

浜岡原子力発電所 敷地の地質・地質構造（コメント回答） 補足説明資料

2021年4月2日

審査会合・現地調査におけるコメント一覧（未回答分）

No.	コメント概要	コメント時期	コメント回答該当箇所
85	断層面に見られる細粒物質の微細構造や組成も含めたH断層系の分布形態・性状について、調査・分析結果を表形式で各断層横並びに示したうえで、それらの特徴を比較・分析し、H断層系の活動性評価は、どの断層でも代表できることを示すこと。	2020年7月3日 第871回審査会合	本編資料 4.1章 H断層系の分布形態 4.2章 H断層系の性状 4.3章 敷地深部の地質構造 4.4章 H断層系の分布形態・性状等に基づく評価
86	H断層系の断層面にみられる細粒物質が周辺母岩に比べ軟質であることの考察について、記載を充実させること。	2020年7月3日 第871回審査会合	本編資料 4.4章 H断層系の分布形態・性状等に基づく評価 pp.295-298
87	正断層に関する一般的特徴やH断層系の形成要因に関する文献の引用に際し、引用理由も含め適切に整理すること。	2020年7月3日 第871回審査会合	補足説明資料 1章 正断層に関する一般的特徴やH断層系の形成要因に関する文献の再整理について
88	大深度ボーリングNo.5孔及びNo.7孔の柱状図において、H断層系と関連するような性状の記載のある深部の断層について、事業者の解釈を示すこと。	2020年7月3日 第871回審査会合	補足説明資料 2章 大深度ボーリング柱状図においてH断層系と関連があるように記載された深部の断層について

回答済みコメント（No.1～84）の一覧は補足説明資料Ⅱ章に掲載

1. 正断層に関する一般的特徴やH断層系の形成要因に関する文献の再整理について	3
2. 大深度ボーリング柱状図においてH断層系と関連があるように記載された深部の断層について	14
3. H断層系の露頭観察結果（本編資料未掲載分）	20
4. 引用した文献の概要（H断層系各断層間の形成時期の関係，H断層系各断層の再活動の有無 関連）	36
I 前回の審査会合からの主な追加，修正	51
II 既往コメント一覧	53
III 参考文献一覧	59

<過去の審査会合資料との関係について>
過去の審査会合における既報告事項を含む
頁には，既提出資料との関係についての注
釈を頁右上に記載する。

(注釈例)

第443回 資料2-1

① ②
p.14 追記
③ ④

①資料を提出した審査会合開催回

②資料番号

③該当頁

④「一部修正」：既提出資料から評価を見直したもの。
「追記」：既提出資料から評価の見直しはないものの、

記載の充実，適正化を図ったもの。

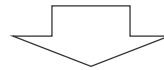
「再掲」：既提出資料から変更のないもの。

(スライドタイトルの変更等軽微な変更は含む。)

1 正断層に関する一般的特徴や H断層系の形成要因に関する文献の再整理について

<コメントNo.87>

- 正断層に関する一般的特徴やH断層系の形成要因に関する文献の引用に際し、引用理由も含め適切に整理すること。



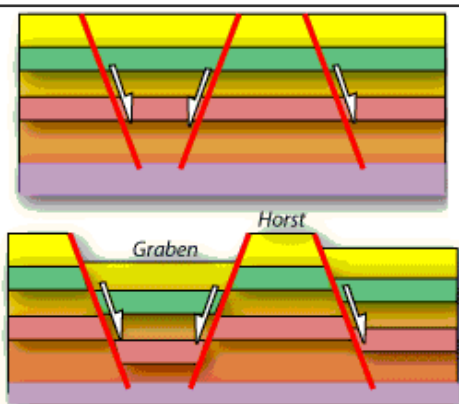
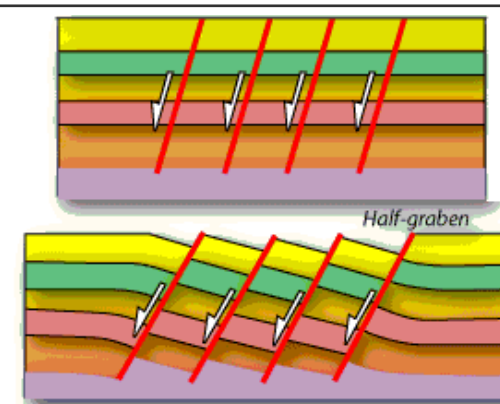
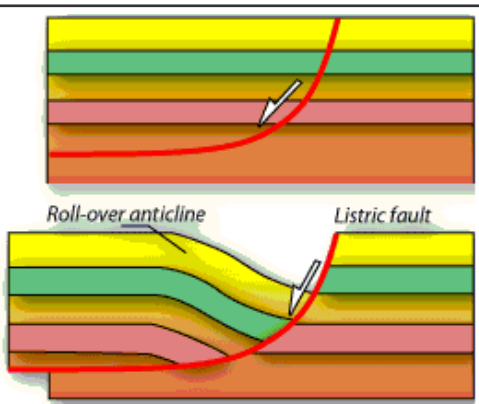
<回答要旨>

- domino faultsに関する事例について、文献においてdomino faultsとされているものと、文献ではdomino faultsとされていないもののその形態的特徴がdomino faults と類似する構造のうちH断層系の形成環境と同様な未固結～半固結地盤における事例とを区別し、整理した。
- Moore et al.(2015) の引用において、H断層系の活動性評価に関する記載を見直した。

(1) domino faultsに関する知見の整理

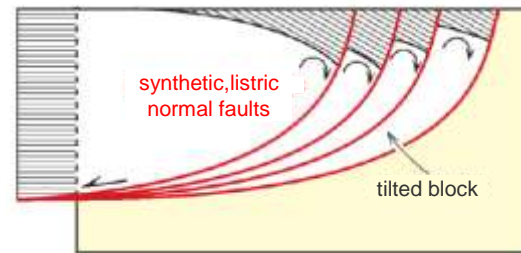
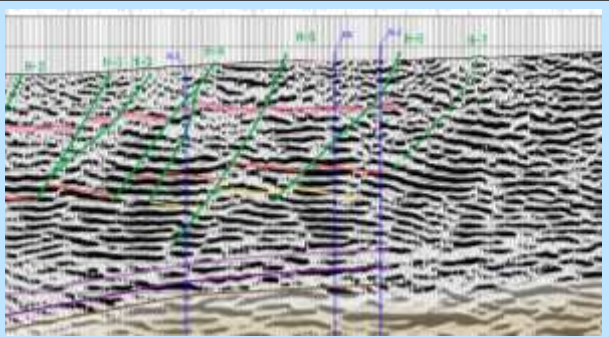
正断層に関する一般的特徴の整理

- 一般的に、正断層には、その形態的な特徴から、Planar non-rotational faults, domino faults(Planar rotational faults)及びListric faultsの3タイプがあるとされている (Burg (2017), The University of Sydneyほか)。
- H断層系は、平行な正断層群であり浅部の地層の後方回転がみられることからdomino faultsまたはListric faultsに近い形態を示すが、深部の低角化や上盤側の地層の背斜が見られず、Listric faultsというよりむしろ、domino faultsとの類似性が認められる。そこで、domino faults について詳細な知見を整理する。

タイプ	Planar non-rotational faults	domino faults (Planar rotational faults)	Listric faults
一般的特徴	<ul style="list-style-type: none"> • 断層面は平面 • 共役の断層に挟まれたブロックが回転を伴わず沈降し、horstまたはgrabenを形成する正断層群 	<ul style="list-style-type: none"> • 断層面は平面 • 断層に挟まれたブロック (断層間ブロック) の後方回転を伴う平行な正断層群 	<ul style="list-style-type: none"> • 断層面は深度が深くなるにつれて傾斜が緩やかになる • 上盤側の地層には背斜が形成される • 断層群となる場合もある
	 <p>The University of Sydney (HPより)</p>	 <p>The University of Sydney (HPより)</p>	 <p>The University of Sydney (HPより)</p>

H断層系

- 浅部において、断層間ブロックの後方回転を伴う平行な正断層群が等間隔に認められる。
- 断層の深部での低角化は認められず、上盤側の背斜構造も認められない。



Burg (2017), 図は左右反転

domino faultsの主な特徴

- domino faultsは, domino model , bookshelf modelとも称され, Fossen(2010b), UNIVERSITY OF LEEDS(2013), Burg(2017)等により, 次のような特徴を持つ断層群として整理されている。
 - 断層間ブロックの後方回転を伴う等間隔で平行な正断層群。
 - すべての断層は同じ傾斜を持つ。
 - すべての断層は同じ変位量を持つ。
 - すべての断層間ブロックは同時に同じ速度で回転する, すなわち, すべての断層は同時に活動する。

Fossen(2010b)

- rigid domino modelの特徴として, 以下を挙げている。
 - 断層間ブロック内部にひずみは生じない。
 - 断層と地層は同時に同じ速度で回転する。
 - 断層は最終的に断層に沿って一定の等間隔になる。
 - すべての断層は同じ傾斜 (平行) を持つ。
 - 断層は同じ変位量を持つ。
 - 地層と断層は平面。
 - すべての断層間ブロックは同じ時間と速度で後方回転する。
- また, 断層間ブロックの底面と基盤の間の空隙は, 後方回転する断層間ブロックの基部に粘土, 塩, 貫入マグマなどの可動媒体を導入することで解決できるとしている。
- さらに, rigid domino modelの特徴のうち断層の大きさ (長さ, 変位量など) の変化を許容しない点は, 断層間ブロック内部のひずみを許容したsoft domino modelにより解決できるとしている。

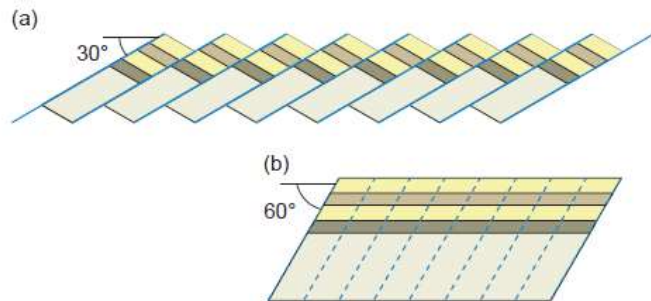
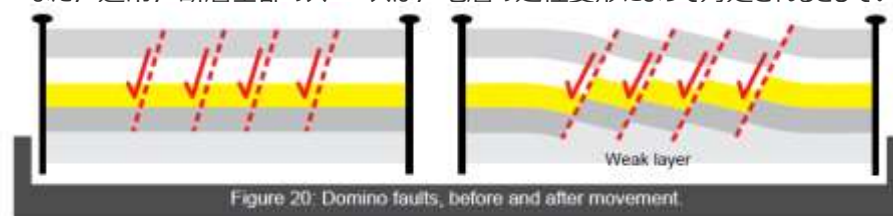


Figure 17.3 (a) Schematic illustration of rigid domino-style fault blocks. (b) Such fault blocks can be restored by rigid rotation until layering is horizontal. In this case we have applied 30° rotation and displacement removal.

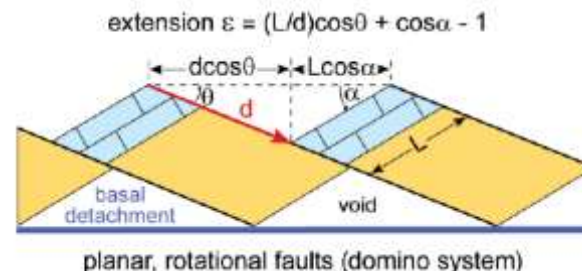
UNIVERSITY OF LEEDS(2013)

- Domino faultsを, 平行な正断層群と断層活動に伴い後方回転する断層間ブロックからなる一連の構造であるとし, 理想的なモデルでは, 断層は同じ傾斜で, 断層間ブロックは同じサイズであり, 断層間ブロックは剛体として振る舞い, 同時に同じ速度で後方回転するとしている。
- また, 通常, 断層基部のスペースは, 地層の延性変形によって対処されるとしている。



Burg(2017)

- 平行な平面の断層面と断層間ブロックは, 整列したドミノの駒や本を同時に傾けるようなイメージで, 断層の走向にほぼ平行な軸を中心に一緒に後方回転するとし, 層理面と断層の角度は変わることなく, 断層と断層間ブロックは, 同じ速度で同時に後方回転するとしている。
- また, 底部の空隙は, 地層の延性変形で解消されるとしている。



domino faultsとされている正断層群の事例

- domino faultsの特徴を持つ正断層群は、圧縮場の日本周辺では稀であるものの、引張場の地域では多く報告されており、明確に domino faultsと分類している文献もある（Fossen and Hesthammer (1998), Kaewkor et al. (2015) 等）。

Fossen and Hesthammer(1998)

- 伸長域である北海のGullfaks Fieldは、典型的なdomino faultsの認められる西部と、ホルスト複合体である東部、緩やかな褶曲構造を持つ両構造の境界部分に分けられるとしている。
- 本地域の、主要な断層は、ドミノ領域では低角であるのに対し、ホルスト複合体では高角であるが、これは、両領域の断層はほぼ同時期、伸長の初期段階に高角な断層として形成された後、ドミノ領域がさらに伸長・回転し断層が低角化したためと解釈している。

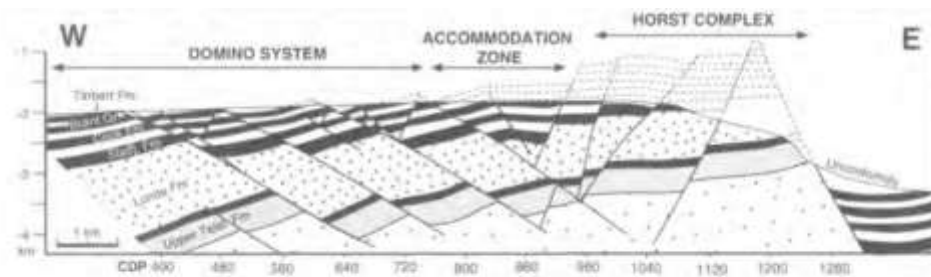
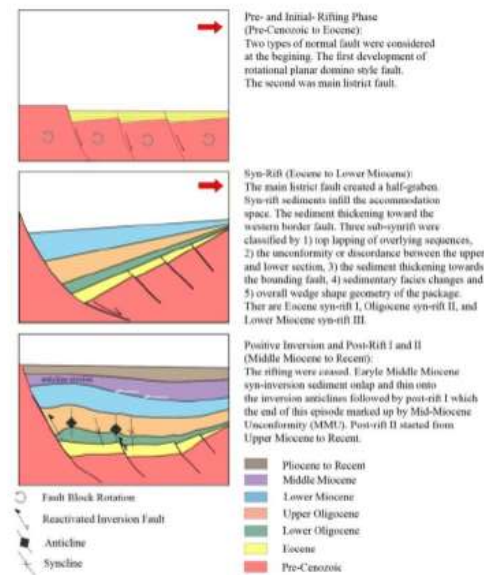
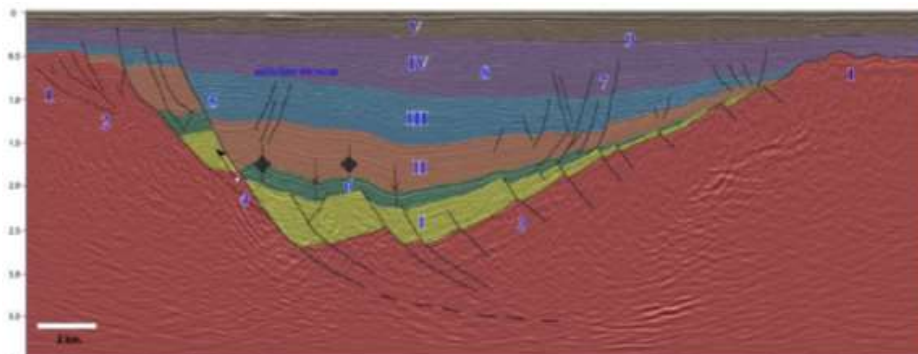


Fig. 1. Regional map of the northern North Sea (inset map) and of the Gullfaks-Statfjord area, and a profile across the Gullfaks Field.

