が発達している。  
スケールは1cm

高木・小林(1996)



## 断層岩の区分について

- 林(2000)は、露頭における断層岩の識別について、下記のように示している。
- 断層ガウジと断層角礫は断層剪断作用により母岩の初生的固結性(primary cohesion)が失われて、母岩の組織構造が乱されたものである。
- カタクレーサイトは全体的に破碎されているが、母岩の初生的固結性は失われず、母岩の組織構造も基本的に乱されていない(図1)。
- 地下水や風化作用により破碎帯が軟弱化することがあり、断層破碎帯内のカタクレーサイトでも、くわやねじり鎌で削れるほど軟らかくなるがよくある。特に、砂岩・泥岩や頁岩の破碎帯では、幅広い脆弱なカタクレーサイトから構成される破碎帯がよく見られる。これらは断層ガウジ・断層角礫のように固結性を有していないように見える。しかし、くわやねじり鎌で断層破碎帯を削ってみれば、母岩そのものの組織構造がよく観察できる。

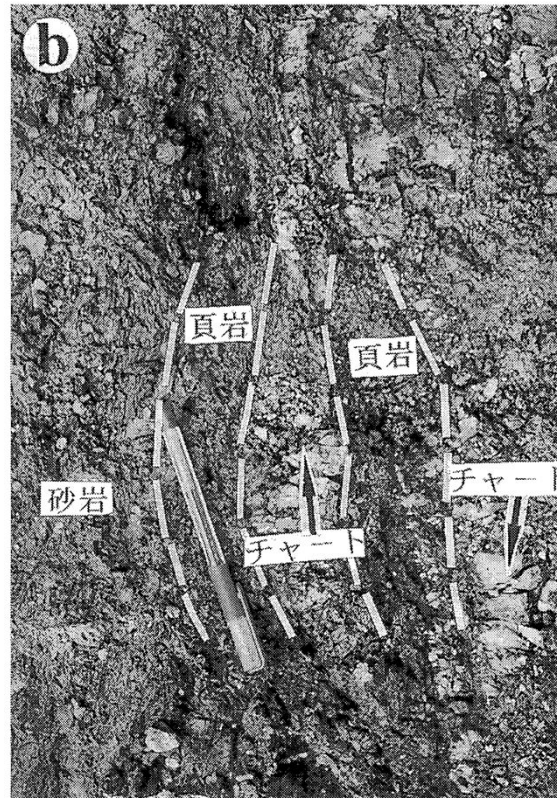


図1. カタクレーサイトの産状の例  
母岩のチャート・頁岩の互層構造が観察される。  
白線は互層の境界を示す。

林(2000)



## 断層岩の区分について

- 中島ほか(2004)は、断層ガウジとカタクレーサイトの特徴を下記のように示している。
- 断層ガウジは、断層破碎帯を構成する未固結の断層内物質であり、母岩の破碎と変質によって形成されたものである。
- 断層ガウジには、母岩が破碎されて細粒になった物質とともに、粘土鉱物が生成されていることが多い。
- 断層ガウジは、流動構造や複合面構造をもつことが多い。
- 断層角礫は、肉眼観察可能なフラグメントの量比により断層ガウジと区別される(図1)。
- カタクレーサイトは、固結性を保持したまま破碎されたものである。通常は変質を伴うことが多い。
- カタクレーサイトは、かつては面構造を持たないとされていたが、最近では面構造をもつ固結したカタクレーサイトがしばしば記載される。例として面状カタクレーサイトに発達する複合面構造の写真を示す(図2)。
- カタクレーサイトは、破碎の程度により肉眼観察可能なフラグメントと細粒基質部の量比が変化し、その量比によりプロトカタクレーサイト、カタクレーサイト、ウルトラカタクレーサイトに区分される(図1)。
- 高木(1983)の破碎の程度の記載的区分法のうちCタイプはプロトカタクレーサイト、Dタイプはカタクレーサイト~ウルトラカタクレーサイトに相当するとされている(図3)。
- 断層破碎帯は風化しやすいことから、花崗岩のカタクレーサイトが母岩の組織を保存しつつ固結性を失ったものがある。

粉碎		融解(粉碎)	再結晶
ランダムファブリックまたは面構造が発達		面構造が発達	
未固結			
断層角礫	プロトカタクレーサイト	固結	プロトマイロナイト
	カタクレーサイト	シュードタキライト	マイロナイト
断層ガウジ	ウルトラカタクレーサイト		ウルトラマイロナイト
細区分の境界値			
分類名	肉眼観察可能な破片の量比	破片の粒径	
断層角礫	>30%	メガプレッチャー >256mm	
		メソプレッチャー 10-256mm	
		マイクロプレッチャー <10mm	
断層ガウジ	<30%	通常 <10mm	
	破片の量比	破片の粒径	
プロトカタクレーサイト	>50%	通常 <10mm	
カタクレーサイト	10-50%		
ウルトラカタクレーサイト	<10%		
	ポーフィロクラストの量比	基質構成鉱物の平均的粒径	
プロトマイロナイト		>100 μm	
マイロナイト	変形の強さと、	20-100 μm	
ウルトラマイロナイト	原岩の鉱物組成により変化	<20 μm	

図 B-5-5 断層岩類の分類案 (高木・小林, 1996)

図1. 断層岩類の分類案 (和訳)  
中島ほか(2004)

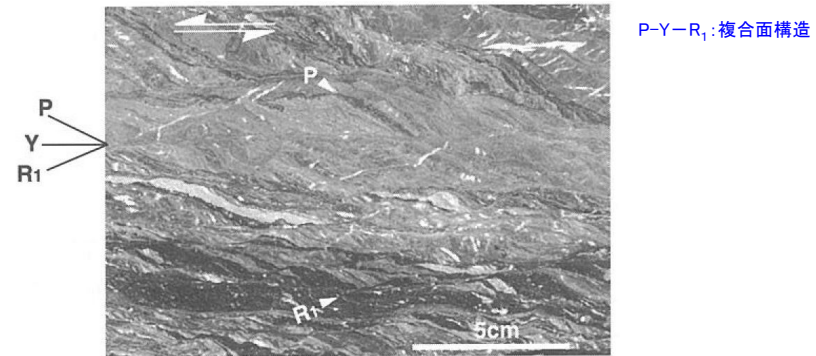


図2. 面状カタクレーサイトに発達する複合面構造の例  
中島ほか(2004)に加筆(青字:加筆箇所)

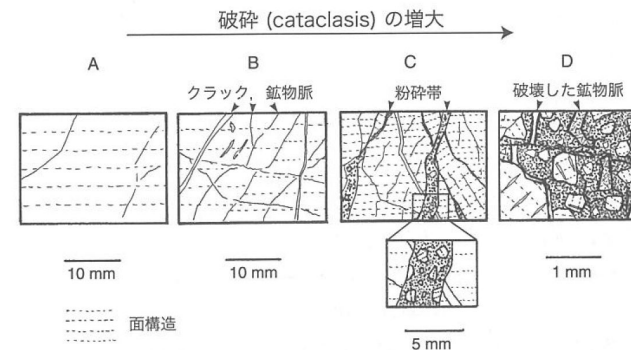


図3. 高木(1983)による薄片スケールでの破碎の程度の記載的区分法  
中島ほか(2004)

## 断層岩の区分について

- 木村(1981)は、熱水により生成した粘土脈の特徴を下記のように示している。
- 熱水溶液によって生じた粘土脈は、しばしば割れ目からずれて曲がり、かつ多数の分岐脈を出す。
- 花こう岩中に粘土脈がある場合、粘土脈の周辺及び粘土脈の中に取り込まれた軟弱化した花こう岩の組織に破碎変形の証拠は認められず、花こう岩の完晶組織をそのまま残すことや、粘土脈を持つ割れ目が長く伸びることなく花こう岩中にしばしば消滅すること、粘土脈は割れ目の中にフィルム状にのみあることなどからも、その粘土が熱水によってできたことが推測できる(図1)。

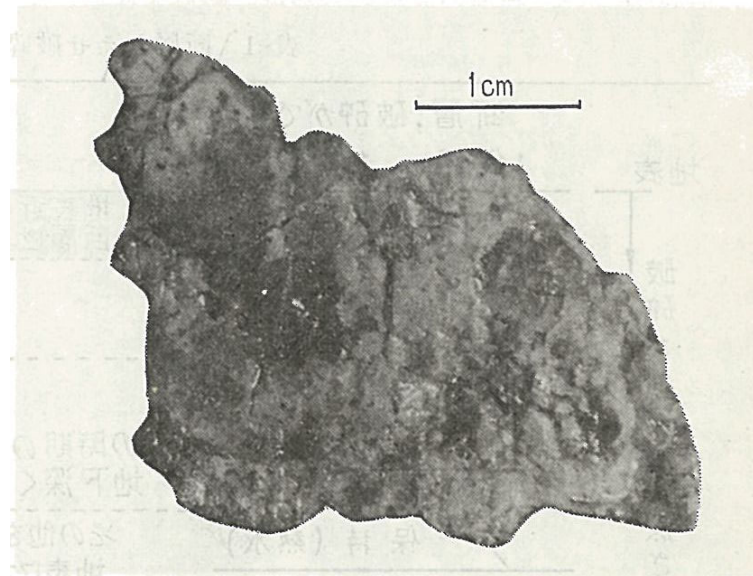


写真-5 軟弱化した花崗岩中の割れ目。左方の石英粒中の割れ目は石英粒をずらせていない。しかし軟X線などで調べると、これに沿って粘土鉱物を生じている。福井県敦賀市。

図1. 軟弱化した花崗岩中の割れ目  
木村(1981)

## 断層岩の区分について

- Passchier and Trouw (2005) は、未固結脆性断層岩を未固結角礫岩、未固結カタクレーサイト及び断層ガウジに分類し、それぞれの特徴を下記のように示している。
- 未固結角礫岩は、30%以上の壁岩角礫片または破断脈と細粒基質からなる。
- 未固結カタクレーサイトは、細粒基質中の岩片量が30%以下である。
- 断層ガウジには、数少ない岩片が粘土鉱物に富む基質中に孤立して存在する。基質には面構造が発達することがあり、岩片もレンズ状の形態をしていることが多い。
- また、固結脆性断層岩を、固結角礫岩、固結カタクレーサイト及びシュードタキライトに分類し、それぞれの特徴を下記のように示している。
- シュードタキライトは、他の脆性断層岩との識別が可能な幾何学的特徴を有しており、通常、不規則な注入脈という形状で出現する。
- カタクレーサイトには、粒界を横断する破断面も含む、多様な粒径の角張った破片が細粒基質中に含まれ、多くの大きい粒子には流体及び固体包有物からなるヒールドフラクチャーが交差する、といった特徴が認められる(図1, 2)。
- 固結角礫岩や固結カタクレーサイトは、圧力溶解・析出の豊富な痕跡を示すことが多い(圧力溶解を例示する薄片資料は狩野・村田(1998)に掲載されている(図3))。岩片は、流体包有物の配列したヒールドクラックによって切断されていることもあり(図4)、ランダムファブリックを有することが多い。
- 固結角礫岩は破碎岩片量>30%、固結カタクレーサイトは破碎岩片量<30%である。

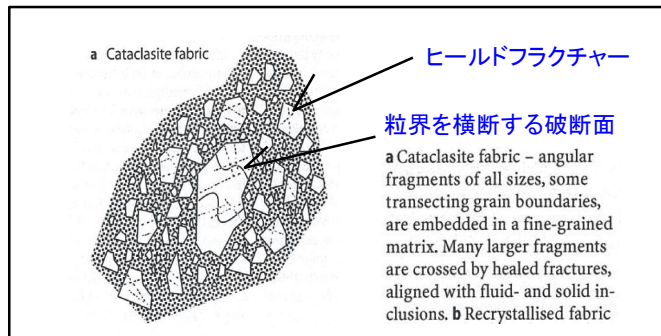


図1 カタクレーサイトファブリック

粒界を横断する破断面も含む、多様な粒径の角張った破片が細粒基質中に含まれる。多くの大きい粒子には流体及び固体包有物からなるヒールドフラクチャーが交差する。  
Passchier and Trouw(2005)に加筆(青字:加筆箇所)

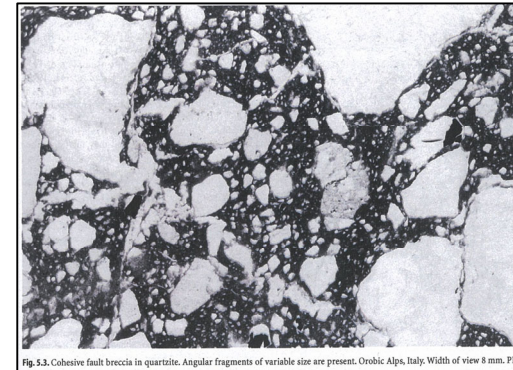
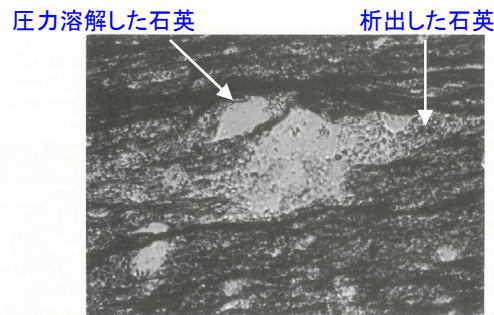


図2 石英岩中の固結断層角礫岩。様々なサイズの角張った岩片が存在する。  
Passchier and Trouw(2005)



図M.3-3 石英粒子の周辺に形成された圧力溶解劈間と非対称プレッシャーシャドー(赤石山地四万十帯自乗系の鱗片状劈間をもつメランジュ)(写真提供:竹内真司) 直交ニコル, 横幅=0.3 mm.