Kaewkor et al. (2015)

- タイ湾南西部のSongkhla盆地に見られる正断層群の形成過程について、深部の地層が水平に堆積した時代に最初にドミノスタイルの断層群が形成されたのち、西縁のリストリック断層により断層群全体が大きく回転し、その後、インバージョンにより西縁断層付近に背斜が形成され隆起したものと解釈している。



未固結～半固結地盤におけるdomino faults と類似する構造の事例

- domino faultsであるとの明記はないものの、 domino faultsと形態的特徴が類似している平行で等間隔に分布している正断層群は、日本周辺の第四系においても認められる。
- Moore et al.(2015)は、南海トラフ熊野灘沖の前弧海盆中に、高角で平行な正断層群を推定している。この構造は、未固結の地盤において堆積物の傾動によって生じた引張応力によって形成された平行な正断層群という点において、H断層系の形成環境や分布形態と類似している。

Moore et al.(2015)

- 南海トラフ熊野灘沖の前弧海盆中の音波探査記録において、陸側に低角度で傾斜する堆積構造中に、同じく陸側に高角度傾斜する平行な正断層群が推定される。
- 本知見に示される正断層群は、巨大分岐断層に沿う隆起帯の成長等による堆積物の傾動が要因とされ、H断層系とはテクトニクス的な背景は異なり、また海底地すべりとは解釈されていないものの、“隆起に伴う表層付近の地層の傾動によって生じた引張応力によって形成された、地下深部に連続せず、後方回転を伴う一連の平行な正断層群”という観点では同一であり、地すべり移動体中に生じる後方回転を伴う一連の平行な正断層群と類似する。

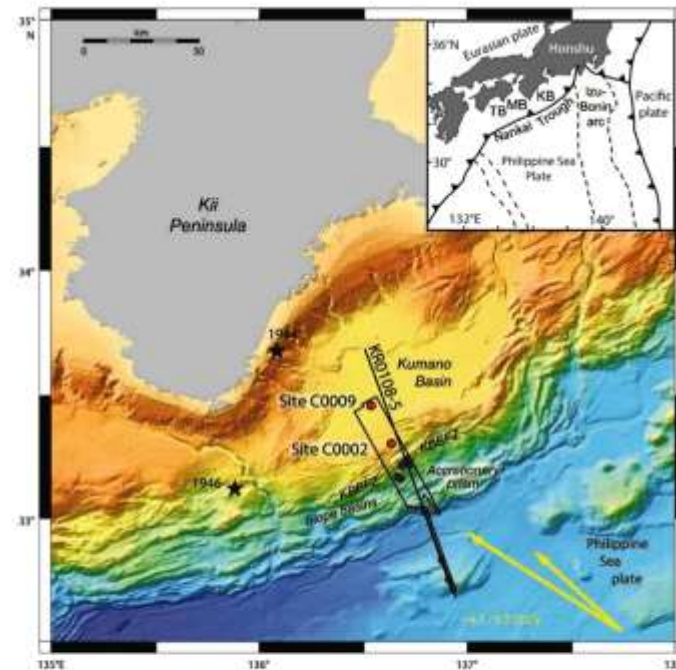
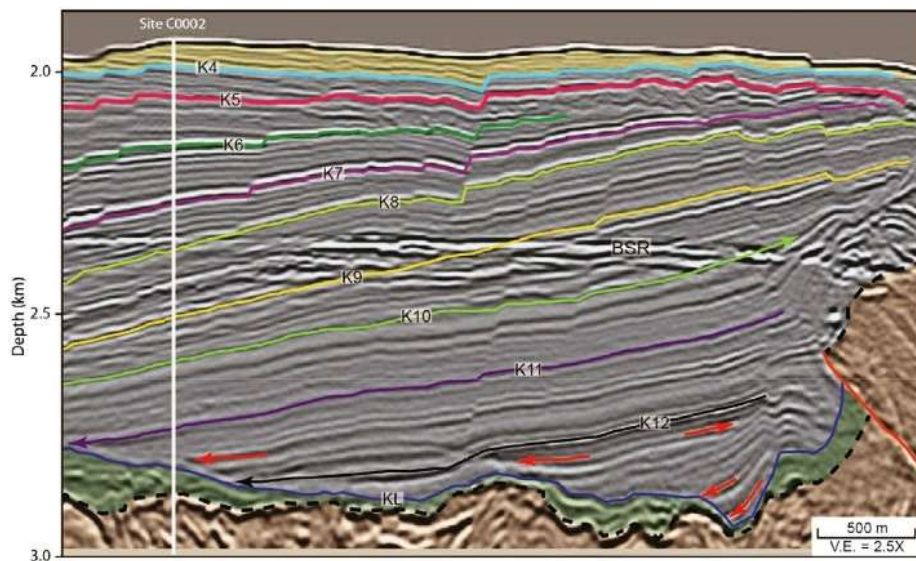


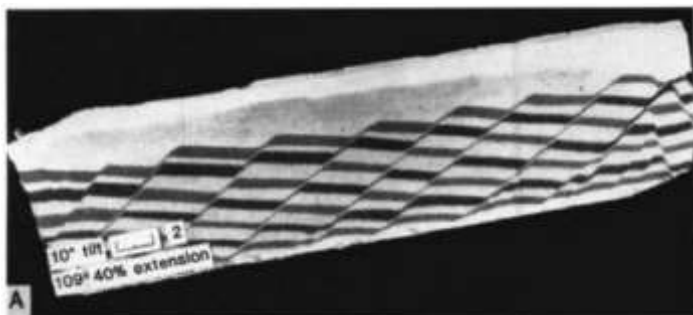
Fig. 1. Regional location map. Red dots = IODP drill sites used in this paper, blue dots = other NanTroSEIZE drill sites. Black outline = region with 3-D seismic data; yellow arrows = estimated far-field vectors for motion of Philippine Sea Plate (PSP) with respect to Japan (Seno et al., 1993; Heki, 2007). Stars = epicenter locations of 1944 and 1946 tsunamigenic earthquakes. Black line = KR0108-5 seismic reflection line shown in Fig. 2. KBEFZ = Kumano Basin Edge Fault Zone (Martin et al., 2010). Inset in upper right is regional location map – KB = Kumano Basin; MB = Muroto Basin; TB = Tosa Basin.

domino faults (類似する構造を含む) の再現検討事例

- 未固結～半固結の地盤を傾斜させることにより, domino faultsと形態的特徴が類似している平行で等間隔に分布している正断層群が形成されることが, 模型実験やシミュレーション解析により再現されている (McClay and Ellis (1987), 山田ほか (2019) 等)。

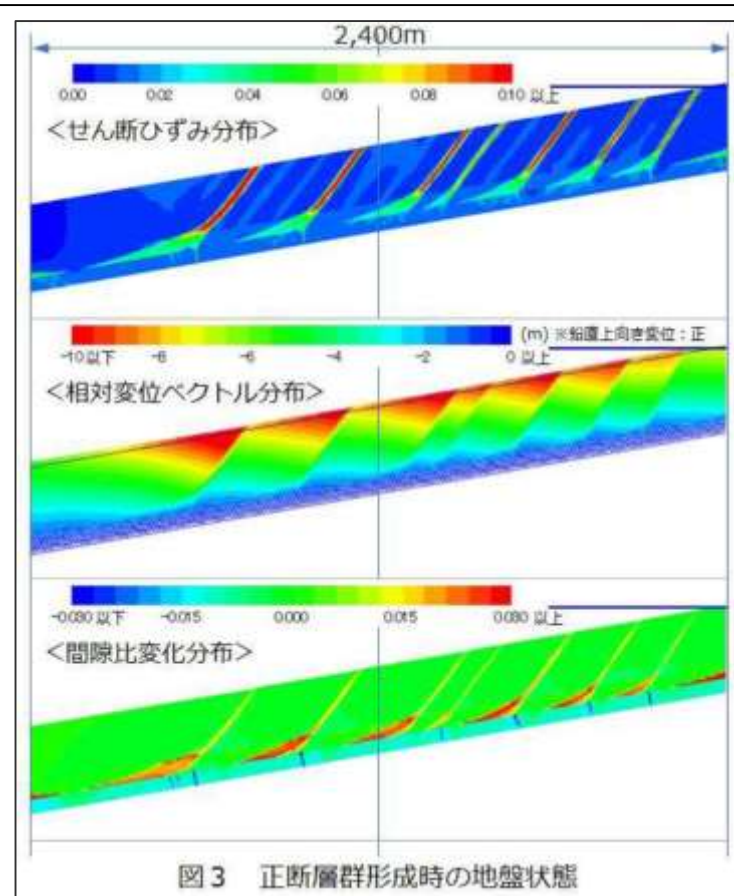
McClay and Ellis (1987)

- 砂箱実験により, 引張場における断層の形成現象の再現を試み, ドミノスタイルの平行な正断層群が生じ地層の後方回転が見られたとしている。



山田ほか (2019)

- 土の骨格構造の働きを記述する弾塑性構成式を搭載し慣性力を考慮した水-土骨格連成有限変形解析コードGEOASIAを用い, 地盤の続成作用による固結の進行状況が異なる3種類の水平堆積地盤が傾斜する際の地盤の挙動をシミュレーションしている。
- シミュレーションの結果, 未固結～半固結状態にある地盤の傾斜が進行すると, せん断ひずみの局所化が進展し, すべり線が地表面から深部に向かって経時的に位置を変えて次々と地盤内に発生し正断層群が形成され, 最終的にすべり線に沿ってブロックは後方回転し, 地盤下層では圧縮領域が広がることによって浅部の変位が吸収され, すべり線は不明確になるとしている。



(2) Moore et al.(2015) の引用に関する修正

Moore et al. (2015) に示される熊野海盆の正断層群とH断層系との関係

修正内容：前回会合におけるコメントを踏まえ、下記赤字部分を削除する。

変更前

【Moore et al. (2015) に示される熊野海盆中の正断層群とH断層系との対比】

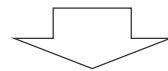
- 南海トラフの熊野灘沖における、前弧海盆堆積物中に認められる正断層群について述べた、Moore et al. (2015) について、文献の内容を精査の上、H断層系の成因の考察において、（１）正断層群の形成要因・地質構造、（２）正断層群の形成時期・地層の性状の観点において、その類似点及び相違点を整理した。

（１）正断層群の形成要因・地質構造

- Moore et al. (2015) に示される正断層群は、巨大分岐断層に沿う外縁隆起帯の成長や隆起帯付近の局所的な隆起に伴う堆積物の傾動によって生じた引張応力によって形成されている。
- 一方、H断層系は、前弧海盆の陸側において、陸側の隆起や海盆の沈降等による地層の海側傾斜によって形成されたと考えられ、Moore et al. (2015) に示される正断層群と、テクトニクス的な背景は異なる。
- ただし、これらはいずれも、“隆起に伴う表層付近の地層の傾動によって生じた引張応力によって形成された、地下深部に連続せず、後方回転を伴う一連の平行な正断層群”という観点では同一であると考えられる。

（２）正断層群の形成時期・地層の性状

- Moore et al. (2015) に示される熊野海盆の正断層群Aは、1.2～0.8Ma以降に生じた外縁隆起帯の成長及び堆積物の陸側への傾動に伴って形成され、現在も活動中と考えられる。また、地層の堆積年代が第四紀でまだ固結していないと推定される。
- 一方、H断層系の形成時期は、相良層群が前弧海盆から隆起した鮮新世頃と推定され、現在は陸化している（現在の前弧海盆は沖合の遠州トラフ）。また、母岩である相良層はすでに固結している。
- これらのことから、H断層系は、すでに活動を停止した正断層群Bと同様、現在は活動的ではないと解釈される。

**【まとめ】**

Moore et al. (2015) に示される正断層群は、巨大分岐断層に沿う隆起帯の成長等による堆積物の傾動が要因とされ、H断層系とはテクトニクス的な背景は異なり、また海底地すべりとは解釈されていないものの、“隆起に伴う表層付近の地層の傾動によって生じた引張応力によって形成された、地下深部に連続せず、後方回転を伴う一連の平行な正断層群”という観点では同一であり、地すべり移動体中に生じる後方回転を伴う一連の平行な正断層群と類似するため、H断層系の形成要因の考察に資する知見と解釈し、本文中に引用している。

Moore et al. (2015) に示される熊野海盆の正断層群とH断層系との関係

変更後

【Moore et al. (2015) に示される熊野海盆中の正断層群とH断層系との対比】

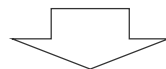
- 南海トラフの熊野灘沖における、前弧海盆堆積物中に認められる正断層群について述べた、Moore et al. (2015) について、文献の内容を精査の上、H断層系の成因の考察において、(1) 正断層群の形成要因・地質構造、(2) 正断層群の形成時期・地層の性状の観点において、その類似点及び相違点を整理した。

(1) 正断層群の形成要因・地質構造

- Moore et al. (2015) に示される正断層群は、巨大分岐断層に沿う外縁隆起帯の成長や隆起帯付近の局所的な隆起に伴う堆積物の傾動によって生じた引張応力によって形成されている。
- 一方、H断層系は、前弧海盆の陸側において、陸側の隆起や海盆の沈降等による地層の海側傾斜によって形成されたと考えられ、Moore et al. (2015) に示される正断層群と、テクトニクス的な背景は異なる。
- ただし、これらはいずれも、“隆起に伴う表層付近の地層の傾動によって生じた引張応力によって形成された、地下深部に連続せず、後方回転を伴う一連の平行な正断層群”という観点では同一であると考えられる。

(2) 正断層群の形成時期・地層の性状

- Moore et al. (2015) に示される熊野海盆の正断層群Aは、1.2~0.8Ma以降に生じた外縁隆起帯の成長及び堆積物の陸側への傾動に伴って形成され、現在も活動中と考えられる。また、地層の堆積年代が第四紀でまだ固結していないと推定される。
- 一方、H断層系の形成時期は、相良層群が前弧海盆から隆起した鮮新世頃と推定され、現在は陸化している（現在の前弧海盆は沖合の遠州トラフ）。また、母岩である相良層はすでに固結している。



【まとめ】

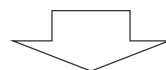
Moore et al. (2015) に示される正断層群は、巨大分岐断層に沿う隆起帯の成長等による堆積物の傾動が要因とされ、H断層系とはテクトニクス的な背景は異なり、また海底地すべりとは解釈されていないものの、“隆起に伴う表層付近の地層の傾動によって生じた引張応力によって形成された、地下深部に連続せず、後方回転を伴う一連の平行な正断層群”という観点では同一であり、地すべり移動体中に生じる後方回転を伴う一連の平行な正断層群と類似するため、H断層系の形成要因の考察に資する知見と解釈し、本文中に引用している。

2 大深度ボーリング柱状図において H断層系と関連があるように記載された深部の断層について

コメントNo.88に対する回答の概要

<コメントNo.88>

- 大深度ボーリングNo.5孔及びNo.7孔の柱状図において、H断層系と関連するような性状の記載のある深部の断層について、事業者の解釈を示すこと。



<回答要旨>

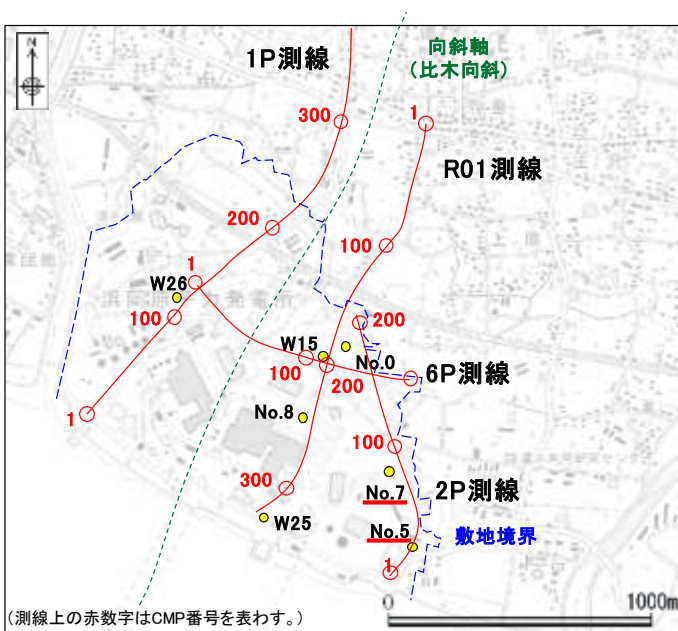
- 大深度ボーリングNo.5孔及びNo.7孔の柱状図において、H断層系と関連するような性状の記載のある深部（K-8凝灰岩以深）の断層について、その性状をボーリングコア写真から詳細に確認し、H断層系と同性状の断層※に該当するかどうかの解釈を示す。

※ 以下の性状をすべて有する断層を「H断層系と同性状の断層」とした。【詳細は本編資料pp.233～240参照】

- 少なくとも1条の、高角な断層面が存在する。（細粒物質の有無や、開離型断層・ゆ着型断層の区別は参考扱いとする。）
- 断層面に挟まれた部分や断層面沿いにおいて、流動的な変形構造（不明瞭な層理あるいは層理の急傾斜）が認められる。
- 断層を挟んで、地層の繰り返しが認められない。（逆断層ではない。）
- EW走向かつ南傾斜である。（BHTVにより確認可能な場合）
- 断層幅（断層面に挟まれた、層理が不明瞭あるいは急傾斜が認められる部分の幅）が比較的大きい。（断層面に対し直交方向について5cm程度以上を目安とする。）

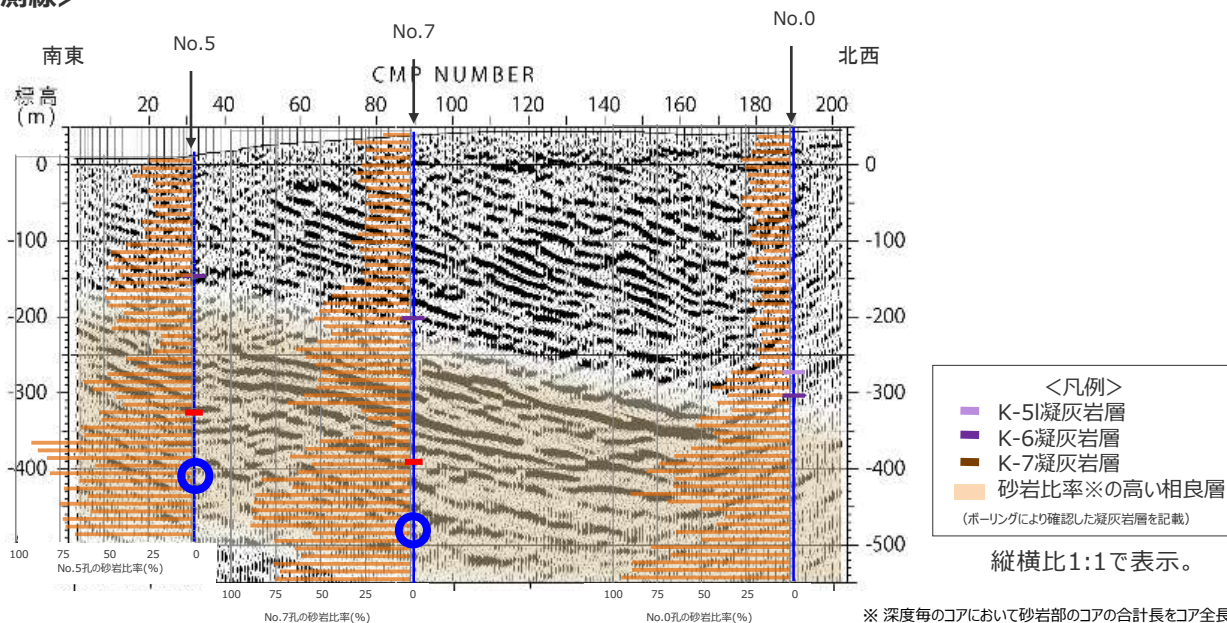
大深度ボーリングNo.5孔及びNo.7孔について

- 大深度ボーリングNo.5孔, No.7孔は, 反射断面の2P測線上に位置している。
- 大深度ボーリングNo.5孔及びNo.7孔の柱状図において, H断層系と関連するような性状の記載 (“地層混交帯”の記事) のある, 深部 (K-8凝灰岩層以深) の断層はそれぞれ以下の通りである。
 - 大深度ボーリングNo.5孔: 深度 420.30 ~ 423.56m (標高-409.37~-412.63m)
 - 大深度ボーリングNo.7孔: 深度 521.45 ~ 522.55m (標高-477.57~-478.67m)



ボーリング孔位置図

<2P測線>



※ 深度毎のコアにおいて砂岩部のコアの合計長をコア全長で除した, 砂岩泥岩互層に占める砂岩の割合




- : K-8凝灰岩層
(No.5:標高-328.95~-329.84m)
(No.7:標高-392.32~-392.57m)
- : 柱状図にH断層系と関連するような性状の記載 (“地層混交帯”の記事) のある箇所

大深度ボーリングNo.5孔の柱状図において、“地層混交帯”とされている 深部の断層の解釈（深度 420.30 ~ 423.56m）

【柱状図】

420.30m ∠60° 開離型断層。細粒物質の幅は1mm。上部3cmは破碎。
420.30~423.56mに地層混交帯。
423.56m ∠50° 開離型断層。細粒物質の幅は1~3mm。

(No.5孔：孔口標高 10.93m)

-  柱状図記事で“地層混交帯”としている区間
-  開離型断層
-  コアの乱れ（層理が不明瞭等）

<柱状図の記事>

- 420.30mに開離型断層，420.30m~423.56mの区間を“地層混交帯”，423.56mに開離型断層としている。

<断層性状の詳細確認結果>

- 柱状図記事で“地層混交帯”としている420.30~423.56mの区間には，砂岩と泥岩が入り混じったような層相が認められるが，岩片状を呈する部分や層理に顕著な乱れも認められないため，これらは地層混交帯（流動的な変形構造をもつ区間）ではなく，堆積時の構造と考えられる。
- 上部の420.30mの高角な開離型断層は，その下部の420.35m程度までコアの乱れが認められ，直下に黒色の薄層が引きずりを受けていることから，一定の幅を持つものの，その幅は5cmに満たないことから，「H断層系と同性状の断層」に該当しない。また，同断層の上部3cm程度は，柱状図記事に破碎とあるように，小規模な亀裂が認められるが，コアが不均質に割れていることから，掘削・採取時のコアの乱れと解釈する。（拡大写真①）
- 下部の423.56mの開離型断層は，断層近傍のコアが岩片状~粒状を呈しておらず，幅を持たないことから，「H断層系と同性状の断層」に該当しない。（拡大写真②）

<まとめ>

- 柱状図記事において，“地層混交帯”と記載された区間は，ボーリングコアの詳細観察結果から，幅が比較的小さい（または幅を持たない）小断層に挟まれた堆積時の構造であると解釈する。⇒これらの構造は，「H断層系と同性状の断層」に該当しない。

【拡大写真】①



【拡大写真】②



【コア写真】






大深度ボーリングNo.7孔の柱状図において，“地層混交帯”とされている深部の断層の解釈（深度 521.45 ～ 522.55m）

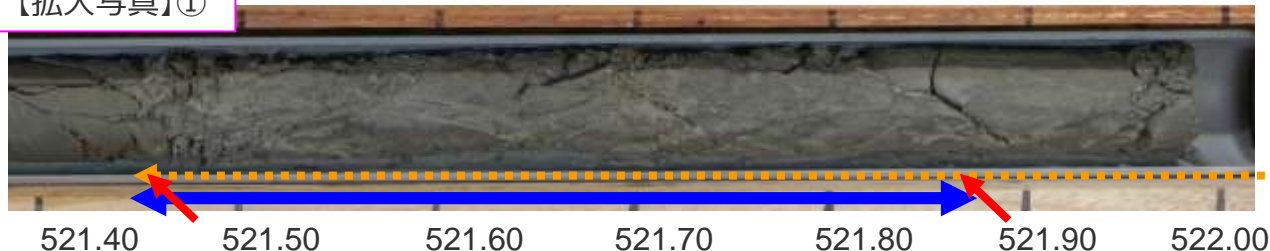
【柱状図】

520.73～521.06mはコア流出。
 521.06～522.00mは岩片状。
 521.45m ∠55° 開離型断層。細粒物質の幅はフィルム状～1mm。
 521.45～522.55は地層混交帯。
 521.87m ∠60° 開離型断層。細粒物質の幅は1～3mm。

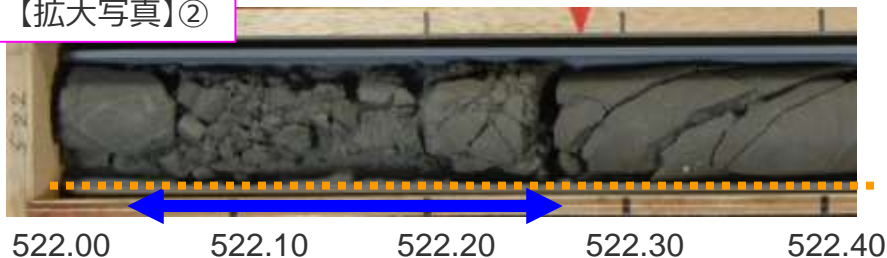
(No.7孔：孔口標高 43.88m)

-  柱状図記事で“地層混交帯”としている区間
-  開離型断層
-  コアの乱れ（層理が不明瞭等）

【拡大写真】①



【拡大写真】②



<柱状図の記事>

- 521.45mに開離型断層，521.45～522.55mの区間を“地層混交帯”，521.87mに開離型断層としている。

<断層性状の詳細確認結果>

- 柱状図記事で“地層混交帯”としている区間のうち，521.45～521.87mに分布する砂岩には，網目状の構造が認められるが，岩片状～粒状を呈していないことから，堆積構造が保持されていると考えられる。（拡大写真①）また，522.05～522.27mのコアは，岩片状～粒状に見えるが，不均質に割れており，端部は水平な割れ目でコア昇降部（コア写真の▼部）にあたることから，掘削・採取時のコアの乱れと解釈する。（拡大写真②）“地層混交帯”としている区間のうち，その他の区間（521.87～522.05m，522.27～522.55m）は，コアに乱れがなく，健岩部であると解釈される。以上より，柱状図記事で“地層混交帯”としている521.45～522.55mの区間は，地層混交帯（流動的な変形構造をもつ区間）ではなく，堆積時の構造及び掘削・採取時のコアの乱れと考えられる。
- 上部の521.45mの開離型断層は，断層近傍のコアが岩片状～粒状を呈しておらず，幅をもたないことから「H断層系と同性状の断層」に該当しない。（拡大写真①）
- 下部の521.87mの開離型断層は，断層近傍のコアが岩片状～粒状を呈しておらず，幅をもたないことから「H断層系と同性状の断層」に該当しない。（拡大写真①）。

<まとめ>

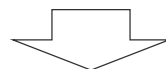
- 柱状図記事において，“地層混交帯”と記載された区間は，ボーリングコアの詳細観察結果から，幅を持たない小断層に挟まれた堆積時の構造及び掘削・採取時のコアの乱れであると解釈する。
 ⇒これらの構造は，“H断層系と同性状の断層”に該当しない。

【コア写真】



<コメントNo.88>

- 大深度ボーリングNo.5孔及びNo.7孔の柱状図において、H断層系と関連するような性状の記載のある深部の断層について、事業者の解釈を示すこと。



<まとめ>

- 大深度ボーリングNo.5孔及びNo.7孔の柱状図において、H断層系と関連するような性状の記載のある深部（K-8凝灰岩以深）の断層について、その性状をボーリングコア写真から詳細に確認し、H断層系と同性状の断層に該当するかどうかの解釈を示した。

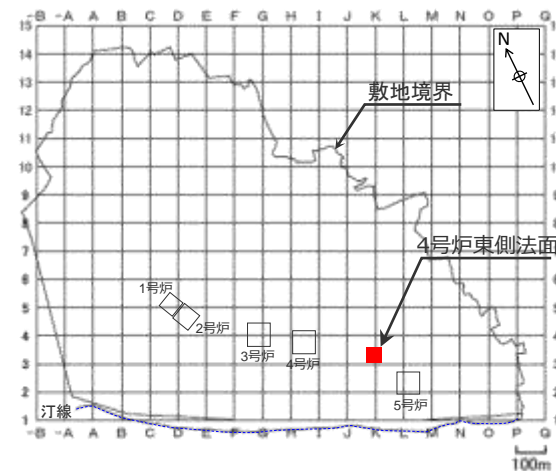
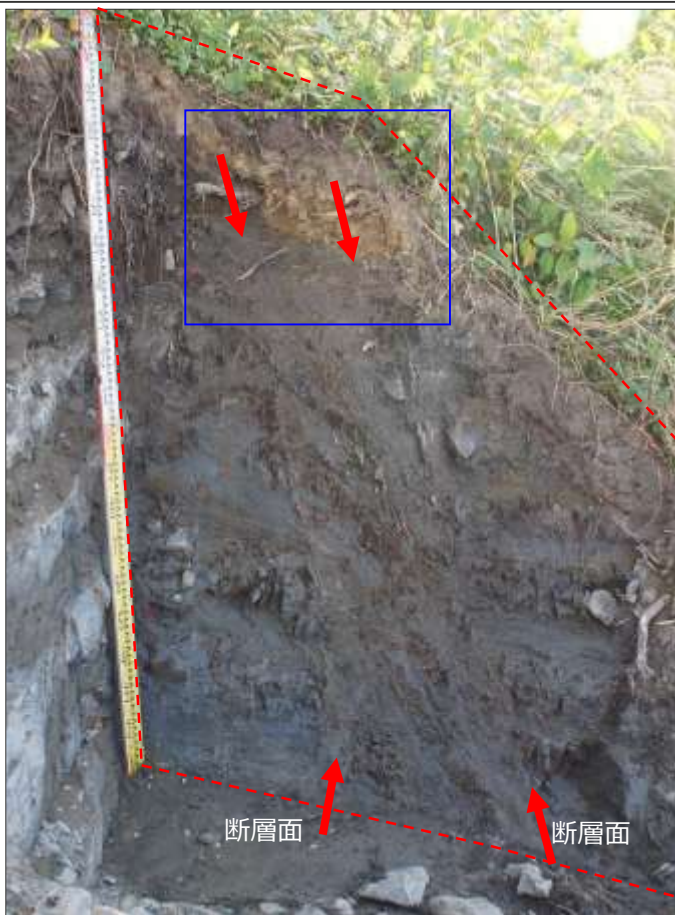
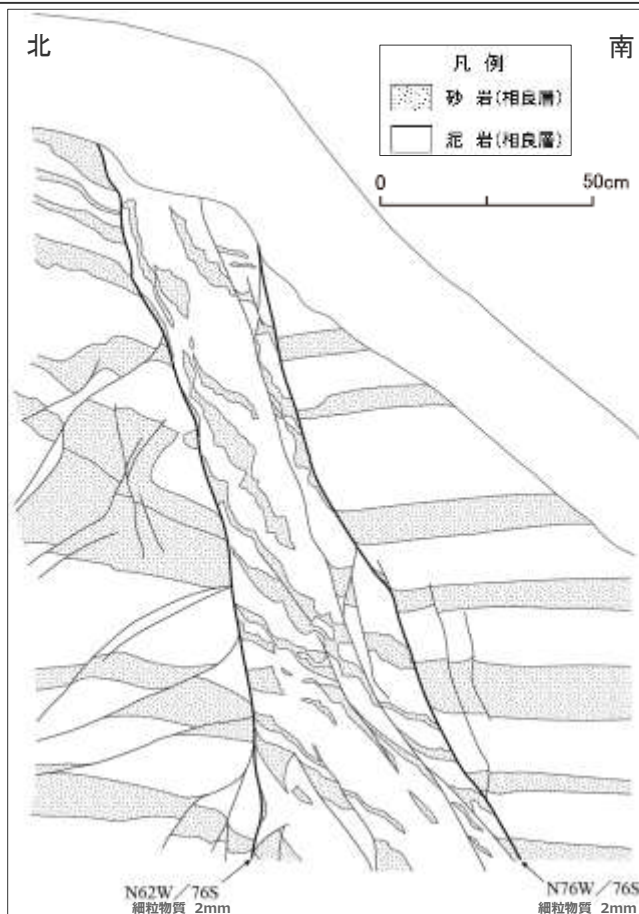
【深部の断層の解釈】

大深度ボーリングNo.5孔、No.7孔の深部（K-8凝灰岩以深）にある、柱状図に“地層混交帯”と記載された区間については、いずれも幅が比較的小さい（または幅を持たない）小断層に挟まれた堆積時の構造または掘削・採取時のコアの乱れであり、当該区間の断層はH断層系と同性状の断層に該当しないと解釈している。

3 H断層系の露頭観察結果（本編資料未掲載分）

H-2断層 露頭観察結果 (4号炉東側法面)