図3 圧力溶解して周囲に析出した石英粒子  
狩野・村田(1998)に加筆(青字:加筆箇所)

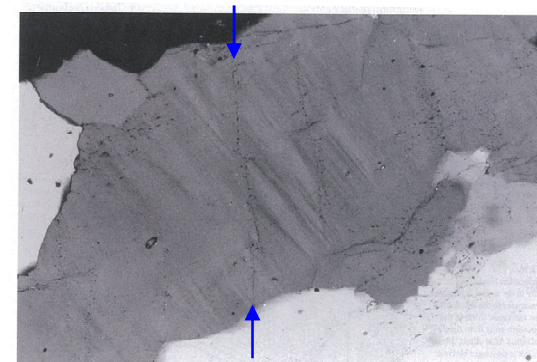


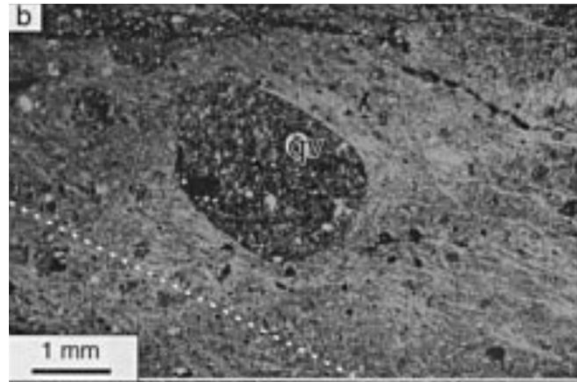
Fig. 3.18. Deformation lamellae in quartz (oblique). Vertical planes are trails of fluid inclusions. Mt Isa, Australia. Width of view 1.8 mm. CPL

図4 流体包有物からなるヒールドフラクチャー  
Passchier and Trouw(2005)に加筆(青矢印:加筆箇所)



## 断層岩の区分について

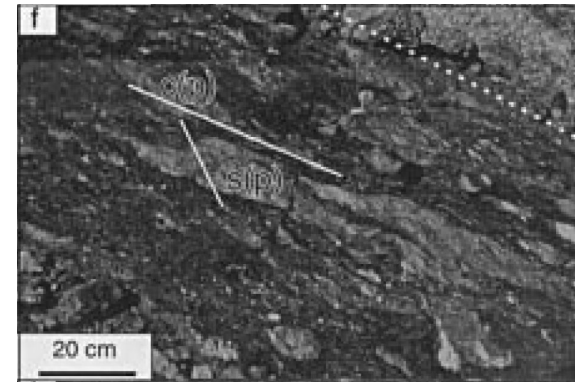
- Manatschal (1999) は、Err Nappe (スイス東部) に分布する脆性断層岩について、薄片における断層岩の特徴を下記のように示している。
- 断層ガウジは基質支持であり、基質は粘土鉱物に富み、強い定向配列が認められる (図1)。
- 断層ガウジは丸みを帯びている岩片 (図1) や、レンズ状に引き延ばされた岩片が認められる (図2)。
- カタクレーサイトは岩片が角ばっており、粒子内にマイクロクラックが発達しジグソー状の組織が認められる。(図3)。
- カタクレーサイトは、基質の割合の増加や角礫がわずかに丸みを帯びることにより、岩片支持から基質支持に変化する (図4)。



(b) Thin section photomicrograph of a black indurated gouge showing a perfectly rounded clast derived from a quartz vein (qv), embedded in a phyllosilicate-rich matrix with a strong preferred orientation.

図1. 断層ガウジ中に認められる、丸みを帯びた石英脈の岩片。  
粘土鉱物に富む基質は、強い定向配列が認められる。  
(破線: 断層境界方向, qv: 石英脈)

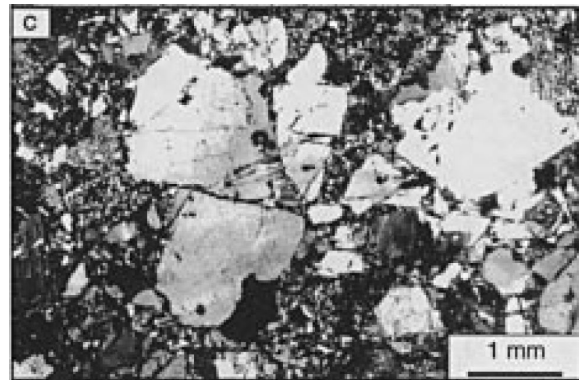
Manatschal (1999)



(f) Elongated, lens-like fragments of a foliated cataclaste in the black indurated gouge.

図2. 断層ガウジ中の、レンズ状に引き延ばされた葉片状カタクレーサイトの岩片。  
(破線: 断層境界方向C(p): 岩片中の面構造, S(p): 断層面から30°回転した方向)

Manatschal (1999)



Typical structures found in this part of the profile are jigsaw-type clasts (Fig. 5c).

(c) Cataclastically deformed quartz showing angular clasts, transgranular fractures, and microcracks.

図3. 角ばった石英の岩片。マイクロクラックによりジグソー状の組織が認められる。  
Manatschal (1999)

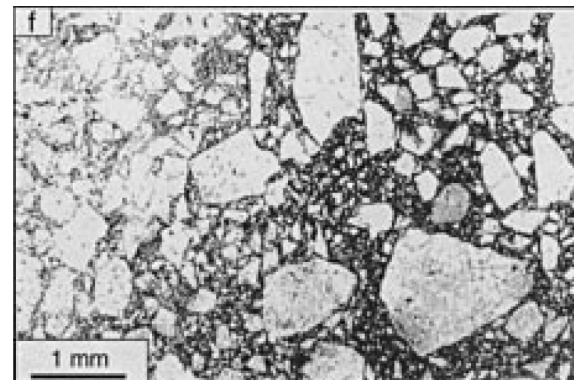


図4. 左から右へ、岩片支持から基質支持へ変化する。  
Manatschal (1999)

Towards the main detachment surface, the matrix to clast ratio continuously increases leading to a matrix-supported fabric. This change is usually associated with less angular clasts (Fig. 5f and g)

(f) The change from a grain- to a matrix-supported fabric (from the left to the right) is associated with an increase in the proportion of matrix and with a slight decrease in angularity of the clasts.

## 断層岩の区分について

- 相山ほか(2017)は、山田断層の活動性を検討する目的で破砕帯の構造の詳細観察を実施し、薄片における断層岩の特徴を下記のように示している。
- 断層ガウジ帯は、断層面(Y面)に境された複数枚の断層ガウジからなる層状構造を示す(図1)。
- 断層ガウジはフラグメントの周りに粘土鉱物が一様に分布する。粘土鉱物は定向配列している(図2)。
- 破碎流動を示すカタクレーサイトの基質は細粒緻密な破碎岩片からなり、粘土鉱物をわずかに含む(図3)。
- カタクレーサイトには塑性変形した黒雲母が認められる(図4)。



図1. 層状構造を呈する断層ガウジ。  
相山ほか(2017)に**加筆(青字:加筆箇所)**

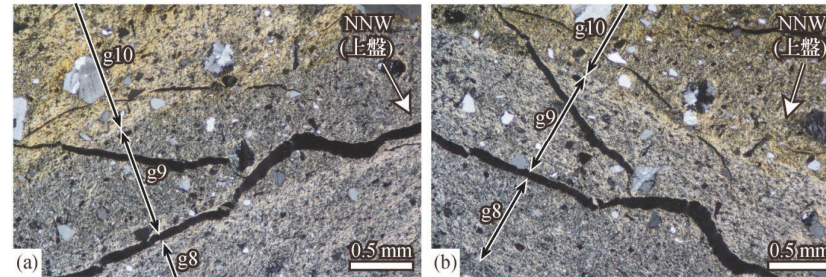


図2. 定向配列した粘土鉱物の消光角の違いにより、層状構造が認識できる。  
(b)は(a)より約46° 時計回りに回転

相山ほか(2017)

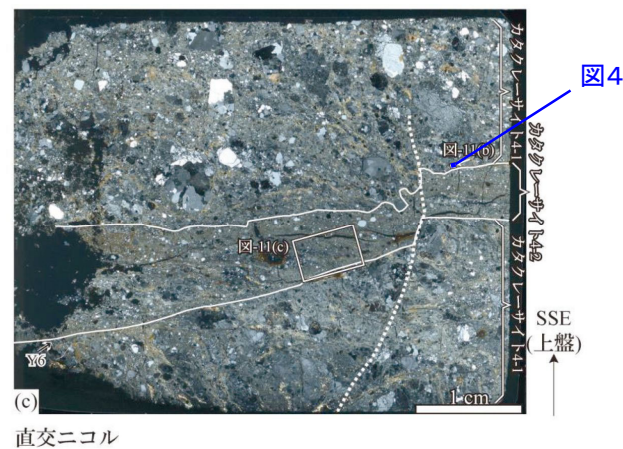


図3. 破碎流動を示すカタクレーサイトの薄片。  
相山ほか(2017)に**加筆(青字:加筆箇所)**

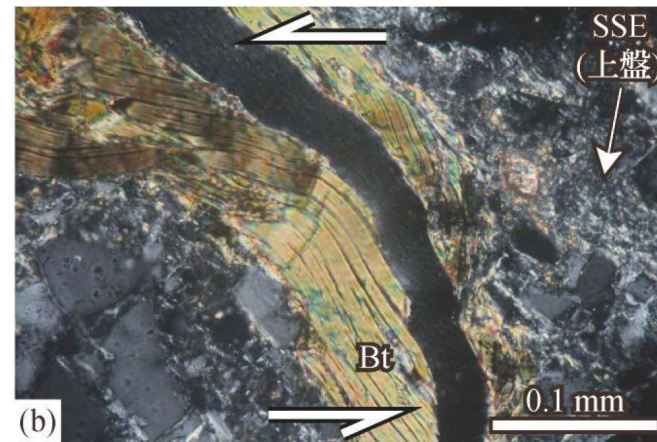


図4. 塑性変形した黒雲母。  
相山ほか(2017)



## 断層岩の区分について

- 相山・金折(2019)は、山口-出雲地震帯西部の活断層について、薄片におけるカタクレーサイトの特徴を下記のように示している。
- 徳佐-地福断層のカタクレーサイトゾーンの薄片には破碎流動したフラグメントによるP面が発達する(図1)。
- 仁保川断層のカタクレーサイトの一部は、塑性変形した黒雲母(黒雲母フィッシュ)により構成する葉片状のカタクレーサイトが認められる(図2)。

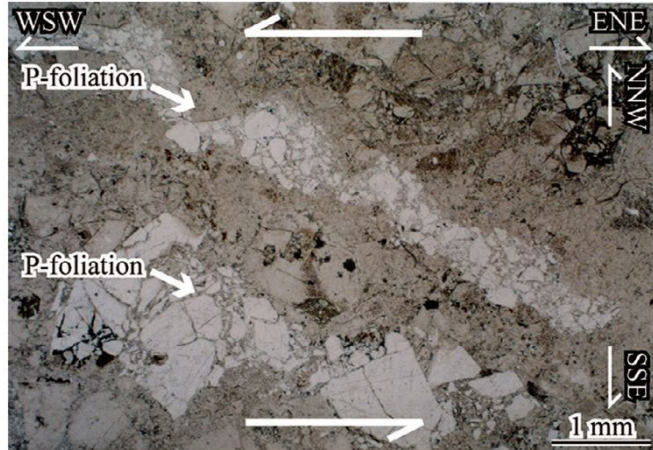


Fig. 8. Photomicrograph of P-foliation under plane-polarized light (modified after Kanaori, 2012a). The foliation defined by light-colored fragments showing cataclastic flow indicates sinistral strike-slip.

図1. 破碎流動したフラグメントによるP面。  
相山・金折(2019)

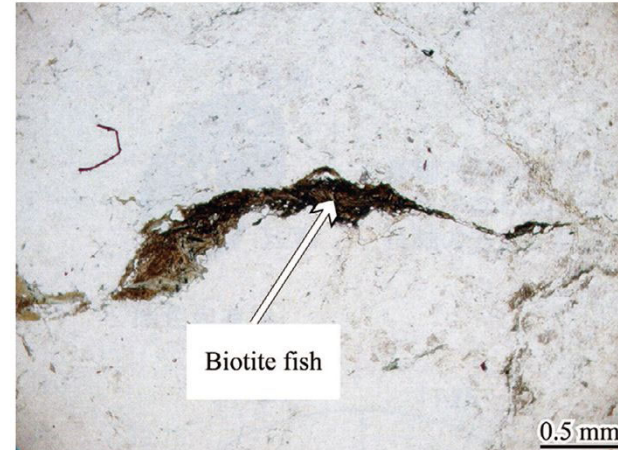


Fig. 14. Photomicrograph of biotite fish (plane-polarized light) in foliated cataclasite from the fault zone shown in Fig. 12.