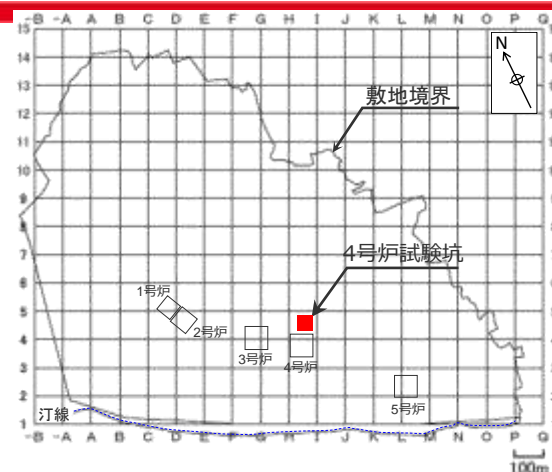
- 2条の平行な断層面が認められ、その断層面には、幅2mmの細粒物質（周辺母岩に比べ軟質な黒色層）が認められる。
- 断層面周辺の母岩には、砂岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりといった、流動的な変形構造が認められる一方で、角礫状の破碎部は認められない。
- 母岩の流動的な変形構造から正断層センスであることがわかる。また、これらの構造をもつ箇所を含め断層面周辺の母岩は固結している。
- 断層面は固結した母岩内をうねっており、平面的ではなく、これらの構造は母岩の流動的な変形を示す。
- 細粒物質は単一の層であり、細粒物質中に複数の層からなる層状構造や角礫状の岩片は認められない。また、細粒物質には、明瞭なせん断面は認められない。



(青枠部分の拡大写真)

H-3断層 露頭観察結果 (4号炉試験坑)

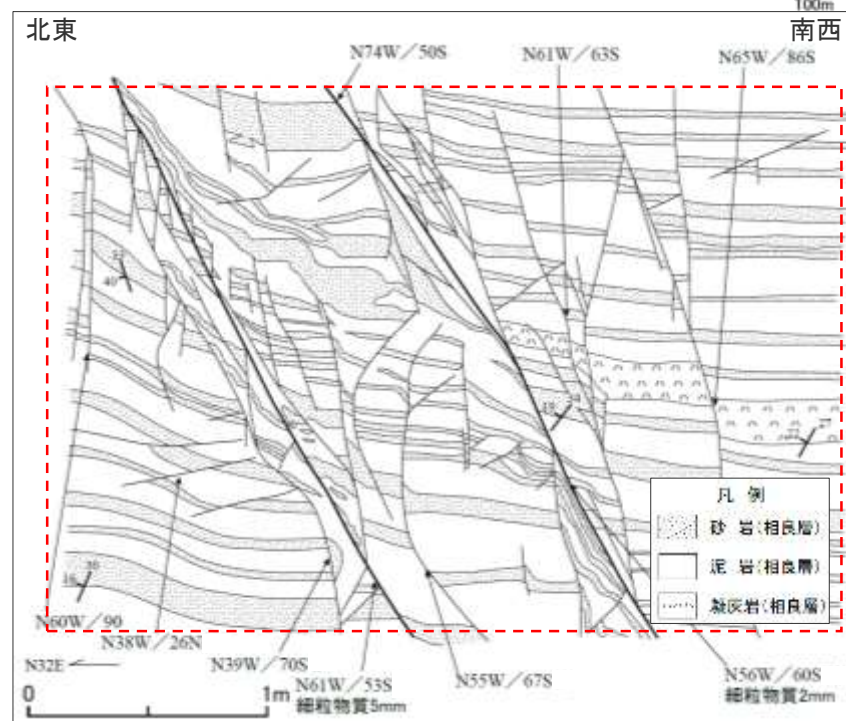
- 2条の平行な断層面が認められ、その断層面には、幅2~5mmの細粒物質（周辺母岩に比べ軟質な黒色層）が認められる。
- 断層面周辺の母岩には、砂岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりといった、流動的な変形構造が認められる一方で、角礫状の破碎部は認められない。
- 母岩の流動的な変形構造から正断層センスであることがわかる。また、これらの構造をもつ箇所を含め断層面周辺の母岩は固結している。
- 断層面は固結した母岩内をややうなっており、平面的ではなく、これらの構造は母岩の流動的な変形を示す。
- 細粒物質は単一の層であり、細粒物質中に複数の層からなる層状構造や角礫状の岩片は認められない。また、細粒物質には、明瞭なせん断面は認められない。



(右図赤枠部分の写真)

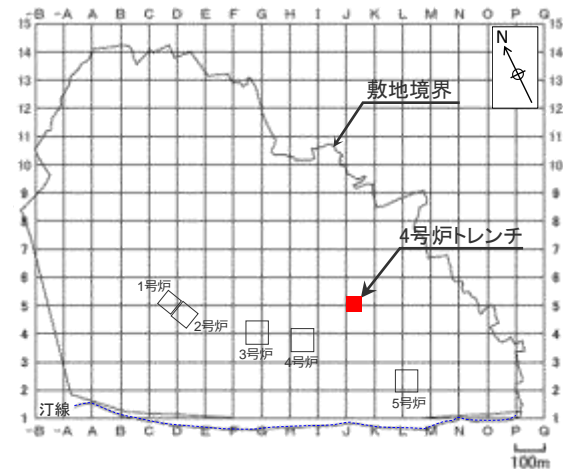
断層面

断層面



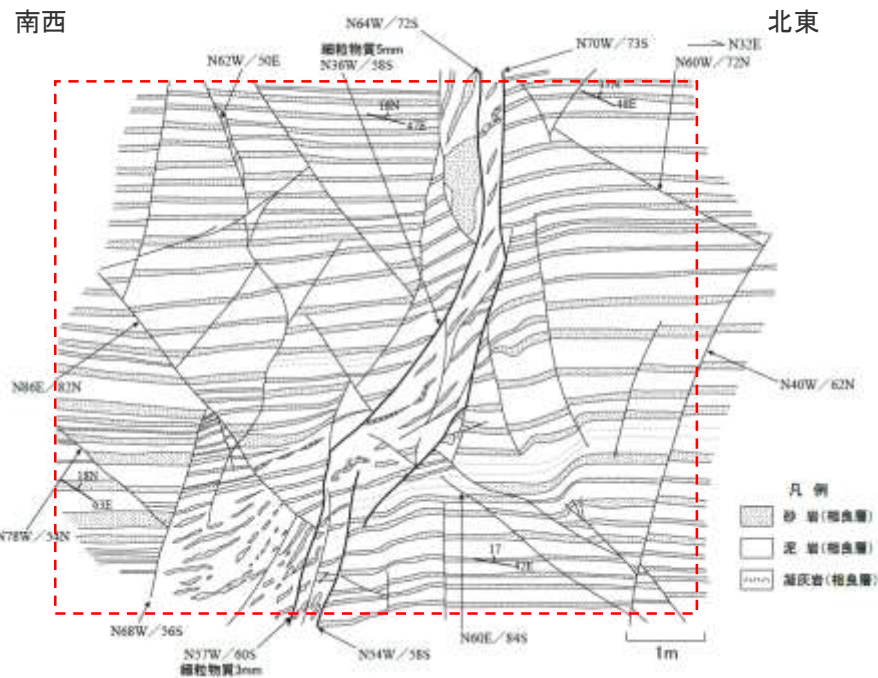
H-3断層 露頭観察結果 (4号炉トレンチ 1 / 2)

- 2条の平行な断層面が認められ、その断層面には、幅3~5mmの細粒物質（周辺母岩に比べ軟質な黒色層）が認められる。
- 断層面周辺の母岩には、砂岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりといった、流動的な変形構造が認められる一方で、角礫状の破碎部は認められない。
- 母岩の流動的な変形構造から正断層センスであることがわかる。また、これらの構造をもつ箇所を含め断層面周辺の母岩は固結している。
- 断層面は固結した母岩内をうねっており、平面的ではなく、これらの構造は母岩の流動的な変形を示す。
- 細粒物質は単一の層であり、細粒物質中に複数の層からなる層状構造や角礫状の岩片は認められない。また、細粒物質には、明瞭なせん断面は認められない。



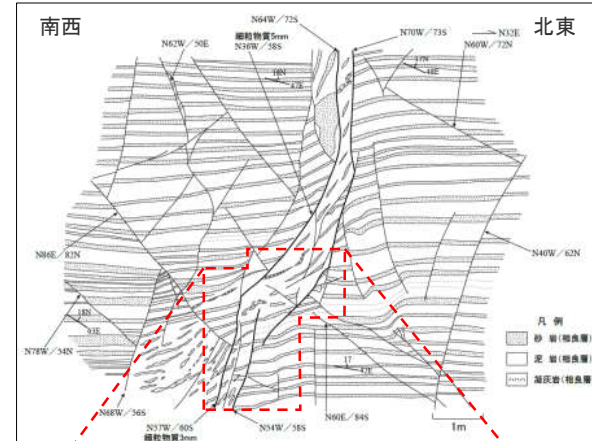
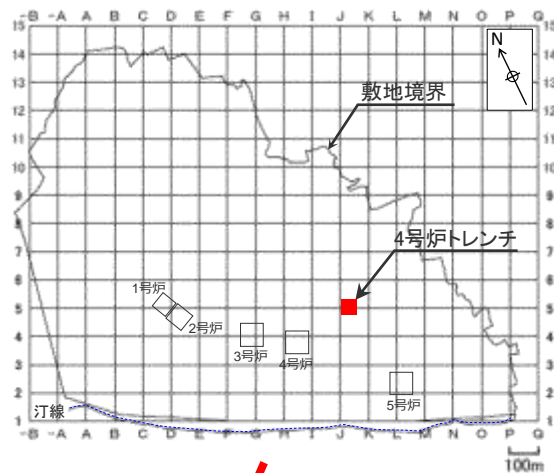
(右図赤枠部分の写真)

断層面 断層面



H-3断層 露頭観察結果 (4号炉トレンチ 2 / 2)

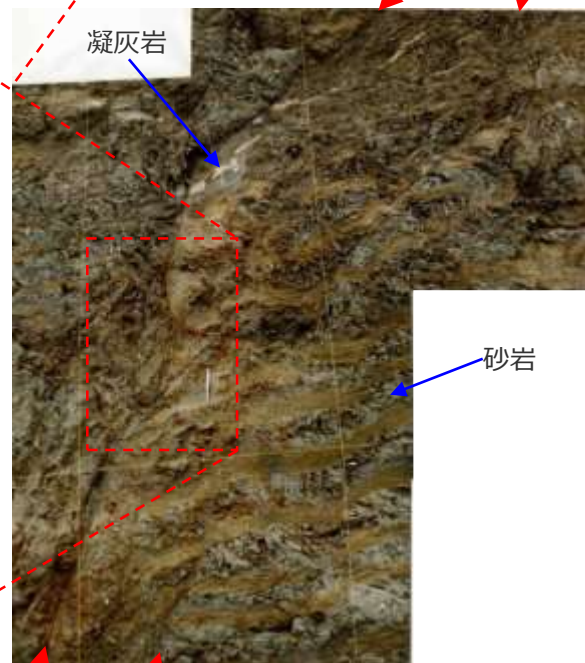
- 2条の平行な断層面が認められ、その断層に挟まれた区間やその周囲には、砂岩や凝灰岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりなど、著しく流動的な変形構造が認められる。断層面近傍にみられる凝灰岩はK-1凝灰岩層であり、特徴である白色凝灰岩の帯を保ったまま、厚さ約30cmの凝灰岩層が引き伸ばされている様子が観察される。
- 断層面周辺の母岩には、角礫状の破碎部は認められない。
- 断層面は固結した母岩内を著しくうねっており、平面的ではなく、これらの構造は母岩の流動的な変形を示す。
- 断層面の細粒物質は単一の層であり、細粒物質中に複数の層からなる層状構造や角礫状の岩片は認められない。また、細粒物質には、明瞭なせん断面は認められない。



断層面



断層面

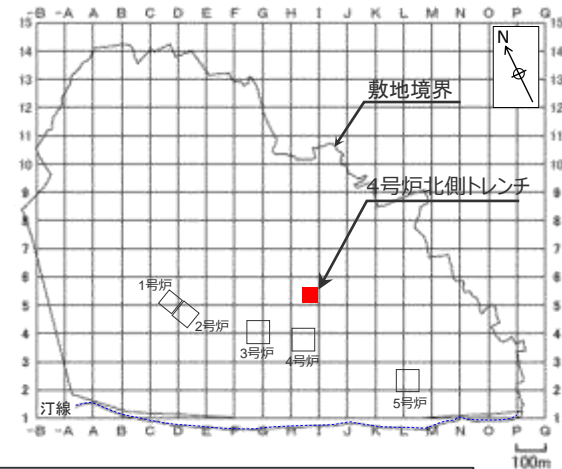


断層面

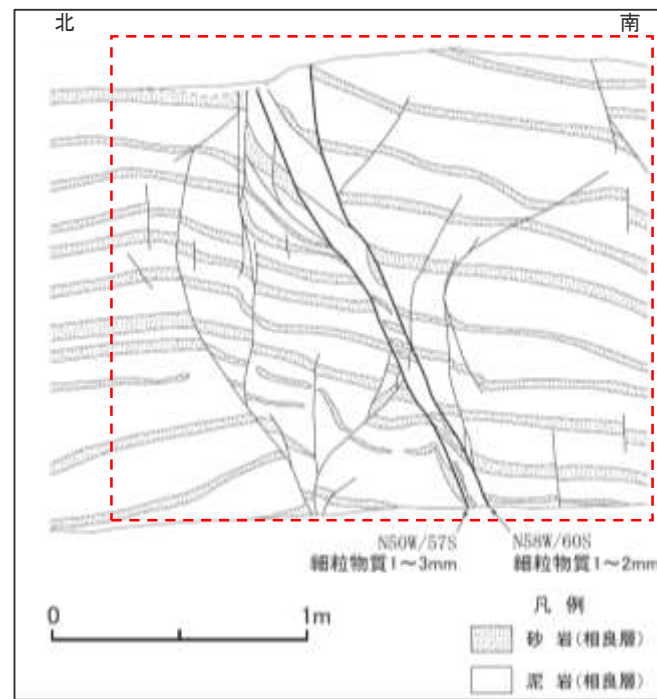
断層面

H-3断層 露頭観察結果 (4号炉北側トレンチ)

- 2条の平行な断層面が認められ、その断層面には、幅1~3mmの細粒物質（周辺母岩に比べ軟質な黒色層）が認められる。
- 断層面周辺の母岩には、砂岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりといった、流動的な変形構造が認められる一方で、角礫状の破碎部は認められない。
- 母岩の流動的な変形構造から正断層センスであることがわかる。また、これらの構造をもつ箇所を含め断層面周辺の母岩は固結している。
- 断層面は固結した母岩内をややうなっており、平面的ではなく、これらの構造は母岩の流動的な変形を示す。
- 細粒物質は単一の層であり、細粒物質中に複数の層からなる層状構造や角礫状の岩片は認められない。また、細粒物質には、明瞭なせん断面は認められない。

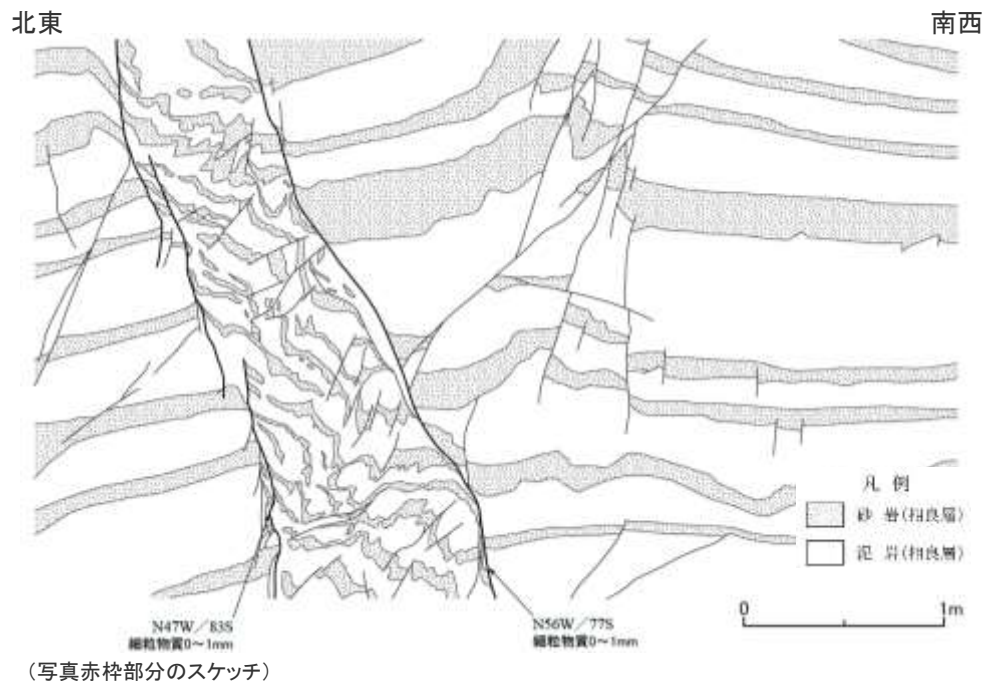
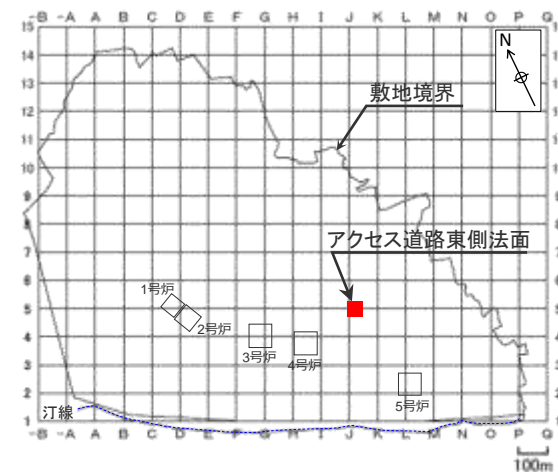


(右図赤枠部分の写真)



H-3断層 露頭観察結果 (アクセス道路東側法面)

- 2条の平行な断層面が認められ、その断層面には、幅0~1mmの細粒物質 (周辺母岩に比べ軟質な黒色層) が認められる。
- 断層面周辺の母岩には、砂岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりといった、流動的な変形構造が認められる一方で、角礫状の破碎部は認められない。
- 母岩の流動的な変形構造から正断層センスであることがわかる。また、これらの構造をもつ箇所を含め断層面周辺の母岩は固結している。
- 断層面は固結した母岩内をうねっており、平面的ではなく、これらの構造は母岩の流動的な変形を示す。
- 細粒物質は単一の層であり、細粒物質中に複数の層からなる層状構造や角礫状の岩片は認められない。また、細粒物質には、明瞭なせん断面は認められない。



断層面

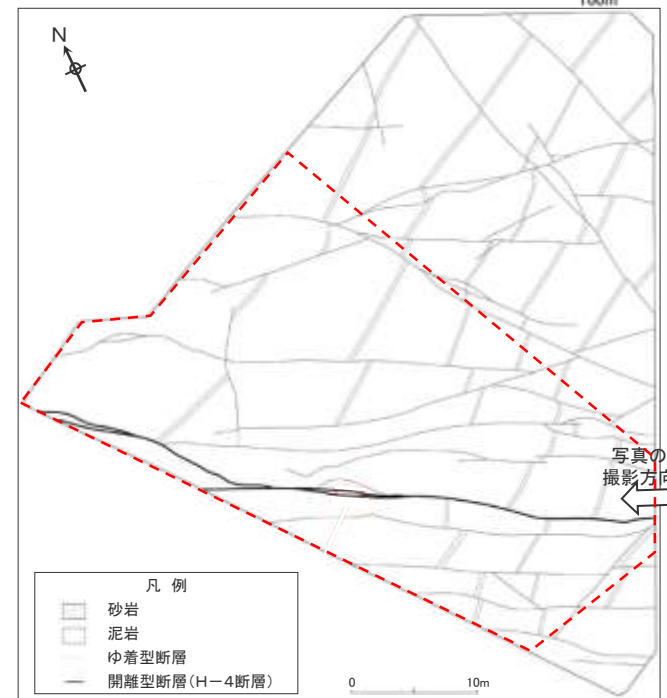
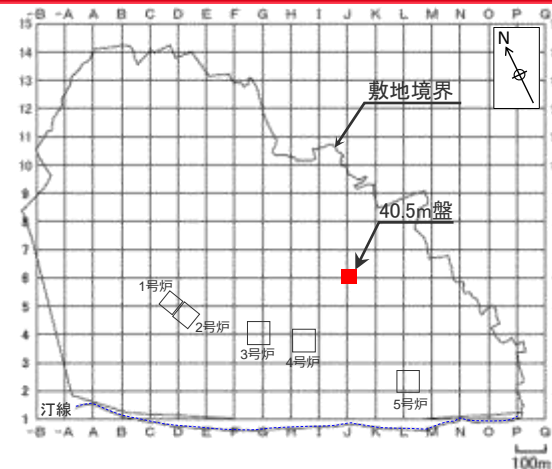
断層面

H-4断層 露頭観察結果 (40.5m盤(水平面) 1 / 3)

- 断層面は固結した母岩内をうねっており、平面的ではなく、これらの構造は母岩の流動的な変形を示す。
- 断層面周辺の母岩には、角礫状の破碎部は認められない。

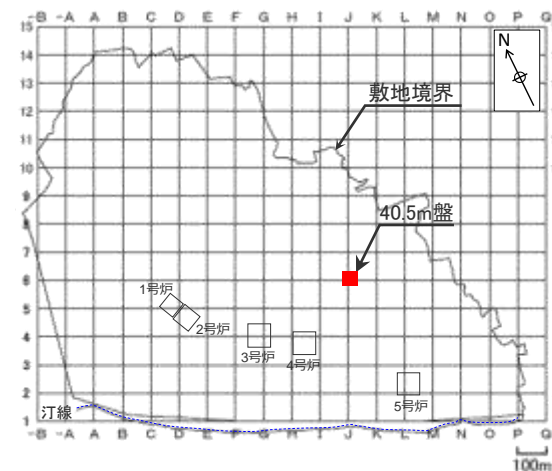


(右図赤枠部分の写真)

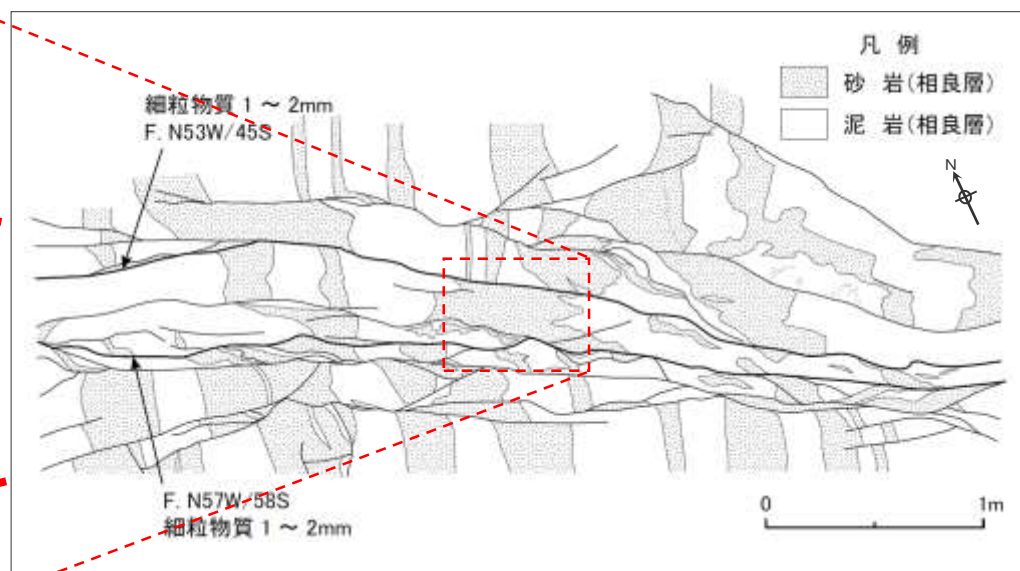


H-4断層 露頭観察結果 (40.5m盤(水平面) 2 / 3)

- 2条の平行な断層面が認められ、その断層面には、幅1~2mmの細粒物質 (周辺母岩に比べ軟質な黒色層) が認められる。
- 断層面周辺の母岩には、砂岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりといった、流動的な変形構造が認められる一方で、角礫状の破砕部は認められない。
- 母岩の流動的な変形構造から正断層センスであることがわかる。また、これらの構造をもつ箇所を含め断層面周辺の母岩は固結している。
- 断層面は固結した母岩内をうねっており、平面的ではなく、これらの構造は母岩の流動的な変形を示す。
- 細粒物質は単一の層であり、細粒物質中に複数の層からなる層状構造や角礫状の岩片は認められない。また、細粒物質には、明瞭なせん断断面は認められない。

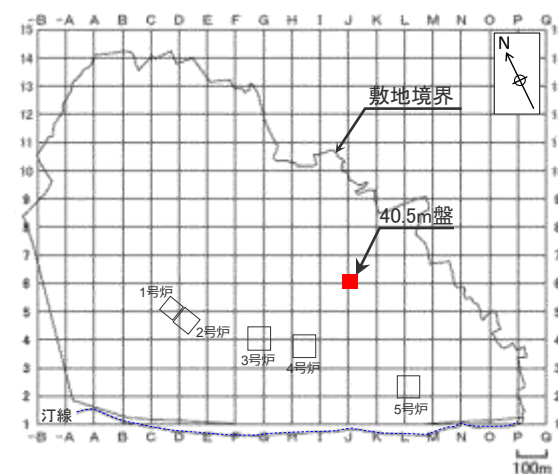


砂岩の流動変形

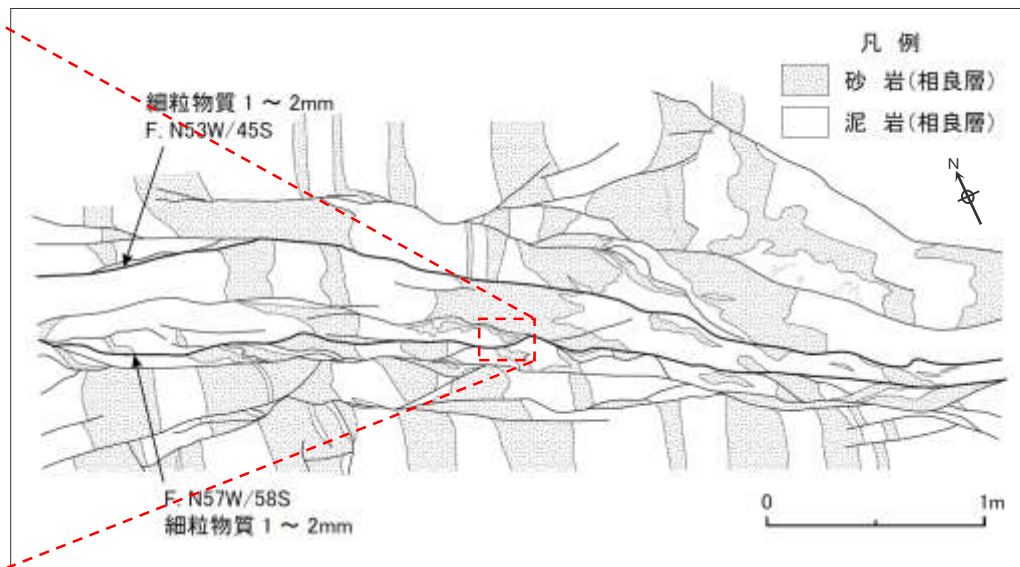


H-4断層 露頭観察結果 (40.5m盤(水平面) 3 / 3)

- 断層面周辺の砂岩には、膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりなど、流動的な変形構造が認められる一方で、角礫状の破碎部は認められない。
- 断層面の細粒物質は単一の層であり、細粒物質中に複数の層からなる層状構造や角礫状の岩片は認められない。また、細粒物質には、明瞭なせん断面は認められない。
- 断層面周辺の母岩には、破碎や変形を受けていない化石 (Sagarites) が認められる。

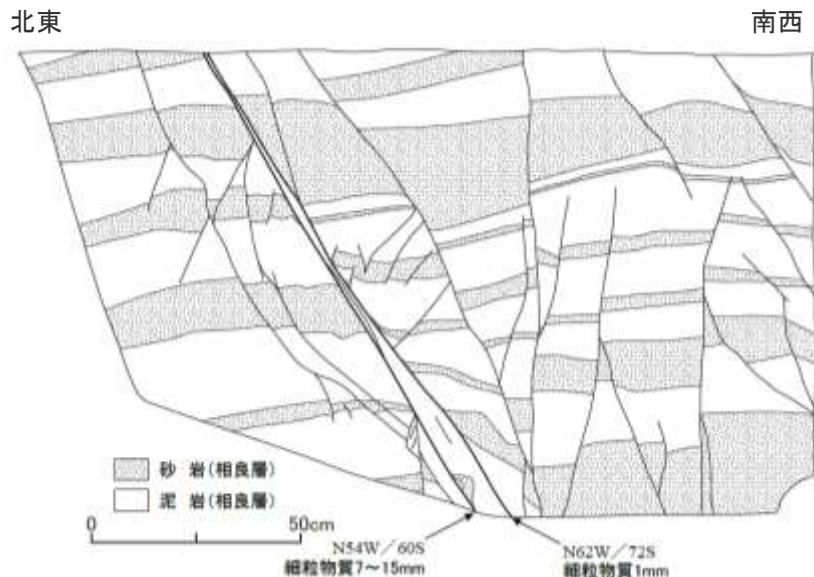
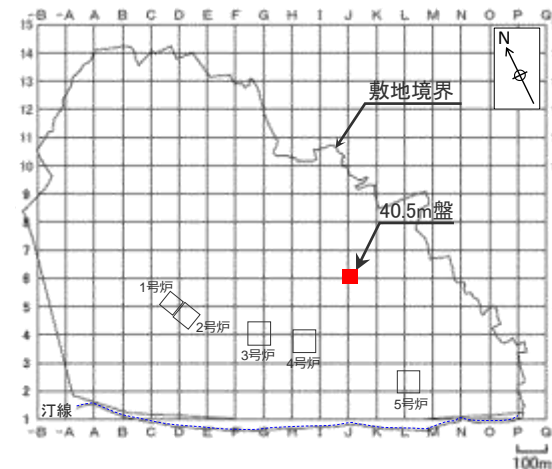


化石 (Sagarites)



H-4断層 露頭観察結果 (40.5m盤(東側))

- 2条の平行な断層面が認められ、その断層面には、幅1~15mmの細粒物質 (周辺母岩に比べ軟質な黒色層) が認められる。
- 断層面周辺の母岩には、砂岩の膨縮や明瞭な引きずりといった、流動的な変形構造が認められる一方で、角礫状の破碎部は認められない。
- 母岩の流動的な変形構造から正断層センスであることがわかる。また、これらの構造をもつ箇所を含め断層面周辺の母岩は固結している。
- 断層面は固結した母岩内をややうねっており、平面的ではなく、これらの構造は母岩の流動的な変形を示す。
- 細粒物質は単一の層であり、細粒物質中に複数の層からなる層状構造や角礫状の岩片は認められない。また、細粒物質には、明瞭なせん断面は認められない。
- 断層面には明瞭なせん断面は認められず、断層面及びその周辺に角礫状の破碎部は認められない。

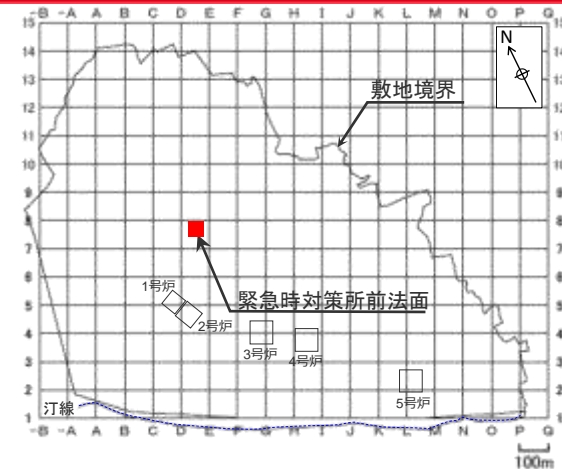


(写真赤枠部分のスケッチ)