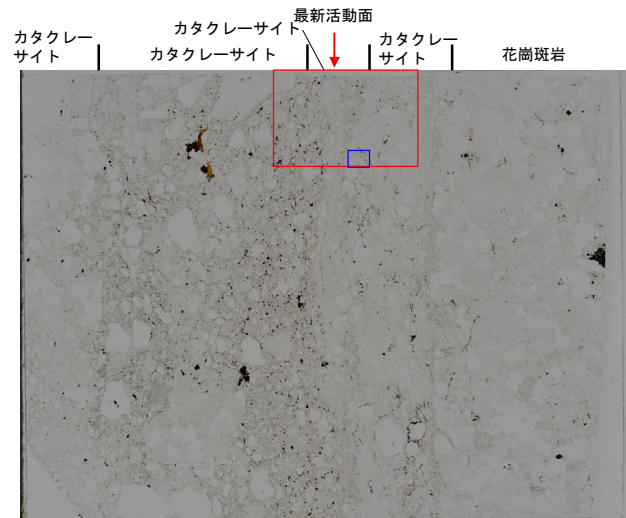
図2. 葉片状カタクレーサイト中の黒雲母フィッシュ。  
相山・金折(2019)



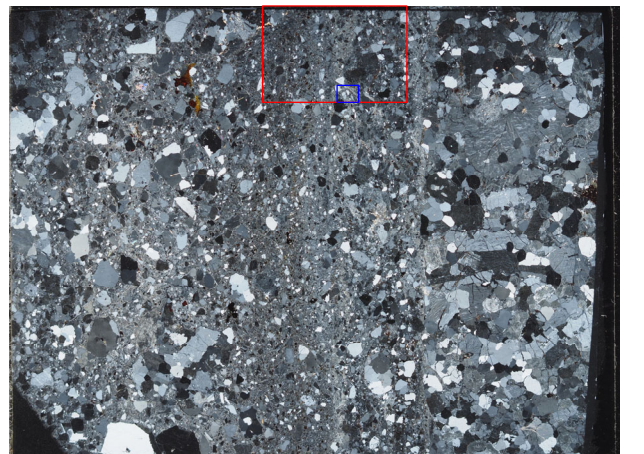
# 敦賀発電所で見られるカタクレーサイトを示す構造の例

H27-B-1 深度34.54~34.59m 非モデル化破碎部

- 最新活動ゾーンには、以下の特徴が認められる。
  - 基質を構成する粘土鉱物は少ない。(図1)
  - 粘土鉱物は漸移的に変化する。(図1)
  - 多様な粒径の岩片が多く認められる。(図2)
  - 角ばった岩片が多い。(図2)
  - ジグソー状の角礫群が認められる。(図2)

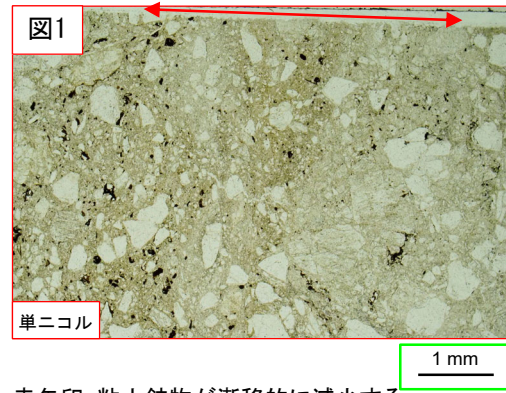


単ニコル

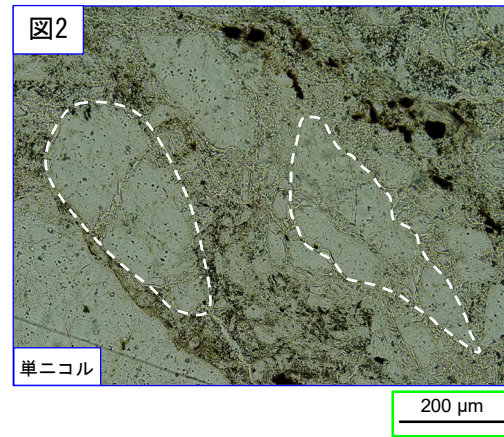
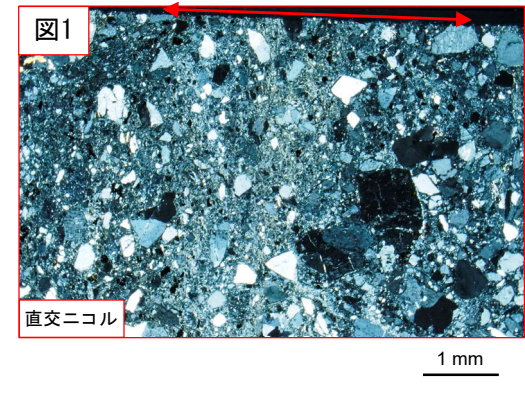


直交ニコル

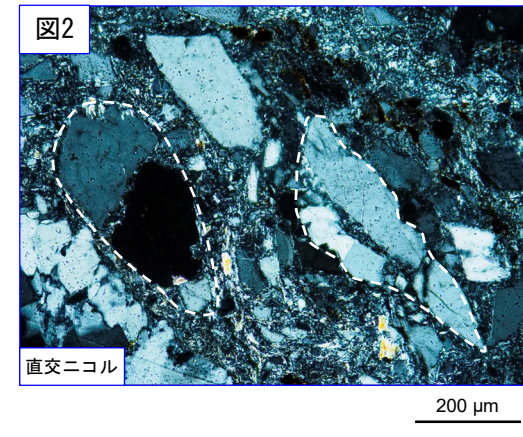
0 1cm



赤矢印: 粘土鉱物が漸移的に減少する。



破線はジグソー状の角礫群の範囲を示す。



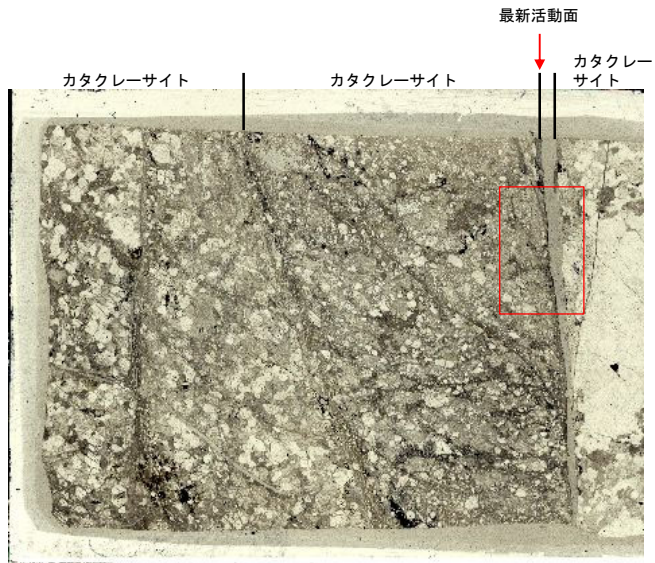


K断層の連続性評価について

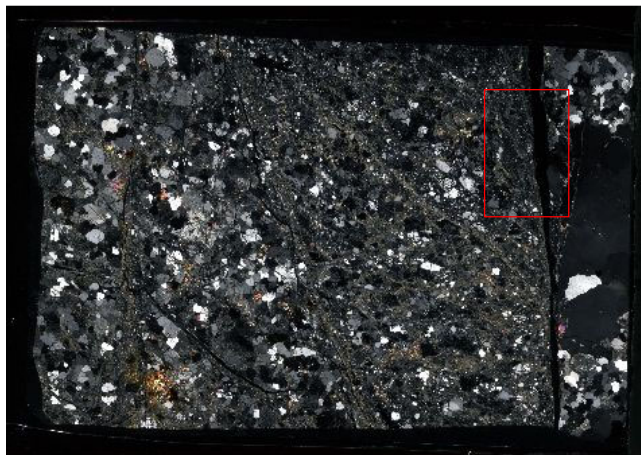
## 敦賀発電所で見られるカタクレーサイトを示す構造の例

H24-B14-2 深度47.37~47.40m 非モデル化破砕部 (1/2)

- 最新活動ゾーンには、以下の特徴が認められる。
  - 基質を構成する粘土鉱物は少ない。(図1)
  - 最新活動面に沿った帯状の粘土状部は連続しない。(図1)

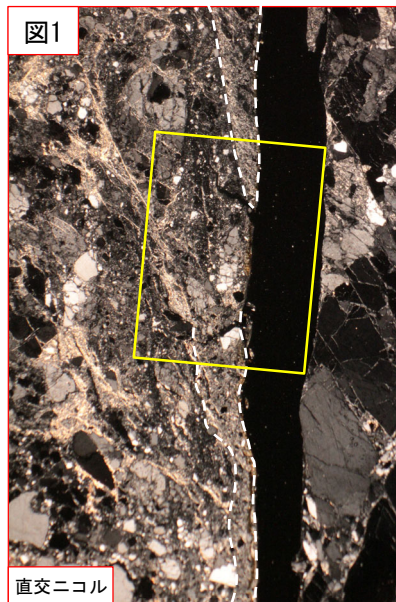
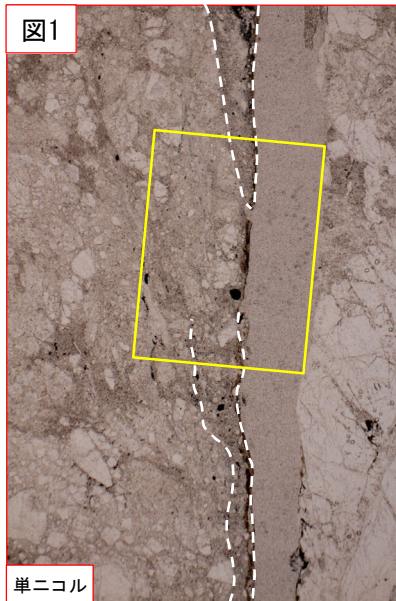


単ニコル

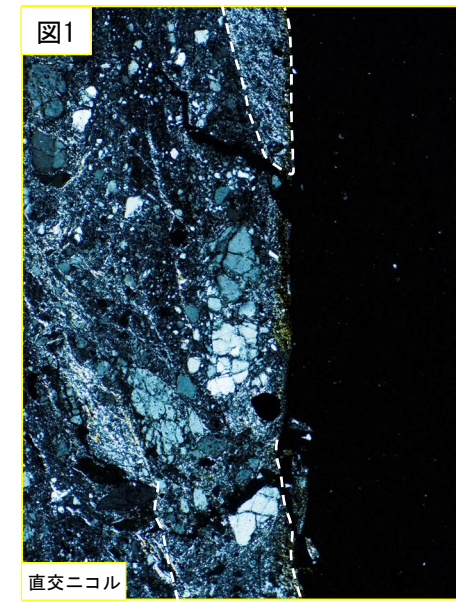
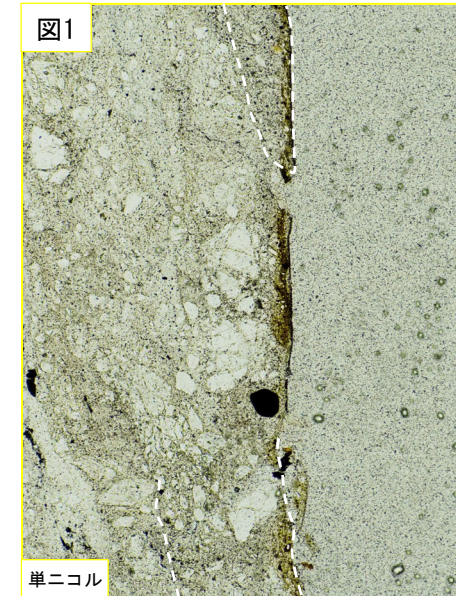


直交ニコル

0 1cm



1 mm



500 μm

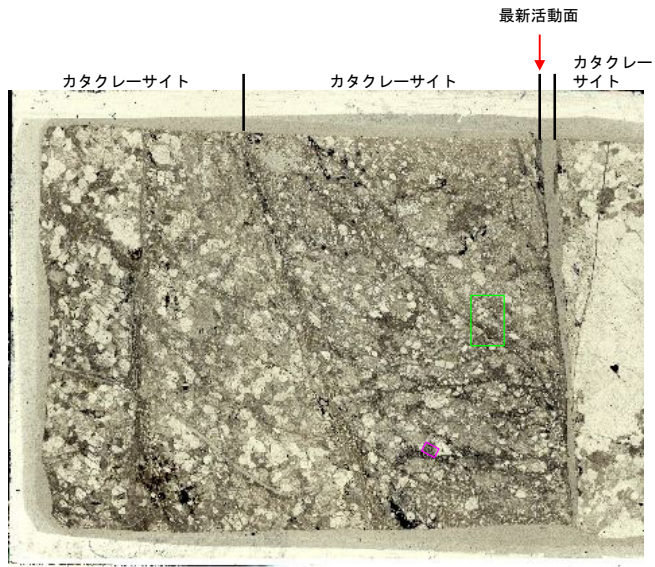
破線は粘土状部の分布範囲を示す。



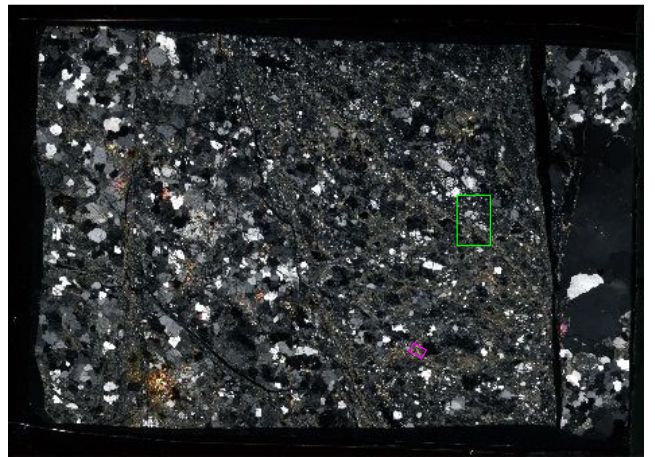
# 敦賀発電所で見られるカタクレーサイトを示す構造の例

H24-B14-2 深度47.37~47.40m 非モデル化破碎部 (2/2)