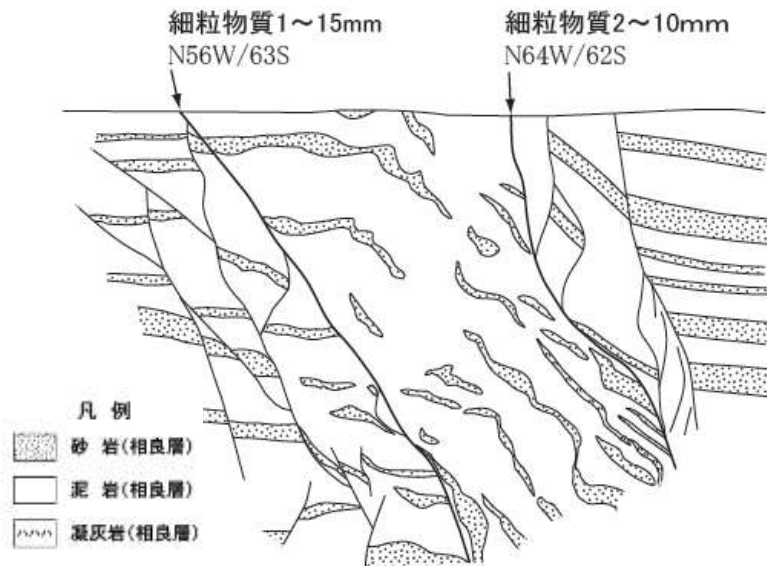


H-5断層 露頭観察結果 (緊急時対策所前法面)

- 2条の平行な断層面が認められ、その断層面には、幅1~15mmの細粒物質（周辺母岩に比べ軟質な黒色層）が認められる。
- 断層面周辺の母岩には、砂岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりといった、流動的な変形構造が認められる一方で、角礫状の破碎部は認められない。
- 母岩の流動的な変形構造から正断層センスであることがわかる。また、これらの構造をもつ箇所を含め断層面周辺の母岩は固結している。
- 断層面は固結した母岩内をうねっており、平面的ではなく、これらの構造は母岩の流動的な変形を示す。
- 細粒物質は単一の層であり、細粒物質中に複数の層からなる層状構造や角礫状の岩片は認められない。また、細粒物質には、明瞭なせん断面は認められない。



北西 南東



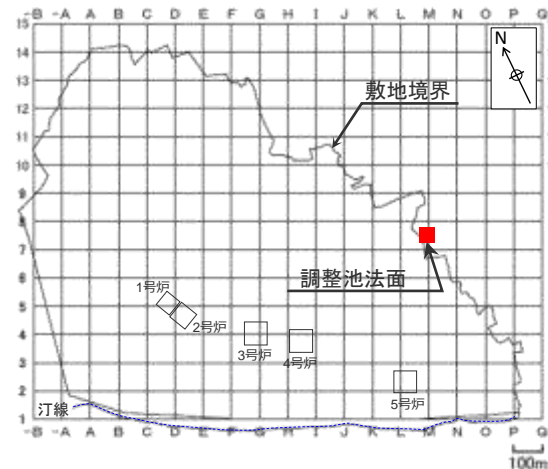
0 1m

(写真赤枠部分のスケッチ)

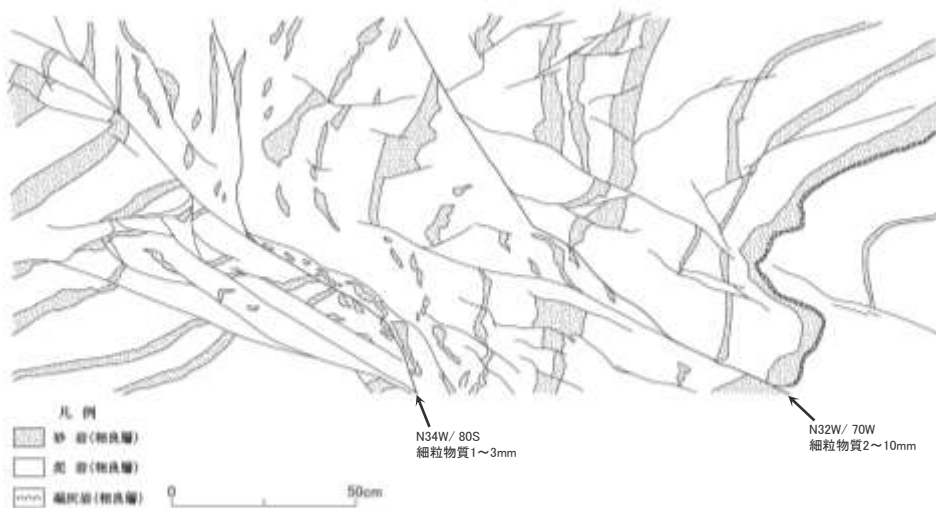


H-6断層 露頭観察結果 (調整池法面)

- 2条の平行な断層面が認められ、その断層面には、幅1~10mmの細粒物質 (周辺母岩に比べ軟質な黒色層) が認められる。
- 断層面周辺の母岩には、砂岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりといった、流動的な変形構造が認められる一方で、角礫状の破碎部は認められない。
- 母岩の流動的な変形構造から正断層センスであることがわかる。また、これらの構造をもつ箇所を含め断層面周辺の母岩は固結している。
- 断層面は固結した母岩内をうねっており、平面的ではなく、これらの構造は母岩の流動的な変形を示す。
- 細粒物質は単一の層であり、細粒物質中に複数の層からなる層状構造や角礫状の岩片は認められない。また、細粒物質には、明瞭なせん断面は認められない。



北西 南東

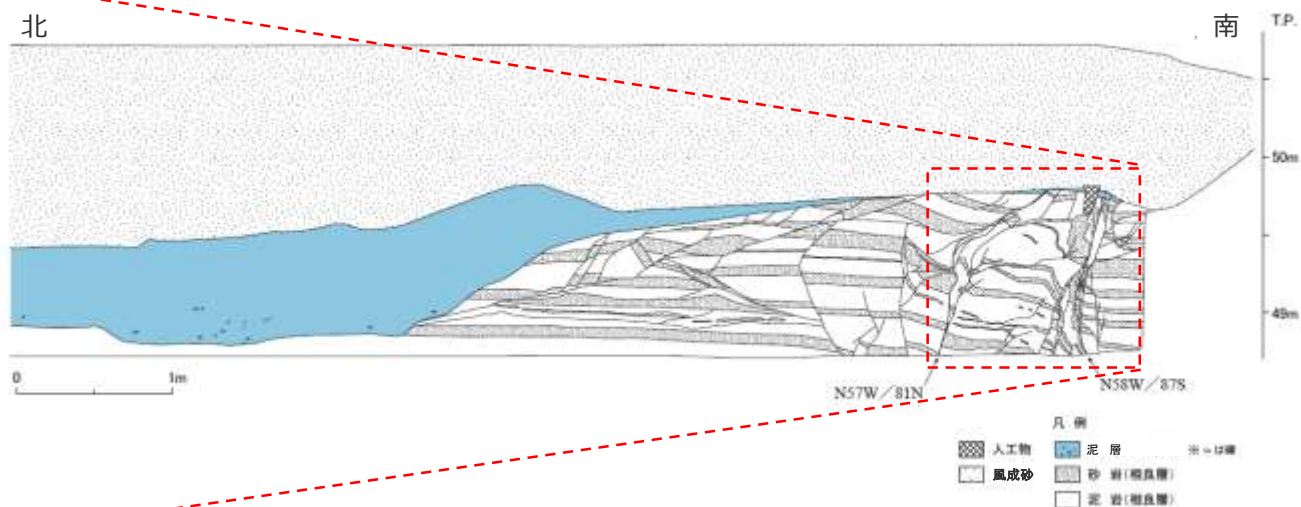
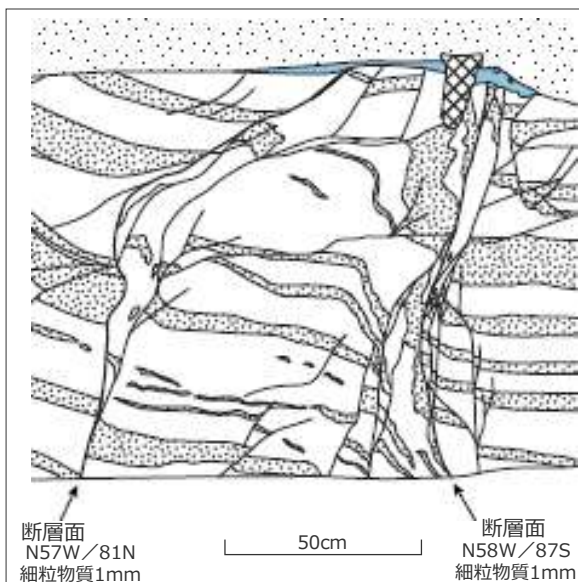
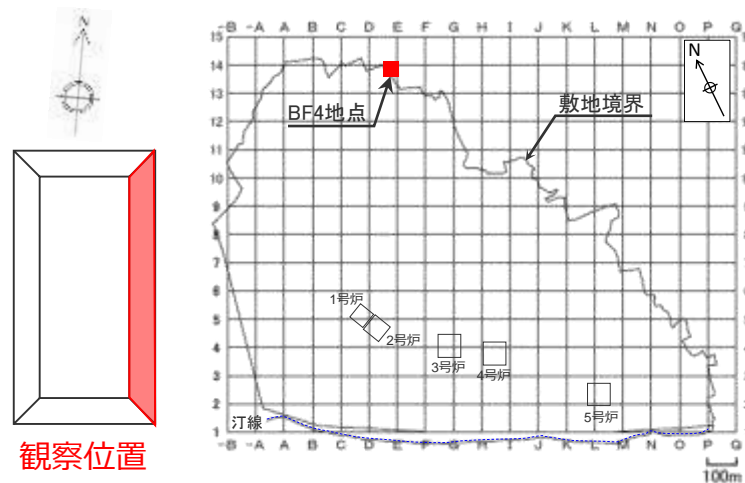


(写真赤枠部分のスケッチ)



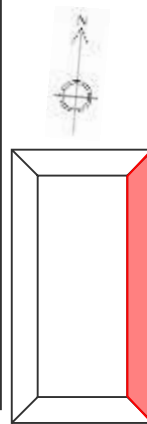
H-9断層 露頭観察結果 (BF4地点 南トレンチ① 1 / 2)

- 2条の平行な断層面が認められ、その断層面には、幅1mmの細粒物質（周辺母岩に比べ軟質な黒色層）が認められる。
- 断層面周辺の母岩には、砂岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりといった、流動的な変形構造が認められる一方で、角礫状の破碎部は認められない。
- 母岩の流動的な変形構造から正断層センスであることがわかる。また、これらの構造をもつ箇所を含め断層面周辺の母岩は固結している。
- 断層面は固結した母岩内をうねっており、平面的ではなく、これらの構造は母岩の流動的な変形を示す。
- 細粒物質は単一の層であり、細粒物質中に複数の層からなる層状構造や角礫状の岩片は認められない。また、細粒物質には、明瞭なせん断面は認められない。
- 南トレンチ①のH-9断層は、上部更新統と考えられる泥層に不整合に覆われており、泥層の基底面に変位や変形は認められない。（泥層についての詳細は「4.6 H-9断層の最新活動時期」参照。）
- 泥層には円～扁平礫が含まれる。

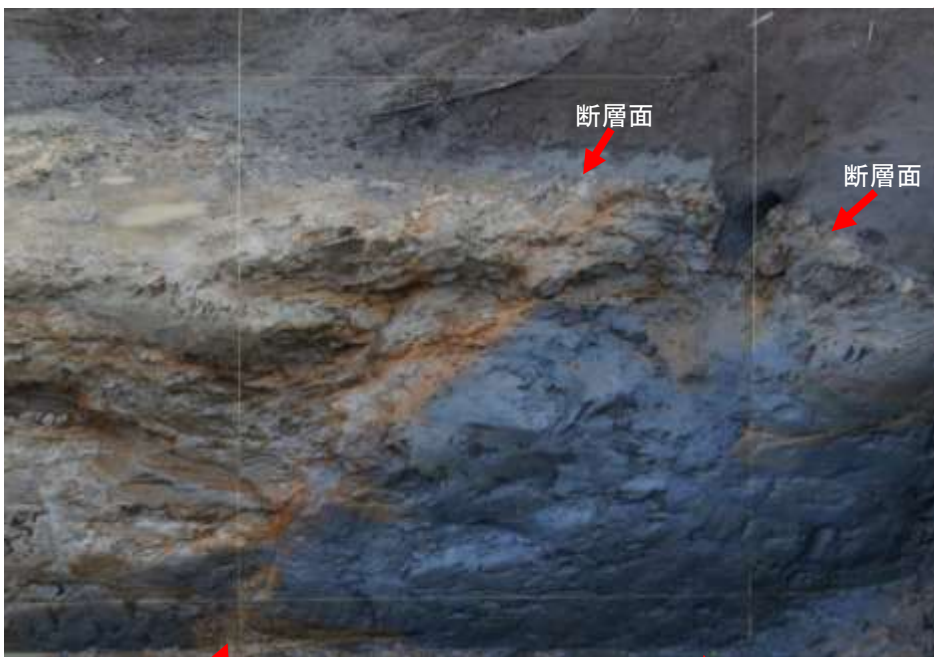
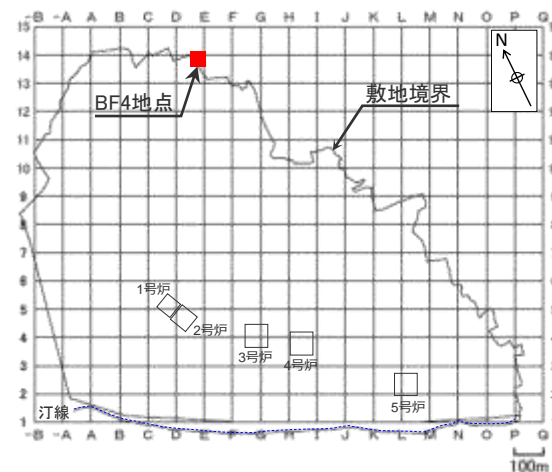


H-9断層 露頭観察結果 (BF4地点 南トレンチ① 2 / 2)

- 2条の平行な断層面が認められ、その断層面には、幅1mmの細粒物質（周辺母岩に比べ軟質な黒色層）が認められる。
- 断層面周辺の母岩には、砂岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりといった、流動的な変形構造が認められる一方で、角礫状の破碎部は認められない。
- 母岩の流動的な変形構造から正断層センスであることがわかる。また、これらの構造をもつ箇所を含め断層面周辺の母岩は固結している。
- 断層面は固結した母岩内をうねっており、平面的ではなく、これらの構造は母岩の流動的な変形を示す。
- 細粒物質は単一の層であり、細粒物質中に複数の層からなる層状構造や角礫状の岩片は認められない。また、細粒物質には、明瞭なせん断面は認められない。
- 南トレンチ①のH-9断層は、上部更新統と考えられる泥層に不整合に覆われており、泥層の基底面に変位や変形は認められない。（泥層についての詳細は「4.6 H-9断層の最新活動時期」参照。）
- 泥層には円～扁平礫が含まれる。