- ・最新活動ゾーンには、以下の特徴が認められる。
- 多様な粒径の岩片が多く認められる。(図2)
- 角ばった岩片が多い。(図2)
- ジグソー状の角礫群が認められる。(図2)
- 塑性変形した雲母粘土鉱物が認められる。(図3)

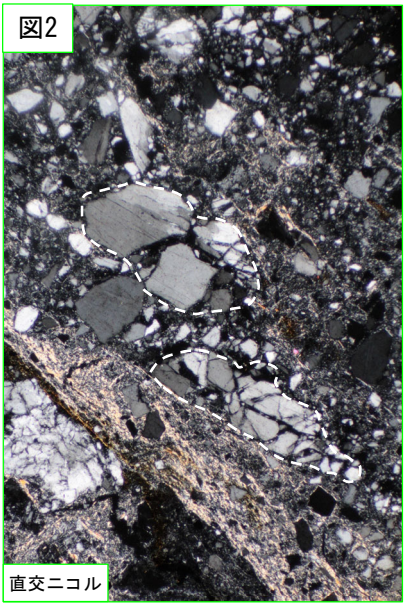


単ニコル



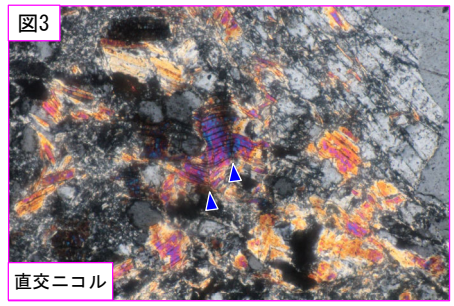
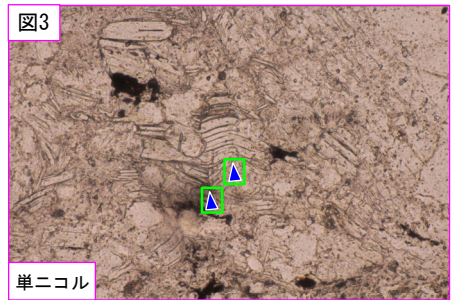
直交ニコル

0 1cm



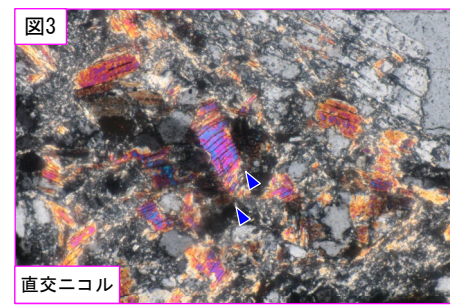
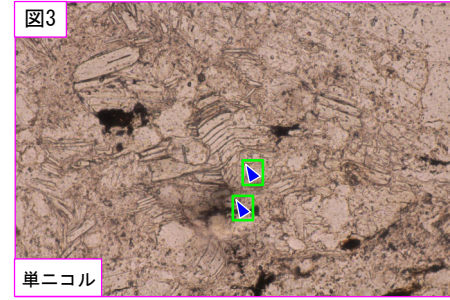
500 μm

破線はジグソー状の角礫群の範囲を示す。



ステージを反時計回りに約20度回転

青矢印は屈曲箇所を示す。 100 μm



青矢印は屈曲箇所を示す。 100 μm

余白

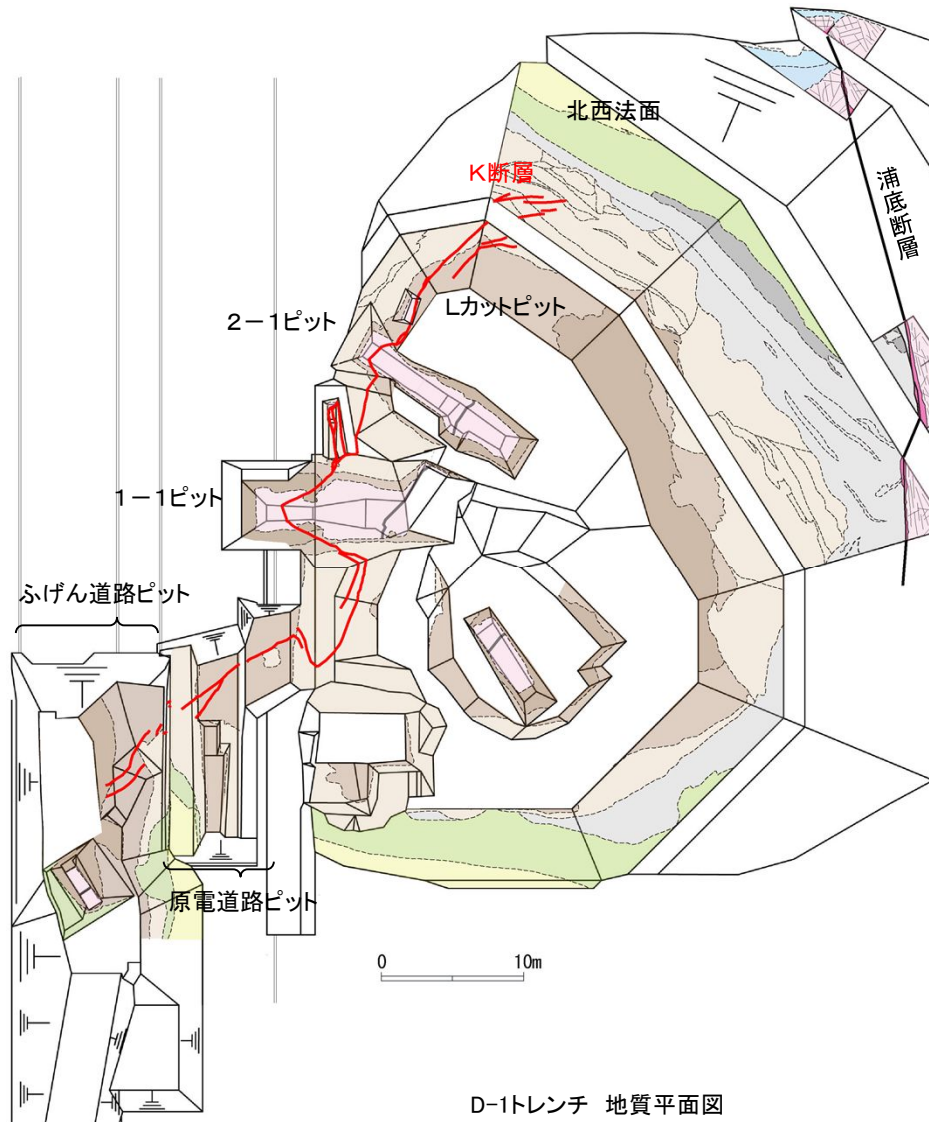
# K断層の性状

余白



# K断層の性状

- K断層の分布図を以下に示す。
- K断層は、D-1トレンチの北西法面からふげん道路ピットの中央付近に至る区間において連続して認められる断層であるが、後述の通り、これより南方へは連続せず、重要施設の直下に連続していないと判断している。



地質層序表

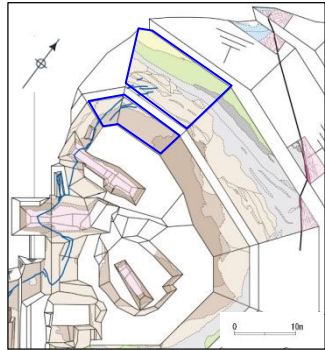
年代	地層名	色調	層相	年代指標		堆積年代
				テフラ	花粉	
完新世	⑨層	褐～にぶい黄褐	礫混じり砂質シルトからなる。⑧層とは平行な不整合面で接する。			MIS2以降
	⑧層	褐～黄橙	シルト質砂を基質とする砂礫からなり、一部に成層構造もみられる。下位の⑦層とは平行な不整合面で接する。	AT降灰層準を含む (約29～27ka)		MIS3とMIS2の境界付近
後期更新世	⑦層	褐～褐灰	礫混じり砂質シルト～礫混じりシルト質砂よりなる。山地斜面では下位層とは平行な不整合面で、低地では下位層を削刺した不整合面で接する。	DKP降灰層準を含む (約59～58ka)		MIS4～3
	⑥層	灰～暗灰	腐植質砂質シルト～シルト質砂からなり、木片を多く含む。⑤層上部と整合関係で接する。	-		MIS5a～5b
第四紀	⑤層 上部	灰白～浅黄橙	シルト質砂礫主体で、シルト層～シルト質砂層が不連続に層状を呈し、腐植質シルトを含む。緩い西側傾斜で一定の層厚を示す。	K-T <sub>2</sub> 降灰層準を含む (約95ka)	温暖期の花粉を含む	MIS5c
	⑤層 下部	灰白～浅黄橙	シルト質砂礫主体で、シルト層～シルト質砂層が不連続に層状を呈し、腐植質シルトを含む。北法面の東方に向かって層厚が薄くなる。③層とは不整合関係で接する。	美浜テフラ (127.8ka)の降灰層準を含む	温暖期の花粉を含む	MIS5e
中期更新世	③層	浅黄橙～橙	砂礫主体で、シルト層やシルト質砂層を層状からレンズ状に挟在し、チャンネルによる削り込みが複数認められる。最上部には土壌化した地層が認められる。	MIS6のテフラを含む	-	MIS6以前
	②層	にぶい橙～灰白	くさり礫を多く含む塊状で締まった砂質シルトから砂及びシルトと砂の互層からなり、一部には腐植質シルトを含む。	-	温暖期の花粉を含む	
	①層	にぶい赤褐～明黄褐	よく締まった淘汰の悪い砂礫からなり、くさり礫を多く含む。	-		
古第三紀	基盤岩					

(凡例)  
 — : 整合境界,    - : 検出されていない  
 ~ : 不整合境界,    \ : 実施せず



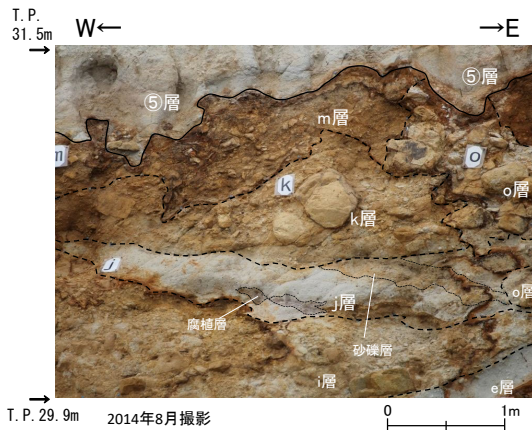


# K断層の性状(北西法面)



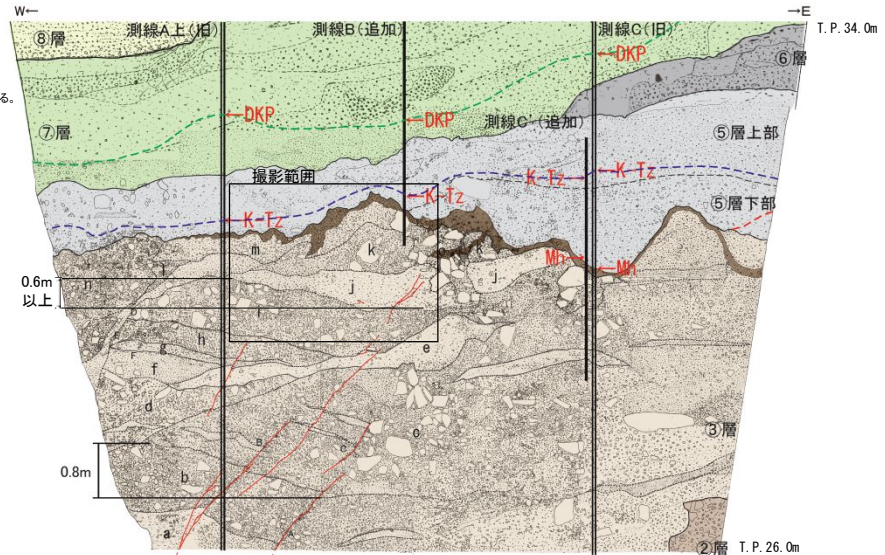
調査位置図

- 北西法面においてK断層は、③層以下の地層に逆断層変位を与えており、その変位量は90cm程度である。
- また、K断層の変位・変形の形態については、下方の地層では変位が、上方では変形が主体となっている。
- K断層によって変位・変形を受けている③層上部のj層については、腐植層や砂礫層の層理は東へ傾斜しており、同層基底ではK断層による変位・変形量は60cm以上である。
- 一方、j層直上のk層については、j層を傾斜不整合関係で覆っており、k層の基底及びk層中の砂層は概ね水平である。
- 以上のことから、K断層はk層には変位・変形を与えていないと判断される。

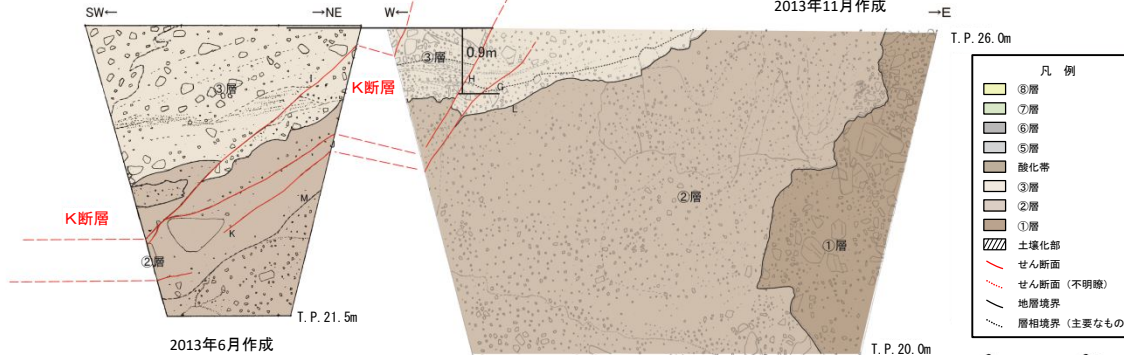


T. P. 29. 9m 2014年8月撮影

- ⑧層: 細礫  
礫径5cm以下、特に1cm以下の角～亜角礫を主体とし、まれに10cm程度の礫を含む。礫種は新鮮な花崗斑岩、アブライト、石英である。基質はシルト質細～中粒砂からなり、ゆるい。成層構造(ほぼ水平、一部斜交葉理様)が見られる。
- ⑦層: 礫混じりシルト質砂～礫混じり砂質シルト(砂礫を伴う)  
橙色～明黄褐色(7.5YR6/6～10YR6/6)、灰色(10Y6/1)を呈する。
- ⑥層: 腐植質砂質シルト～シルト質砂(一部に砂礫を伴う)  
不片を多数含む。
- ⑤層: 砂礫主体(礫混じりシルト質砂～礫混じり砂質シルトを伴う)  
大局的には上方細粒化の傾向を示す。  
黄灰色～明オリーブ灰色(2.5Y6/1～2.5GY7/1)を呈する。  
酸化帯: ③層と⑤層の境界面付近に多い。
- ④層: 砂礫  
主に20cm以下(まれに50cm大)の角～亜角礫を含む。  
礫種は花崗斑岩、花崗岩である。淘汰は極めて悪い。  
基質は細～粗粒砂で、締まりは良好である。一部レンズ状に砂礫を挟む。  
にぶい橙色～褐色(7.5YR7/3～7.5YR6/6)を呈する。  
K断層近辺の砂礫層は、撓曲を示す。
- ③層: 礫混じりシルト  
礫径0.2～30cm(まれに50cm以上)で、垂角～角礫を含む。  
礫種はアブライト、粗粒花崗岩からなる。礫率10～20%である。  
にぶい橙色～明黄褐色(5YR6/4～10B7/1)を呈する。
- ②層: 砂礫  
礫径0.5～30cm(最大100cm以上)で、垂角～角礫を含む。  
礫種は花崗斑岩、粗粒花崗岩、アブライト、石英である。淘汰は悪い。  
基質は砂質シルトで、締まりは良好である。  
黄褐色(10YR5/8)を呈する。



2013年11月作成



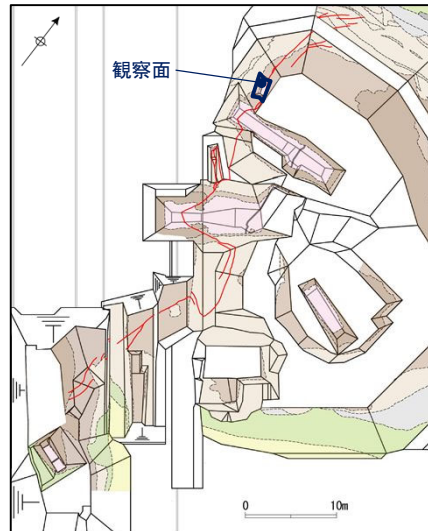
2013年6月作成

2013年6月作成

- A: せん断面: N25° E58° W
- B: せん断面: N20° E53° W
- C: せん断面: N22° E57° W
- D: 層理面(チャネル壁): N87° W42° S
- E: 層理面(チャネル壁): N33° W46° W
- F: 層理面(堆積構造): N69° E16° S
- G: せん断面: N41° E60° NW  
見かけ15cm変位(逆断層)
- H: せん断面: N33° E72° NW  
見かけ10cm変位(逆断層)
- I: せん断面: N11° W64° W
- J: せん断面: N9° W44° W
- K: せん断面: N13° E48° NW
- L: 層理面(②層③層境界): N47° W20° SW
- M: 層理面: N19° E56° NW

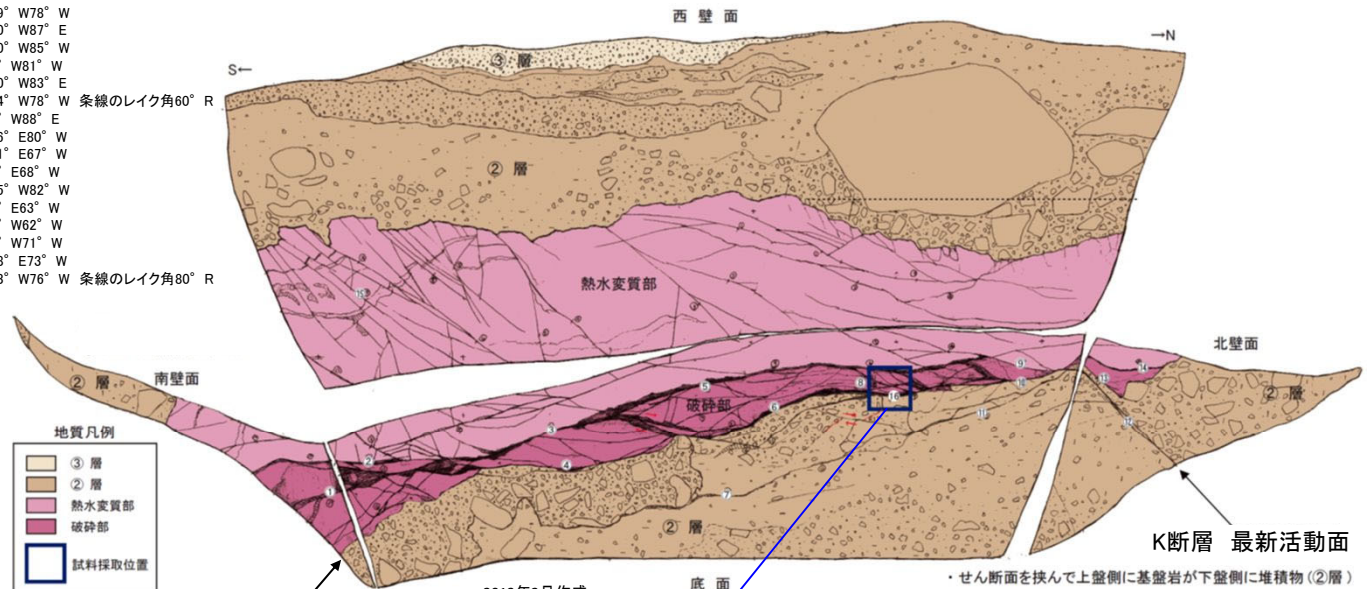
## K断層の性状(Lカットピット)

- Lカットピットのスケッチを以下に示す。
- Lカットピットでは、K断層は基盤岩と堆積物(②層)とを境している。
- 最新活動面の条線方向を確認した結果、縦ずれ成分が卓越する。また、最新活動面の薄片観察による変位センスは逆断層センスである。



調査位置図

- ① f: N29° W78° W
- ② f: N10° W87° E
- ③ f: N20° W85° W
- ④ f: N9° W81° W
- ⑤ f: N10° W83° E
- ⑥ f: N14° W78° W 条線のレイク角60° R
- ⑦ f: N7° W88° E
- ⑧ f: N26° E80° W
- ⑨ f: N11° E67° W
- ⑩ f: N2° E68° W
- ⑪ f: N15° W82° W
- ⑫ f: N2° E63° W
- ⑬ f: N1° W62° W
- ⑭ f: N9° W71° W
- ⑮ f: N18° E73° W
- ⑯ f: N13° W76° W 条線のレイク角80° R



2013年2月作成

- ・せん断面を挟んで上盤側に基盤岩が下盤側に堆積物(②層)が分布している。
- ・せん断面上盤側は10~30cm幅で変質した破砕部が分布し、堆積物(②層)中には基盤との境界面に沿って破砕・せん断構造が発達している。全体をせん断する直線的な断層ガウジは認められない。変位量が数cm程度のR1面がせん断面を細かく右ずれさせている。
- ・破砕部および堆積物(②層)中に認められるR1面から右ずれが判読される。

※青枠は性状一覧表に記載したデータの計測箇所

### K断層の最新活動面に関するデータの計測箇所について

#### 性状一覧表に記載した走向・傾斜、条線方向:

全ての観察面について、断層面のトレンドを示す代表的な箇所計測。一連の断層面については、複数計測した平均値を記載。(ただし、Lカットピットについては、走向・傾斜が断層面のトレンドを示す範囲が狭いことから1箇所とした。1-1ピット北面、南面、底盤については各観察面の平均値とした。)

#### 性状一覧表に記載した断層ガウジ・断層角礫の幅:

岩盤中の断層ガウジ・断層角礫について、平均的な幅を示す箇所計測。

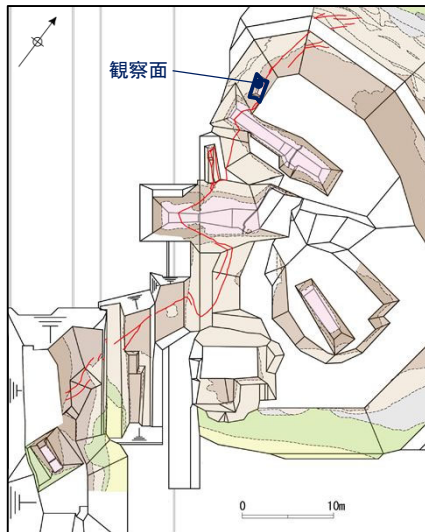
#### スケッチに記載したデータ:

上記に限らず走向・傾斜、条線方向及び断層ガウジ・断層角礫の幅を計測可能な出来るだけ多くの箇所計測。



## K断層の性状(Lカットピット)

- Lカットピットの写真を以下に示す。



調査位置図

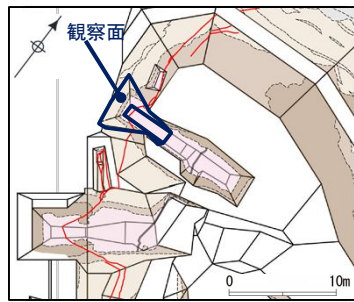


Lカットピット写真

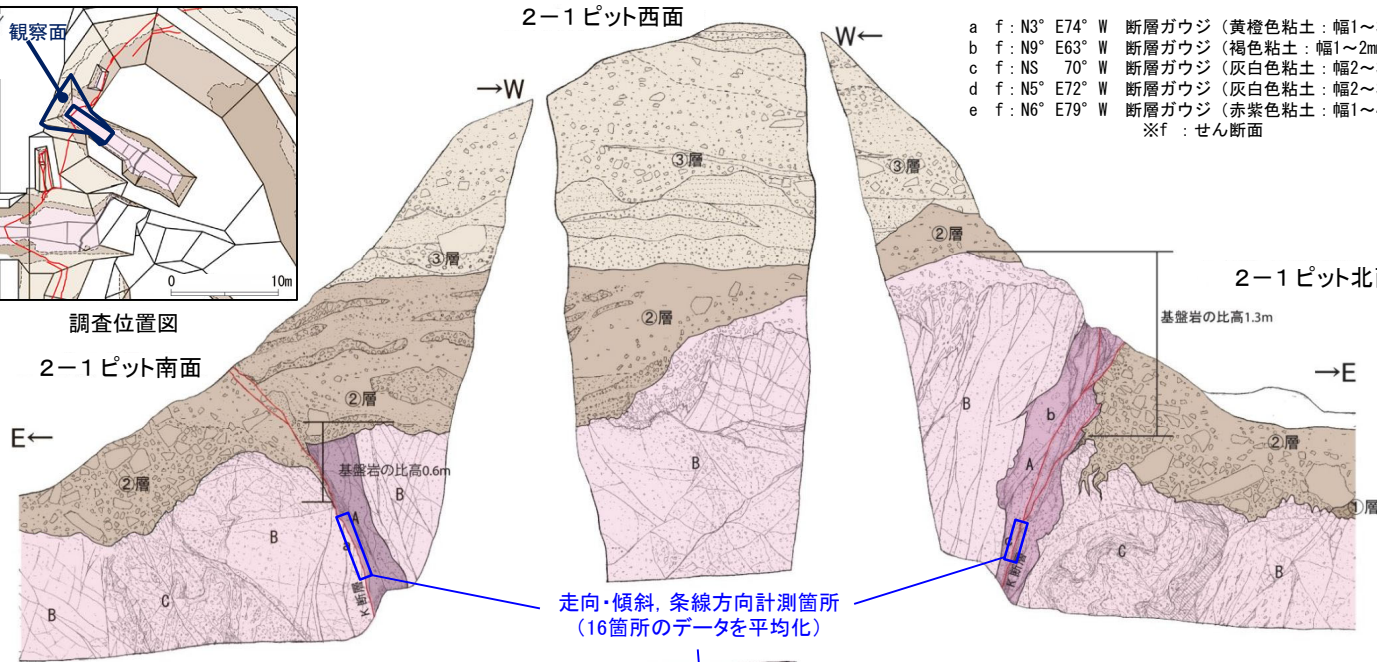
2013年2月撮影

# K断層の性状(2-1ピット)

- 2-1ピットのスケッチを以下に示す。
- 2-1ピットでは、K断層は基盤岩から堆積物(②層)までを変位させている。
- 最新活動面について複数の条線方向を統計的に整理した結果、縦ずれ成分が卓越する。また、最新活動面の薄片観察による変位センスは逆断層センスである。