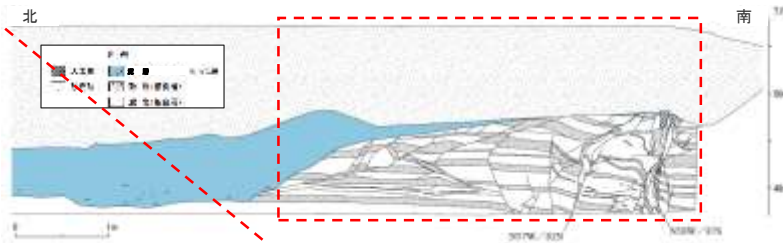


観察位置



断層面

断層面

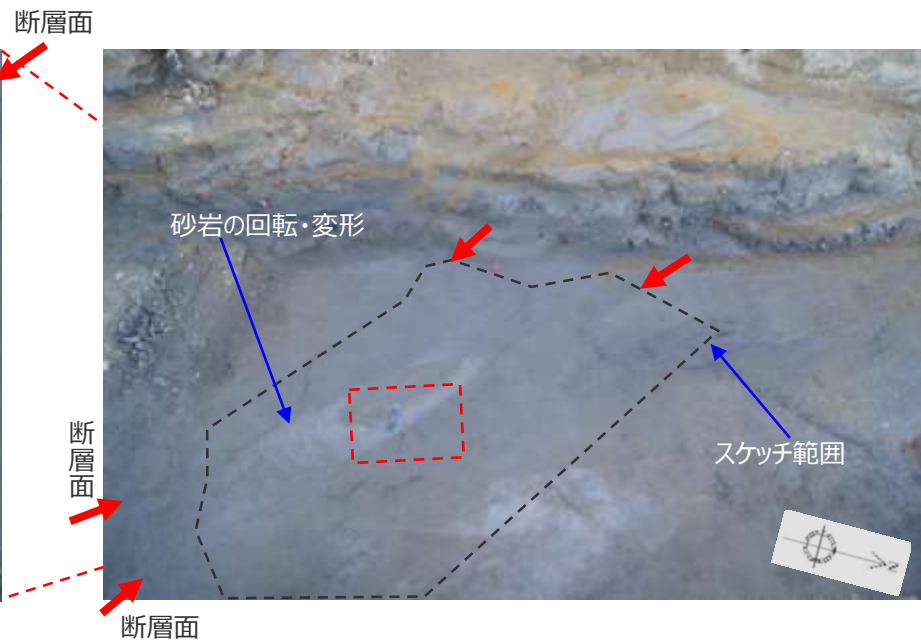
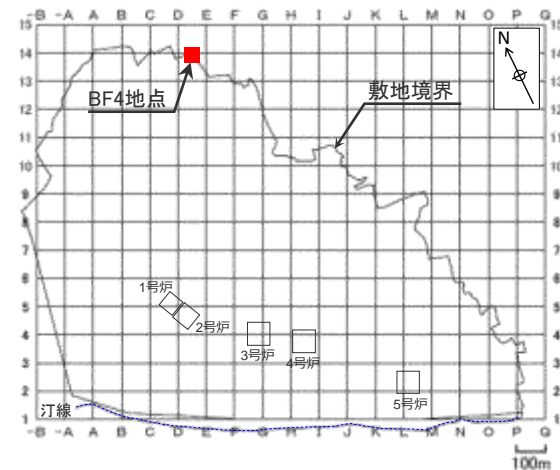


(スケッチ赤枠部分の写真)

H-9断層 露頭観察結果 (BF4地点 西トレンチ(底面))

- 2条の平行な断層面が認められ、その断層面には幅1mm※の細粒物質（周辺母岩に比べ軟質な黒色層）が認められる。
- 断層面周辺の母岩には、砂岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりといった、流動的な変形構造が認められる一方で、角礫状の破碎部は認められない。
- 母岩の流動的な変形構造から正断層センスであることがわかる。また、これらの構造をもつ箇所を含め断層面周辺の母岩は固結している。
- 断層面は固結した母岩内をうねっており、平面的ではなく、これらの構造は母岩の流動的な変形を示す。
- 細粒物質は単一の層であり、細粒物質中に複数の層からなる層状構造や角礫状の岩片は認められない。また、細粒物質には、明瞭なせん断面は認められない。
- 断層面周辺の母岩には、破碎や変形を受けていない化石(Sagarites)が認められる。

※本露頭の薄片写真において計測した値。



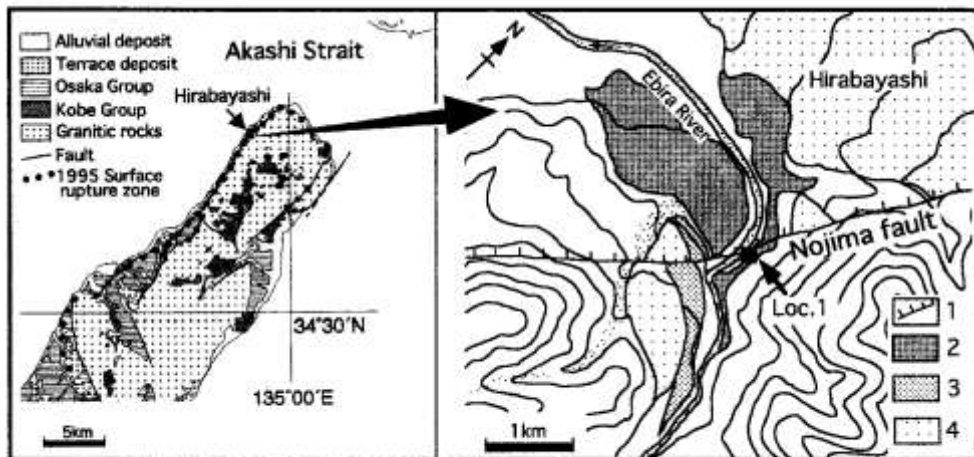
4

引用した文献の概要

(H断層系各断層間の形成時期の関係, H断層系各断層の再活動の有無 関連)

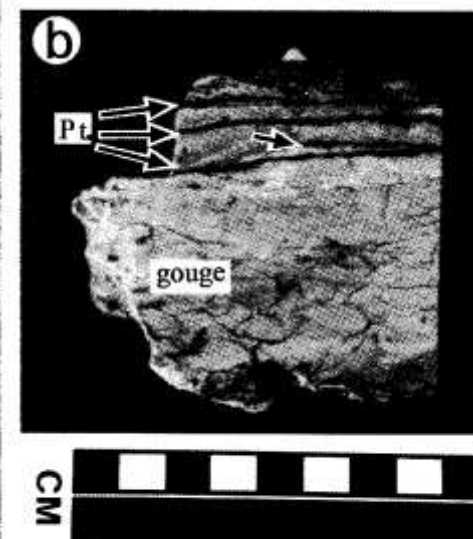
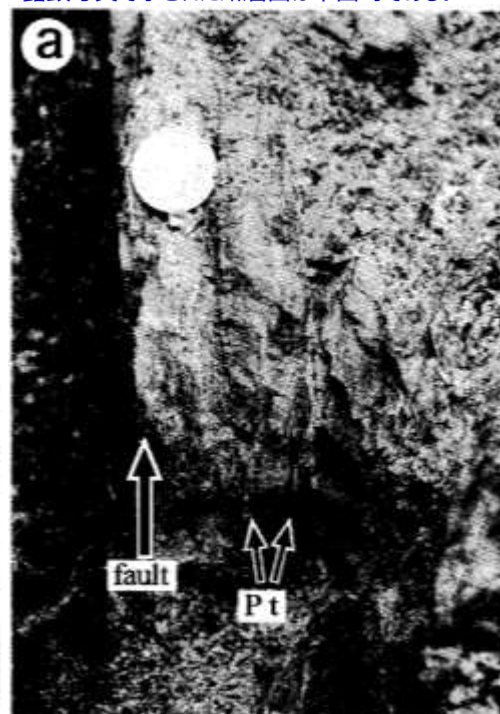
重富・林 (1999) の概要 (1 / 2)

- 重富・林 (1999) は、1995年兵庫県南部地震に伴って現れた野島地震断層の平林露頭において、互層状に算出する断層ガウジとシュードタキライトについて組織構造解析を行っている。(第1図参照)
- 露頭は、領家帯の花崗岩が未固結な段丘砂礫層に衝上しており、花崗岩側の断層破碎帯は主断層面から幅約15cmの断層ガウジとシュードタキライトとの互層、幅20~30cmの断層角礫帯および数m以上のカタクレーサイトから構成されるとしている。(第3図、第4図参照)

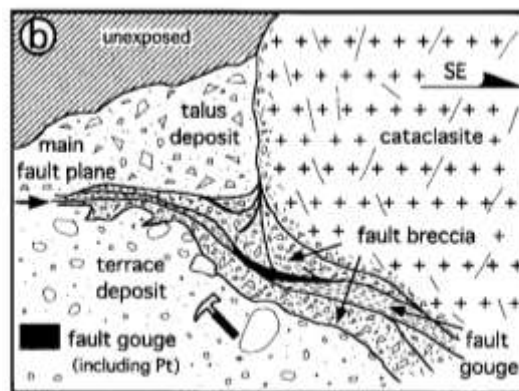


第1図 淡路島北部地質図(水野ほか, 1990 および林ほか, 1995 を一部改定)と平林露頭周辺地形分類図。Loc. 1 は平林露頭の位置である。1: 1995年兵庫県南部地震の際に現れた断層崖(平林断層崖); 2: 最低位段丘面; 3: 低位段丘面下位面; 4: 高位段丘面上位面。

【当社解釈】
露頭写真で示された断層面は平面的である。



第4図 互層状に産出する断層ガウジ-シュードタキライトの写点。a: 露頭の写点; b: サンプルの研界面。Pt: シュードタキライト。



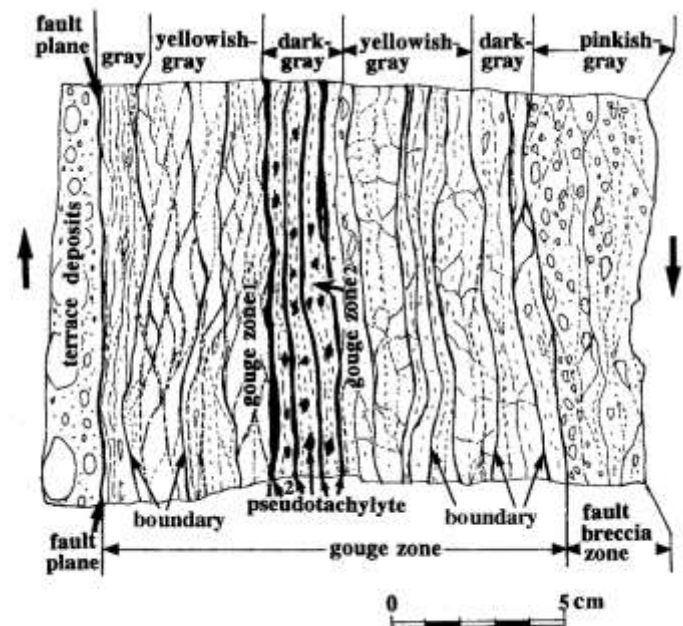
第3図 平林露頭(第1図のLoc. 1)の写角 (a) と詳細スケッチ (b)。断層破碎帯は花崗岩側に形成されたクレーサイト・岩塊角礫・断層ガウジおよびシュードタキライトから構成される。

- 断層ガウジ帯は、断層面と平行な姿勢を示す薄い断層ガウジ層とシュードタキライト層の互層から構成され、肉眼だけでも18枚が確認されたとし、これらの互層は1枚1枚が色や組織が明らかに違うもので、非常にシャープな境界面で接しているとしている。また、断層ガウジ帯では右横ずれのせん断センスを示す非対称構造が観察されるとしている。(第5図参照)
- 断層ガウジ帯の互層構造を電子顕微鏡でも観察し、肉眼～光学顕微鏡下での観察と同様にシャープな境界(境界は入り組んでいるが、漸移していない)で接する互層状構造が見られるとしている。また、断層ガウジ中にはシュードタキライトのクラストが多量に含まれるとしている。(第6図、第7図参照)
- 一枚の断層ガウジまたはシュードタキライトが複数回の地震断層運動により形成される可能性を指摘し、これは、シュードタキライトと隣接した断層ガウジ層に大小さまざまなシュードタキライトのクラストが含まれていることから暗示されるとしている。

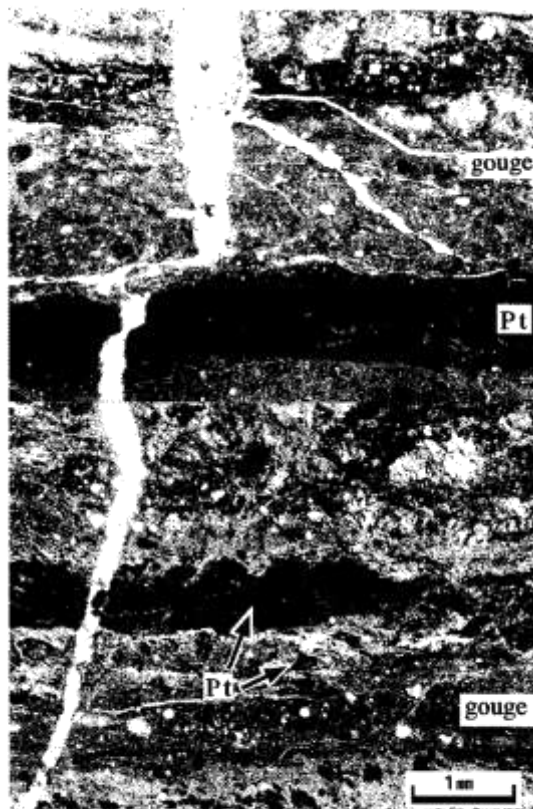
【当社による整理】

(下線部は文献中の写真に基づく当社の解釈)

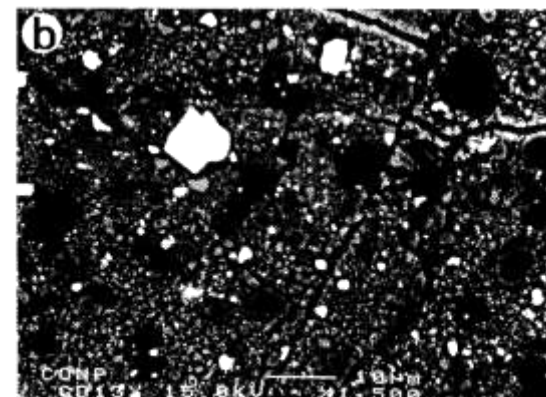
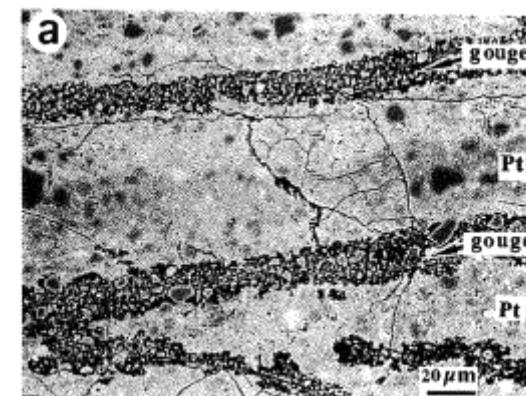
- 断層面は平面的である。
- 断層面またはその周辺には、角礫状の破碎部(断層角礫帯及びカタクレーサイト)、断層ガウジが認められ、断層ガウジには明瞭なせん断構造(右横ずれのセンスを示す非対称構造)が認められる。
- 断層ガウジとそれに隣接する層(シュードタキライト層)の境界は明瞭である。



第5図 平野露頭に露出する互層状断層ガウジ・シュードタキライトのXZ面の組織構造。右横ずれの断層センスを示す非対称構造が観察される。長い矢印は断層センスを示す。Pt: シュードタキライト。



第6図 断層ガウジとシュードタキライト互層の顕微鏡写真。断層ガウジ中にはシュードタキライトのクラストが多量に含まれる。Pt: シュードタキライト。



第7図 断層ガウジとシュードタキライト互層のSEM像(XX面)。a: 断層ガウジの断面にさらにシュードタキライトの層が含まれる。b: aの拡大。Pt: シュードタキライト。

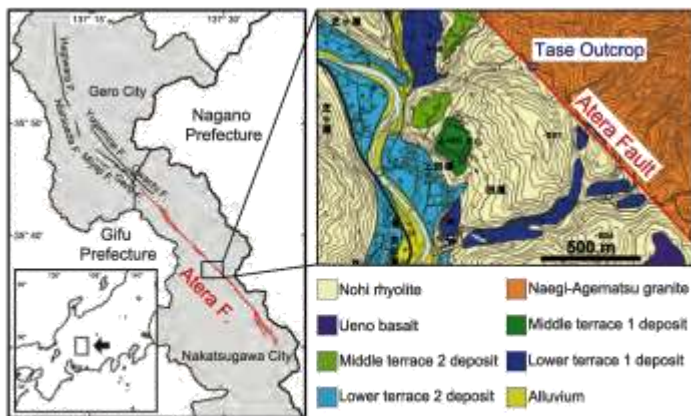
加藤ほか（2015）の概要

- 加藤ほか（2015）は、阿寺断層田瀬露頭を調査し、断層ガウジの構造等を詳細に分析している。（第1図参照）
- 露頭は、後期白亜系苗木－上松花崗岩カタクレーサイトが第四系砂礫層に衝上しており、断層は厚さ10～20cmの断層ガウジ帯を形成しているとしている。
- 断層ガウジ帯はそれぞれ明瞭な境界をもつ6つの層（FG01-FG06）に分類されるとし、これらを淡灰色断層ガウジ（FG01,FG03,FG05,FG06）、褐色断層ガウジ（FG02）、黒色断層角礫岩（FG04）の3種類に整理している。（第2図参照）
- 淡灰色断層ガウジには、肉眼での観察で剪断による葉状構造が認められるとし、偏光顕微鏡での観察では同ガウジに整理したFG01の一部には母岩から取り込まれた岩片が認められるとしている。（第3図参照）
- 断層ガウジ帯各層の鉱物組成及び主要元素組成等も踏まえ、それぞれの断層ガウジは剪断の影響が異なる状況下で発達したとし、断層活動に伴う断層ガウジ帯の発達過程を考察している。