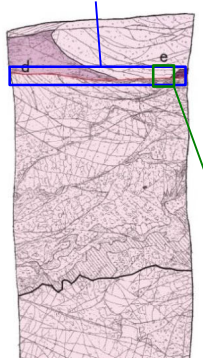
調査位置図



- a f : N3° E74° W 断層ガウジ (黄橙色粘土: 幅1~3mm) 条線 (rake)=67° R
- b f : N9° E63° W 断層ガウジ (褐色粘土: 幅1~2mm)
- c f : NS 70° W 断層ガウジ (灰白色粘土: 幅2~3mm)
- d f : N5° E72° W 断層ガウジ (灰白色粘土: 幅2~3mm)
- e f : N6° E79° W 断層ガウジ (赤紫色粘土: 幅1~4mm)
- ※f : せん断面

基盤岩 (花崗斑岩)

- A: 花崗斑岩質カクレーサイト: 砂質シルト~礫混じりシルト質砂状。やや軟質。全体的に変質を受けている。
- B: 風化花崗斑岩: 浅黄橙色 (7.5YR8/4~7.5YR8/6)。主にやや脆弱な角礫状。
- C: 花崗斑岩 (破碎質部): 黒褐色~浅黄橙色 (7.5YR3/2~7.5YR8/6)。主に砂質細礫状。部分的に砂質シルト~シルト質砂状を呈する。
- ②層: 礫混じり砂質シルト: 明褐色~明褐灰色 (7.5YR7/1~7.5YR8/6)。礫は径5cm以下の風化礫。下部ほど細粒。シルト質砂礫: 礫径50cm以下の垂角礫を含む。
- ③層: 礫混じりシルト質細砂: 橙~浅黄橙色、灰白色 (5YR7/8~7.5YR8/2)。基質はシルト、細~中砂主体。砂礫層をレンズ状に挟み、淘汰が悪い。礫は径5cm以下の風化花崗斑岩の垂角礫主体。径15cmのものも見られる。



2-1ピット底盤

凡例	
[Symbol]	③層
[Symbol]	②層
[Symbol]	花崗斑岩
[Symbol]	破碎部
[Symbol]	熱水変質部
[Symbol]	せん断面
[Symbol]	せん断面 (不明瞭)
[Symbol]	地層境界



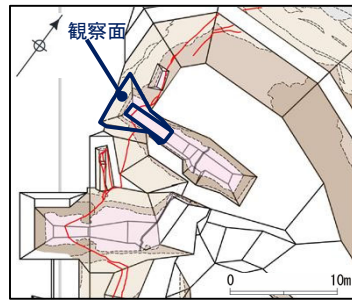
※青枠, 緑枠は性状一覧表に記載したデータの計測箇所

断層ガウジ・断層角礫の幅計測箇所

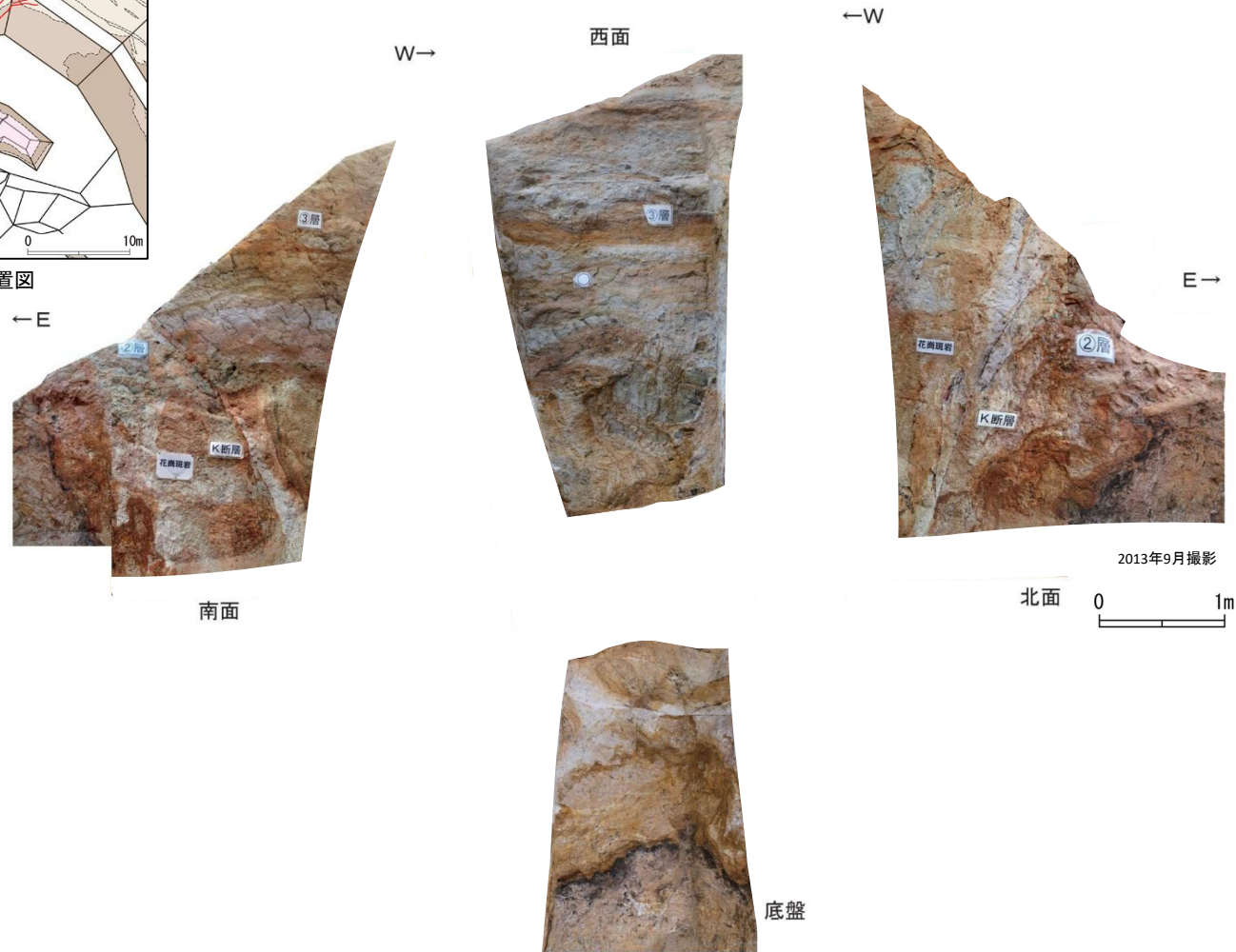
2013年4月作成

# K断層の性状(2-1ピット)

• 2-1ピットの写真を以下に示す。



調査位置図



2-1ピット写真



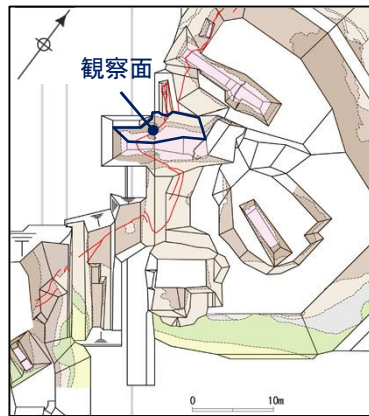
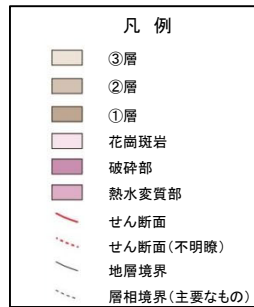
# K断層の性状(1-1ピット北面)

- 1-1ピット北面のスケッチを以下に示す。
- 1-1ピット北面では、K断層は基盤岩から堆積物(③層)までを逆断層的に変位させている。
- 基盤岩中では、K断層はN-S走向で高角度西傾斜である。最新活動面について複数の条線方向を統計的に整理した結果、縦ずれ成分が卓越する。

- ③層: 砂礫を主体とする。浅黄橙色(7.5YR8/3)。礫率20~40%で径10cm以下の垂角礫からなる。淘汰は良い。基質は中~粗粒砂からなり、一部、細砂及びシルトからなり、細礫を含み、葉理が発達する。
- ②層: シルト質砂礫を主体とする。にぶい橙色(5YR7/4)。礫率15~25%で径10~70cm程度の角~垂角礫からなる。基質はシルト及び中~細粒砂からなる。上部には砂礫混じりシルトが分布し、主に粘土、シルト、細粒砂からなる。また、下部の一部には、シルト質砂礫が分布している。
- ①層: 砂礫を主体とする。浅黄橙色(7.5YR7/3)。礫率30~60%で径30cm以下(最大径50cm)の垂角礫からなる。淘汰は極めて悪い。基質は中~極粗粒砂からなる。
- Gp: 花崗斑岩: 浅黄橙色(7.5YR8/4)。全体に風化を受け、一部、土砂状を呈する。また、断層周辺部では、花崗斑岩質カタクレサイトが分布し、礫状及びシルト質砂状を呈する。全体的に変質している。

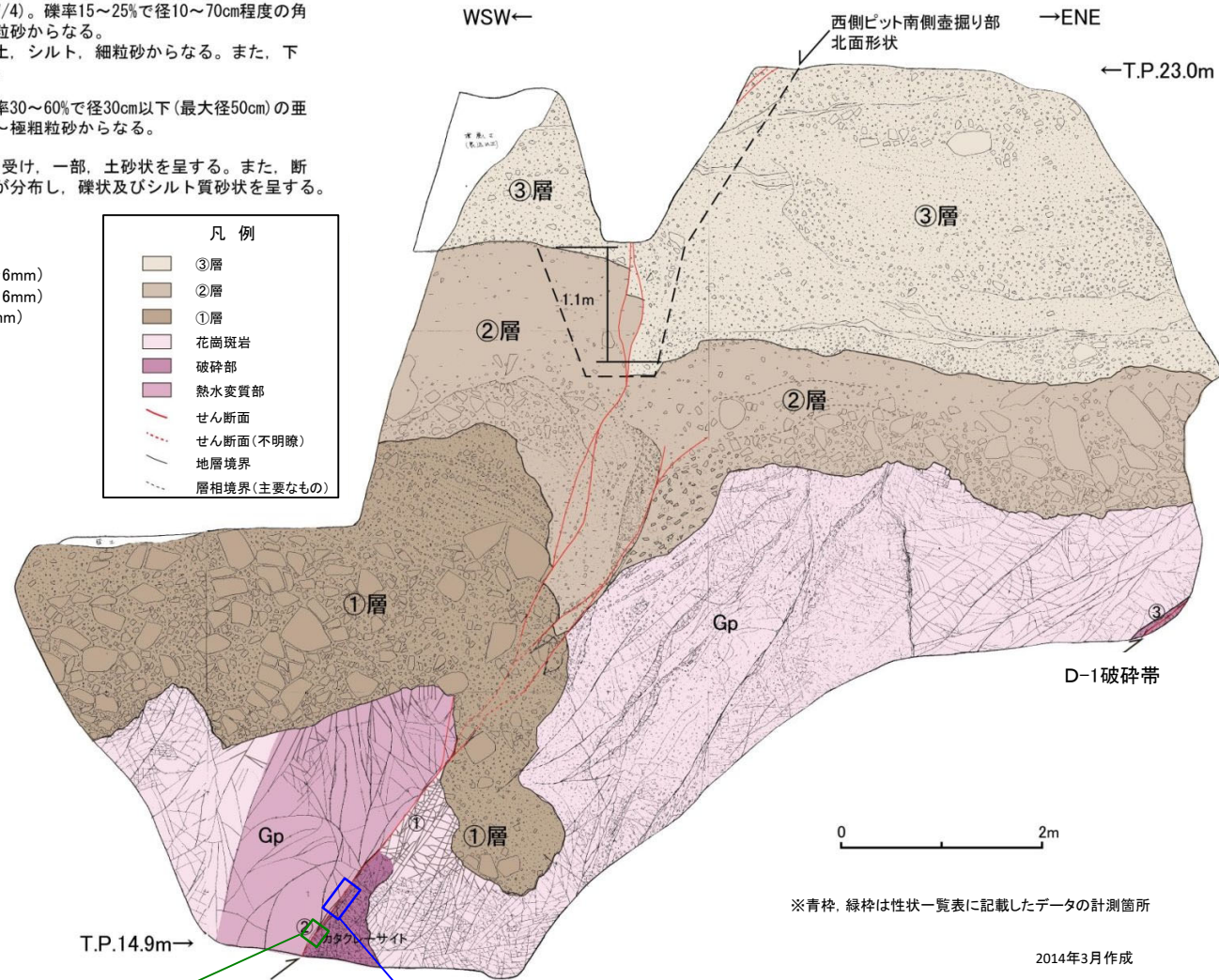
- ①: f: N14° W64° W 断層ガウジ(灰褐色粘土:幅2~6mm)  
 ②: f: N10° W61° W 断層ガウジ(灰褐色粘土:幅3~6mm)  
 ③: f: N6° E65° W 断層ガウジ(橙色粘土:幅2~15mm)

f: せん断面



調査位置図

断層ガウジ・断層角礫の幅計測箇所(1-1ピット北面)



※青枠、緑枠は性状一覧表に記載したデータの計測箇所

2014年3月作成

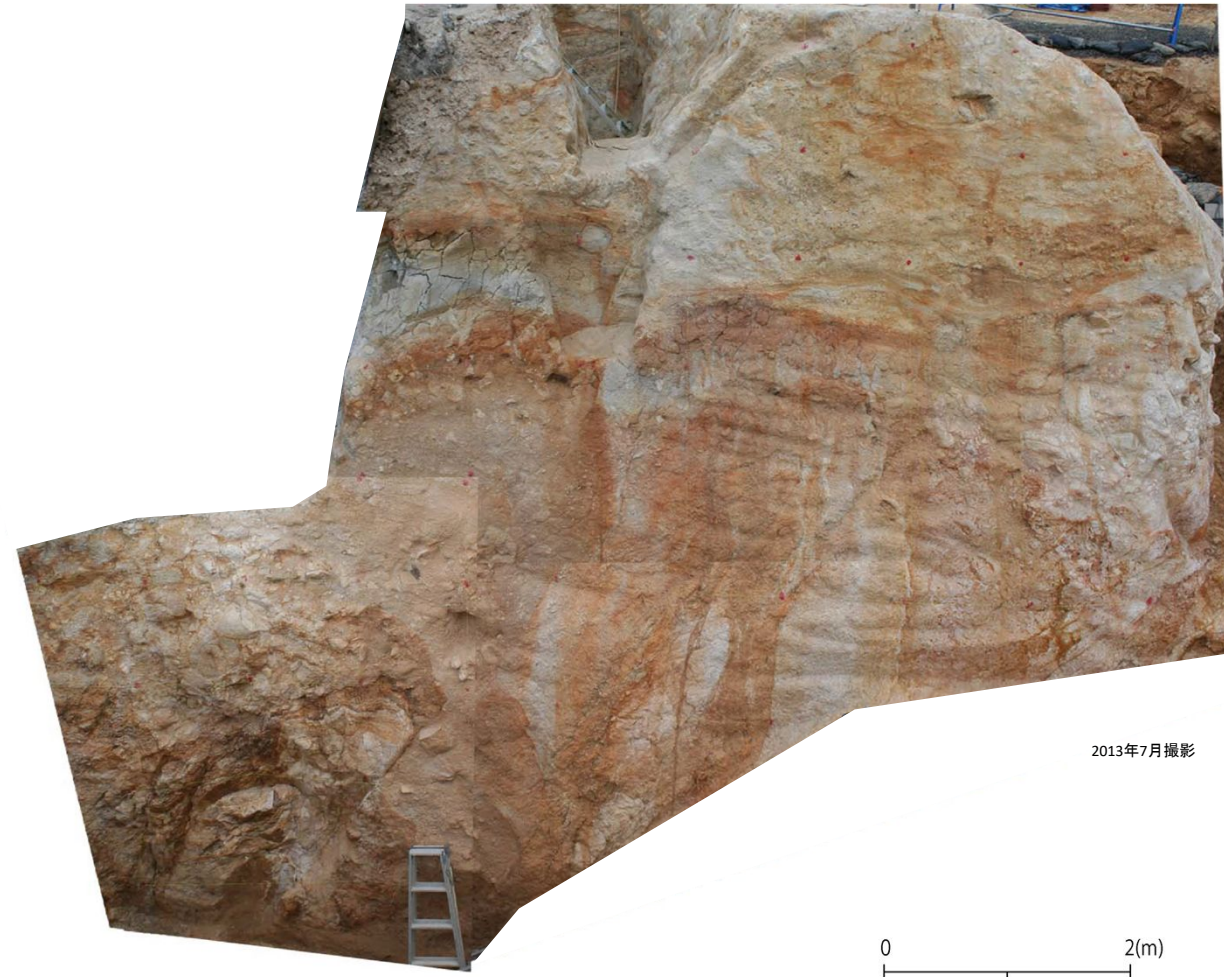
走向・傾斜、条線方向計測箇所(1-1ピット北面: 12箇所のデータを平均化)

## K断層の性状(1-1ピット北面)

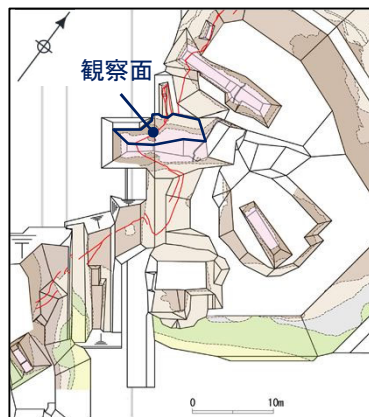
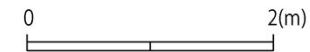
- 1-1ピット北面の写真を以下に示す。

WSW←

→ENE



2013年7月撮影



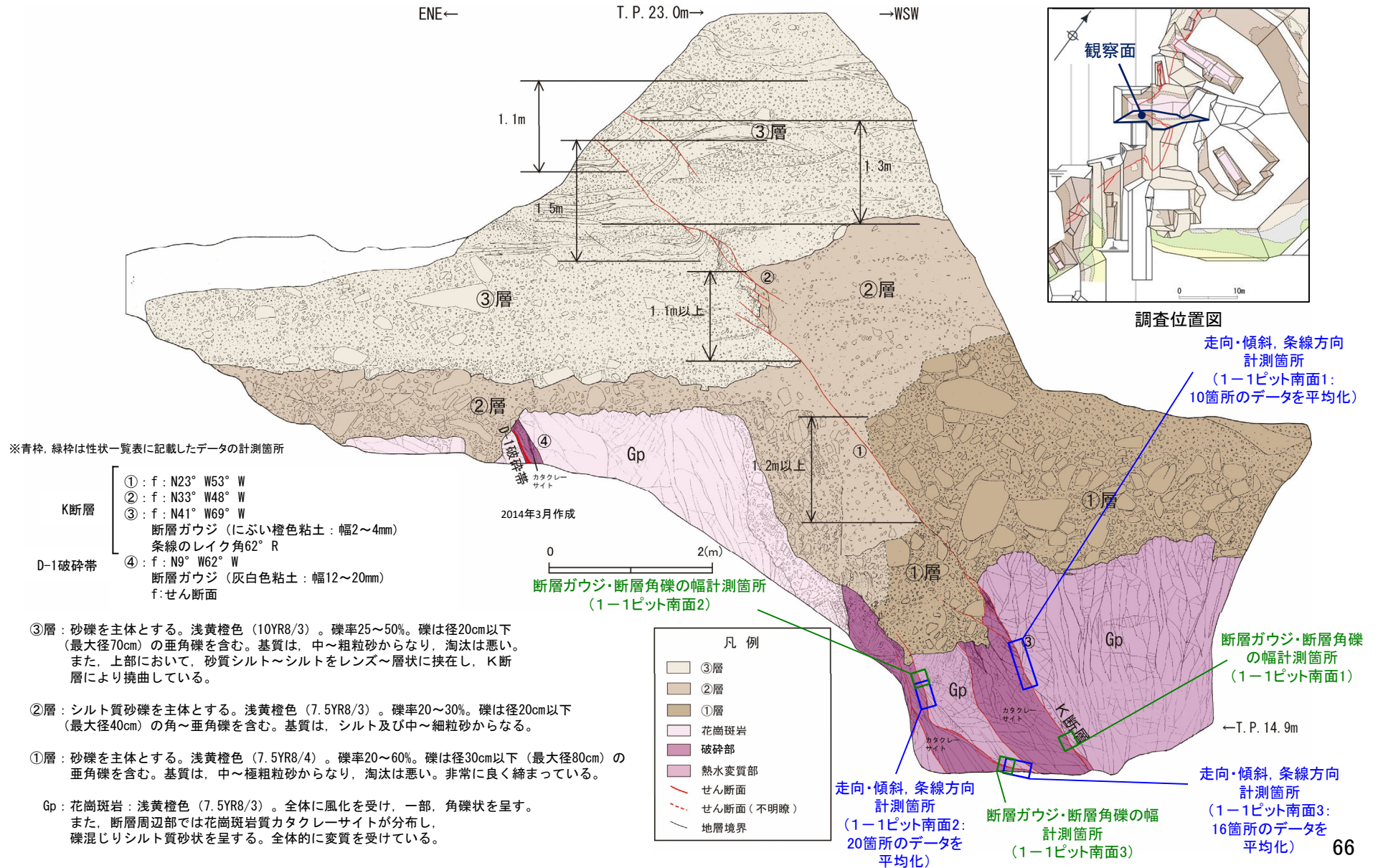
調査位置図

1-1ピット北面写真



# K断層の性状(1-1ピット南面)

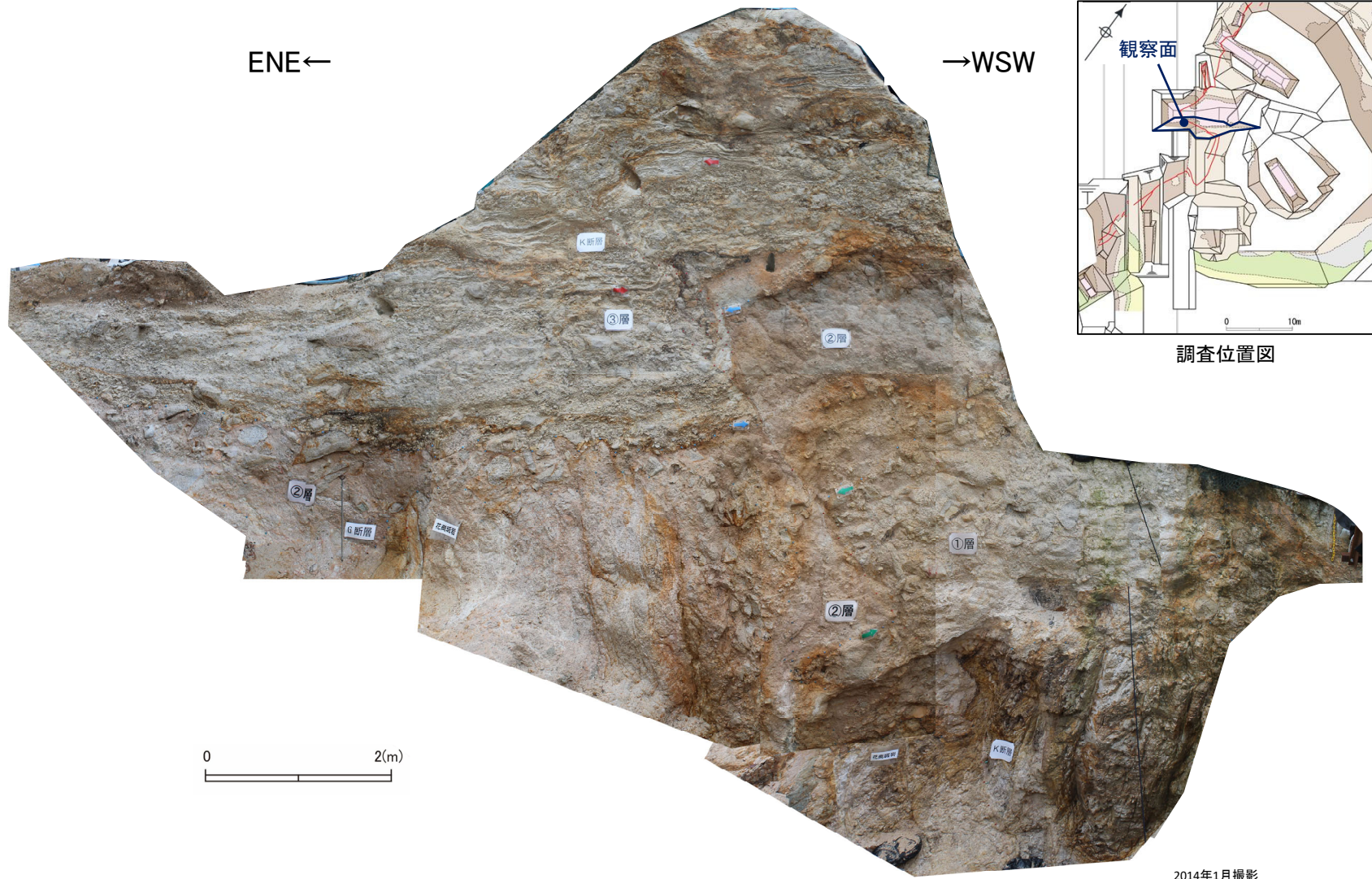
- 1-1ピット南面のスケッチを以下に示す。
- 1-1ピット南面では、K断層は基盤岩から堆積物(③層)までを逆断層的に変位させている。
- 基盤岩中では、K断層はNW-SE走向で高角度西傾斜である。最新活動面について複数の条線方向を統計的に整理した結果、縦ずれ成分が卓越する。





# K断層の性状(1-1ピット南面)

- 1-1ピット南面の写真を以下に示す。

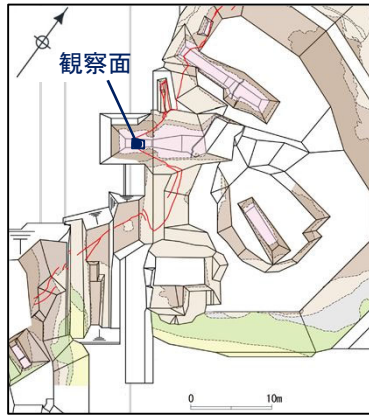


1-1ピット南面写真



## K断層の性状(1-1ピット底盤)

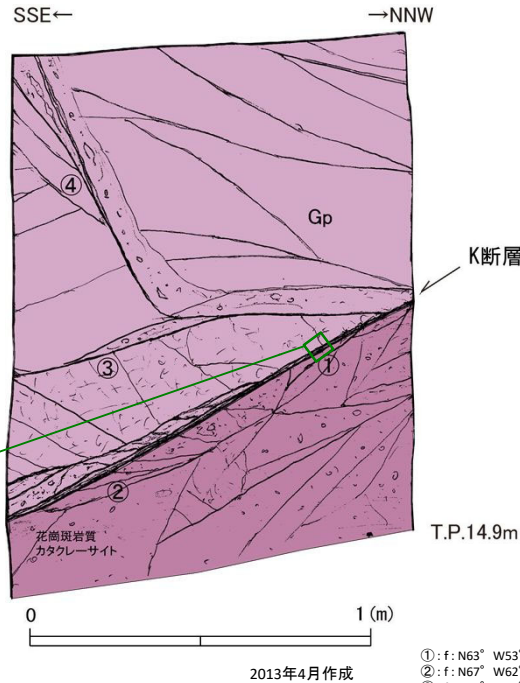
- 1-1ピット底盤のスケッチ及び写真を以下に示す。
- K断層はWNW-ESE走向で高角度南傾斜である。



調査位置図

断層ガウジ・断層角礫の幅  
計測箇所  
(1-1ピット底盤1)

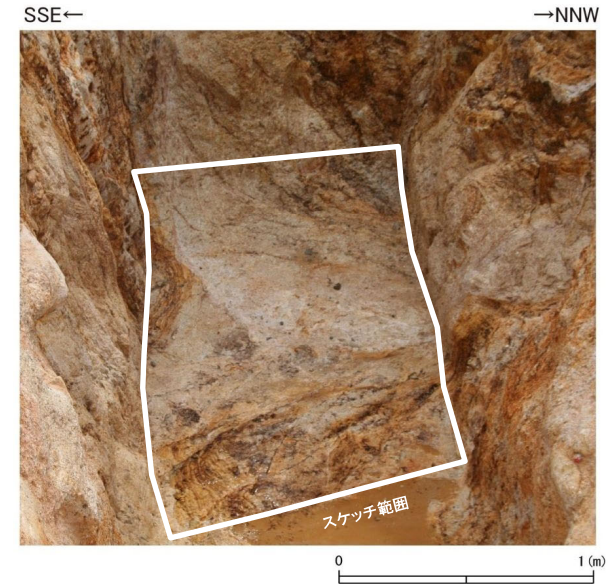
※緑枠は性状一覧表に記載したデータの計測箇所



2013年4月作成

- ①: f: N63° W53° S 断層ガウジ(灰褐色粘土: 幅3~6mm)
- ②: f: N67° W62° S 断層ガウジ(灰褐色粘土: 幅3~5mm)
- ③: f: N54° W74° S 断層ガウジ(灰白色粘土: 幅1~4mm)
- ④: f: N18° E86° W
- f: せん断面

Gp: 花崗斑岩: 橙色~浅黄橙色 (7.5YR7/6~10YR8/3)  
全体的に変質を受け、やや軟質である。断層周辺部では、  
花崗斑岩質カタクレーサイトが分布し、礫混じりシルト  
質砂状を呈する。

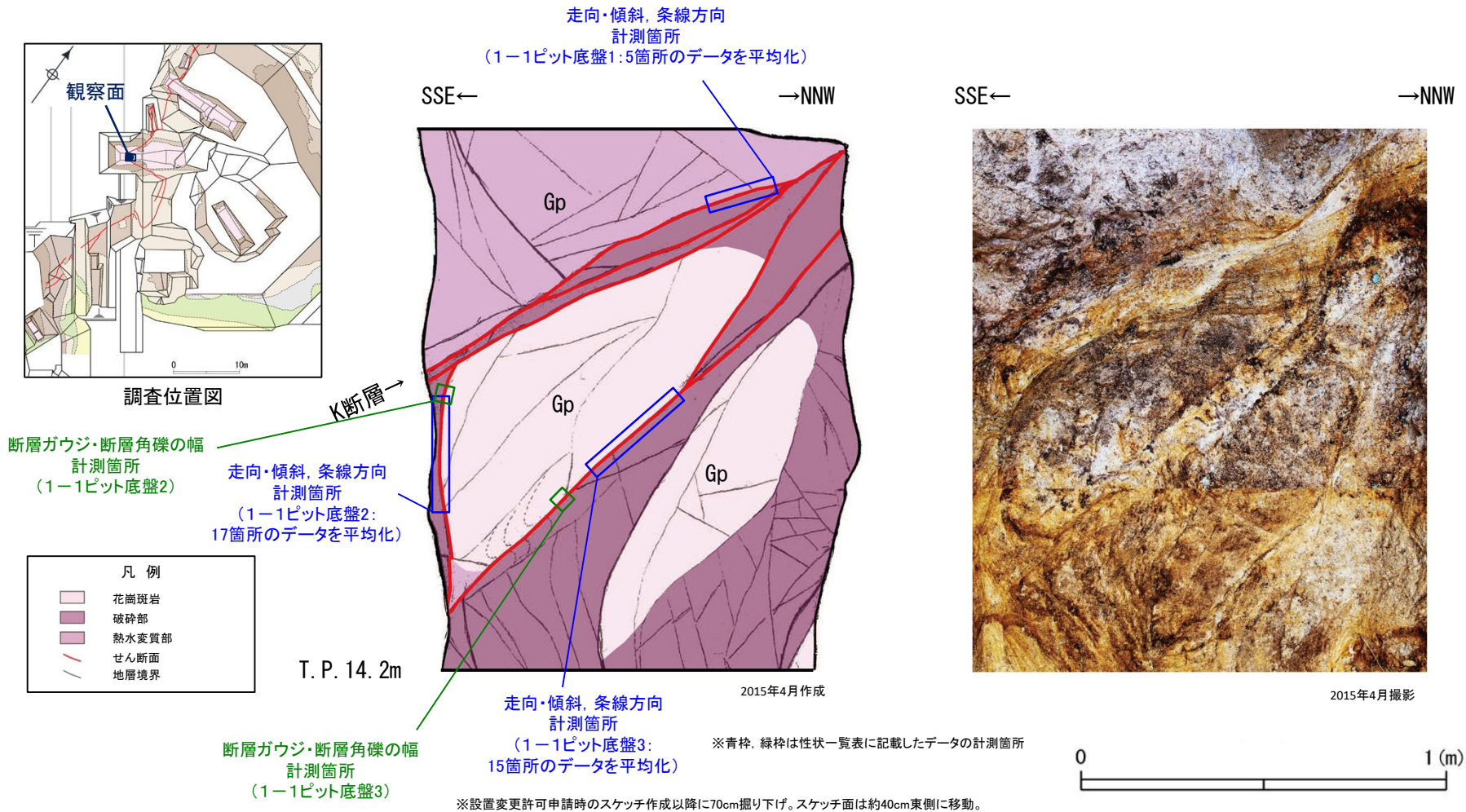


2013年4月撮影



# K断層の性状(1-1ピット底盤)

- 1-1ピット底盤については、設置変更許可申請時のスケッチ作成以降にサンプリングを実施したことから、底盤を整形し再観察を行っている。
- 再観察時のスケッチ及び写真を以下に示す。
- K断層はWNW-ESE走向で高角度南傾斜である。最新活動面について複数の条線方向を統計的に整理した結果、縦ずれ成分が卓越する。

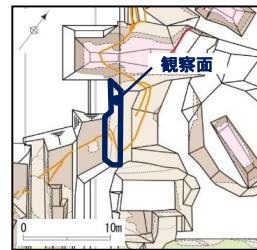
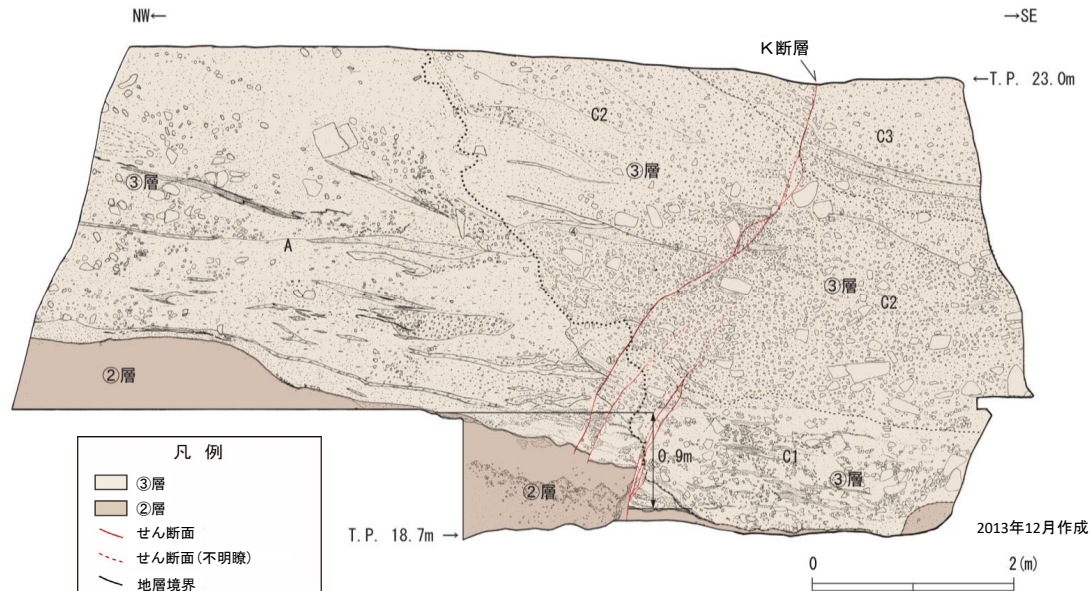
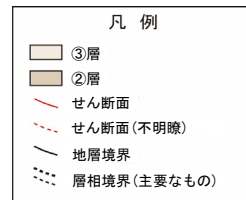




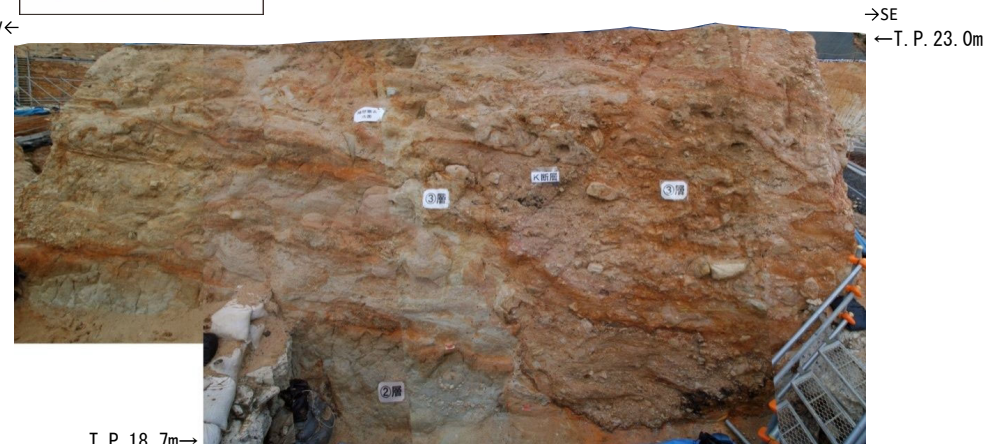
# K断層の性状(擁壁撤去法面)

- ②層：礫混じりシルト質砂：褐灰色～浅黄橙色 (7.5YR6/1～10YR8/4)  
 基質はシルト、細～中粒砂であり、礫は径100mm以下の角～亜角礫主体である。全体的にやや軟質で北西側ほど硬質となる。  
 ②層上限面の傾斜は、K断層の上盤側で10°程度で、下盤側でほぼ水平を示す。
- ③層  
 A層：礫・シルト混じり砂：浅橙色～浅黄橙色 (5YR8/3～10YR8/3)  
 礫は径20mm以下の風化を受けた亜円～亜角礫主体である。  
 基質は細～粗粒砂主体であり、レンズ状のシルト～シルト質砂を含む。
- C1層：砂礫：明黄褐色～にぶい橙色 (10YR6/6～7.5YR7/3)  
 礫率30～60%であり、レンズ状に砂層を挟む。  
 礫混じり砂質シルト：淡赤橙色～灰白色 (2.5YR7/3～7.5YR8/1)  
 基質は細～中粒砂であり、淘汰はやや良い。  
 礫は径40mm以下の風化を受けた亜角～亜円礫主体である。
- C2層：砂礫：にぶい橙色～明黄褐色 (7.5YR7/3～10YR6/6)  
 礫率30～60%であり、淘汰はきわめて悪い。  
 礫は径200mm以下の風化を受けた角～亜角礫主体である。  
 基質は中～粗粒砂であり、レンズ状に中～粗粒砂の砂層を含む。
- C3層：礫質砂：にぶい橙色～浅黄橙色 (5YR6/4～7.5YR8/3)  
 礫は径100mm以下の風化を受けた亜角～亜円礫主体である。  
 基質は中～粗粒砂で、淘汰はやや悪い。

- ① f : N26° E57° W  
 ② f : N19° E48° W  
 ③ b : N66° E14° S  
 ④ b : N6° E12° E  
 f : せん断面  
 b : 層理面



調査位置図



2013年12月撮影

- D-1トレンチ擁壁撤去法面では、②層、③層を逆断層センスで変位させるK断層が認められる。
- ②層上面の鉛直変位量は、撓曲変形を含めて約0.9mである。