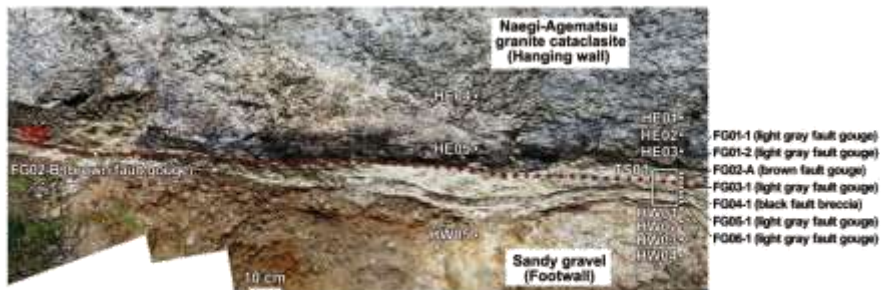
【当社による整理】

（下線部は文献中の写真に基づく当社の解釈）

- 断層面は平面的である。
- 断層面またはその周辺には、角礫状の破砕部（母岩から取り込まれた岩片、断層角礫岩）、断層ガウジが認められ、断層ガウジには明瞭なせん断構造（葉状構造）が認められる。
- 断層ガウジ間の境界や断層ガウジとそれに隣接する層（黒色断層角礫岩）の境界は明瞭である。



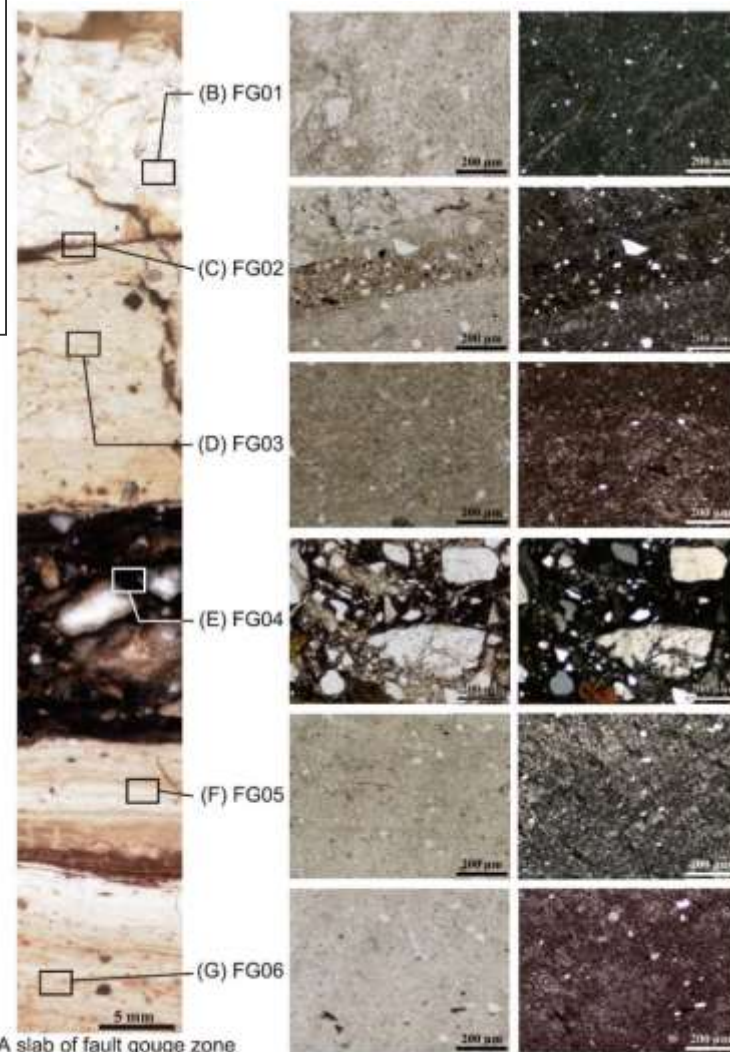
第1図 阿寺断層系の分布および阿寺断層田瀬露頭周辺の地質図。
 加藤ほか（1993）に基づいて作製。国土地理院発行の2万5千分の1地形図「付知」の一部を基図として使用。



第2図 阿寺断層田瀬露頭における露頭写真。
 図中の白丸は鉱物学的・化学的分析用試料の採取点、白色四角形は鏡下観察用の試料の採取位置を示す。また、赤色の点線は本露頭における最新滑り面（latest slip zone: LSZ）を示す。

【当社解釈】

露頭写真で示された断層面は平面的である。



第3図 断層ガウジ帯のスラブ画像（A）および偏光顕微鏡写真（B-F）。
 断層ガウジ帯のスラブ画像上の黒色四角形は偏光顕微鏡写真の撮影位置を示す。また、偏光顕微鏡写真の左列は開放ニコル、右列は直交ニコルにて撮影した画像である。

相山ほか (2017) の概要 (1 / 2)

- 相山ほか (2017) は、北丹後地震 (1927年) でその一部が活動した、山田断層帯の主部である山田断層の虫生露頭を調査し、断層性状を詳細に観察している。(図-1, 図-2, 図-3参照)
- 虫生露頭Bでは、花崗岩起源の断層破碎帯が幅約9mの範囲で認められ、この断層破碎帯は、未固結で細粒な粘土鉱物を主体とする断層ガウジ帯、未固結でフラグメントを主体とする断層角礫、基質とフラグメントが固結したカタクレーサイトから構成されるとしている。(図-5参照)
- 断層ガウジ帯は幅1~4cmであり、幅2.5cm以下の灰白色部と、幅1.5cm以下の淡黄褐色部と緑白色部の互層となっている部分からなるとし、断層角礫は幅10~35cm程度であり、黄褐色を呈するとしている。
- 断層ガウジ帯に沿って、4条の断層面 (Y1~Y4) が認められるとし、Y1は色調境界として明瞭に認識されるように直線性・連続性に優れ、Y2~Y4は直線性・連続性に乏しいとしている。(図-6参照)

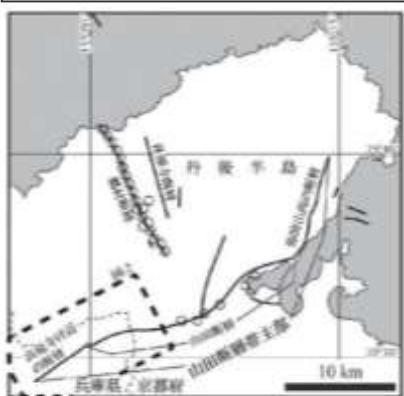


図-1 山田断層帯を構成する断層帯

丸線は山田断層帯を構成する断層帯を示す。断層帯の分布は地質調査所「地質調査本部」に基づく。丸印は1927年の北丹後地震で発生した地すべり断層の分布を示す。地すべり断層の分布は「地すべり断層」に基づく。主断層帯は図-2の範囲を示す。

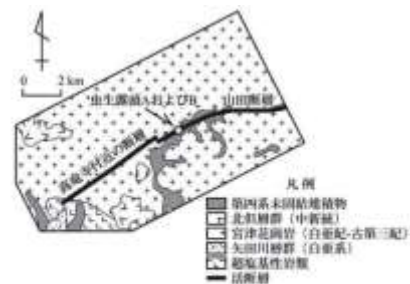


図-2 山田断層帯主部の南西部周辺の地質

地質は上村ほか¹⁾と黒田²⁾を基に、一部改変した。山田断層帯を構成する断層帯の分布は地質調査所「地質調査本部」に基づく。図の範囲は図-1に示される。



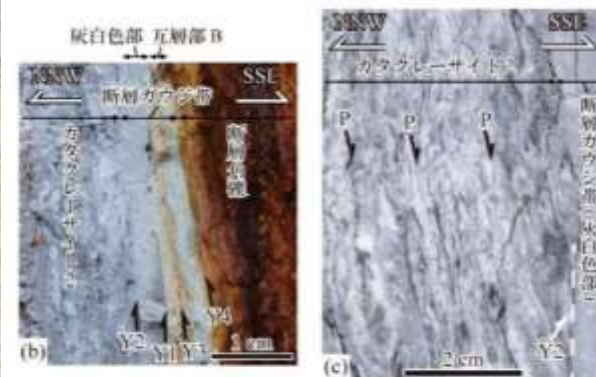
図-3 虫生露頭AおよびBの遠景写真

赤線は主断層面の分布位置。赤破線は主断層面の推定分布位置を示す。虫生露頭AおよびB中の主断層面はそれぞれ、後述のP1とY1に対応する。露頭の位置は図-2に示される。



図-4 Y1近傍の断層面や断層破碎帯の写真

(a) Y1近傍の新層砕砕帯。破砕帯は方位角プロットのサンプリング位置を示す。(b) 新層ガウジ帯に沿うY1~Y4。(c) カタクレーサイト2に発達するP1状の葉片状構造。(d) カタクレーサイト2と3を区別させる断層面。破砕帯はカタクレーサイト2と3の境界であり、その境界は断層面により見かけ上横ずれ逆断層変位させられている。(a)の範囲を図-5 (b) に、(b)~(d)の範囲を(a)に示した。



【当社解釈】
露頭写真で示された断層面 (Y1) は平面的である。

相山ほか（2017）の概要（2 / 2）

- 主断層面と考えられるY1の微細構造について、以下の観察結果を示している。（図-9(a), 図-10参照）
 - 断層ガウジ帯は層状構造を呈しており、10枚の断層ガウジ（g1～g10）に分帯される。
 - 断層ガウジを構成する粘土鉱物は定向配列しており、一定のステージ回転角度で一様に消光する。この粘土鉱物の消光するステージ回転角度が隣合う断層ガウジで異なるため、層状構造が明瞭に分帯される。
 - g1～g10はそれぞれ、断層面と斜交したフラグメント・粘土鉱物の配列からなるP面を伴う。またg9とg10の境界の断層面を変位させるR₁面が認識される。
- Y1沿いの断層ガウジ帯は、肉眼観察で少なくとも2枚の断層ガウジに分けられ、薄片観察で10枚の断層ガウジからなる層状構造が認められたとし、この構造は活断層の特徴である繰り返し運動を示し、それぞれの断層ガウジが1回の地震イベントを示している可能性があるとしている。

【当社による整理】（下線部は文献中の写真に基づく当社の解釈）

- 断層面は平面的である。
- 断層面またはその周辺には、角礫状の破碎部（断層角礫、カタクレーサイト）、断層ガウジが認められ、断層ガウジには明瞭なせん断構造（P面、R₁面）が認められる。
- 断層ガウジ間の境界や断層ガウジとそれに隣接する層（断層角礫）の境界は明瞭である。

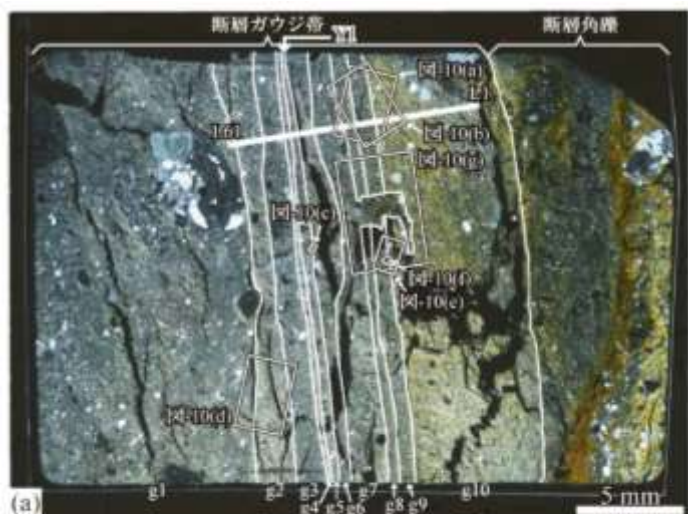


図-9(a)を
抜粋掲載

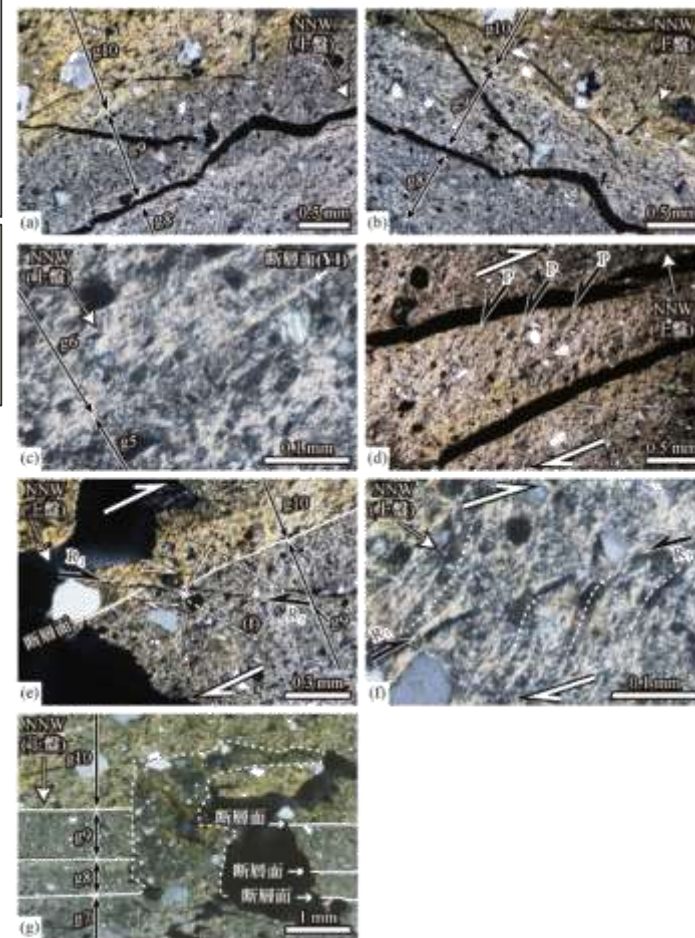


図-10 Y1沿いの薄片の拡大写真

(a) および (b) 断層ガウジ帯中の層状構造。(b) は (a) よりステージを約45°時計回りに回転して撮影した。(c) g5とg6の境界に分布する断層面（Y1）。(d) 断層ガウジに発達するP面。(e) 2枚の断層ガウジ（g9とg10）と、その境界の断層面を右横ずれ変位させるR₁面。(f) (e) 中のR₁面と、その周辺のフラグメント・粘土鉱物の配列。破線はフラグメント・粘土鉱物の配列方向を示す。(g) g8～g10と断層面を横断・注入するg7。破線はg7の注入原の外縁を示す。(a)～(g) は直交ニコル下で撮影している。(d)～(f) 中の白色の太矢印は剪断センスを示す。(a)～(g) の範囲を図-9(a) に示すとともに、(f) の範囲を (a) にも示した。

佐伯ほか（2019）及び関連する調査結果の概要

- 原子力リスク研究センター共通研究（12事業者※による共同研究。以下、「NRRC共研」という。）では、2011年福島県浜通りの地震で活動した湯ノ岳断層を対象として、田場坂地点においてトレンチ調査等を行っている。
※北海道電力、東北電力、東京電力ホールディングス、中部電力、北陸電力、関西電力、中国電力、四国電力、九州電力、日本原子力発電、電源開発、日本原燃

【佐伯ほか（2019）の概要】

- 佐伯ほか（2019）は、NRRC共研の成果の一部を基に、田場坂地点のトレンチでは、主断層の下盤側に古第三系白水層群石城層、上盤側に下部中新統湯長谷層群水野谷層が分布するとしている。
- 主断層の破碎部は、断層角礫ゾーン、断層角礫ゾーンを切断し断層ガウジを伴うF1断層、水野谷層との境界をなすF2断層から構成されるとし、F1断層は、断層角礫ゾーンとF2断層を不整合に覆う礫層の基底を20cm程度変位させているとしている。
- 断層ガウジや断層角礫中のレンズの配列から、逆断層センスと正断層センスの非対称変形構造が認定されるが、逆断層センスのR₁面が正断層センスのR₁面に切られ、正断層活動の方が新しいと判断されるとしている。
- NRRC共研では、佐伯ほか（2019）で示されるF1断層は、断層面はトレンチ壁面において平面的で連続性が良いこと、断層ガウジには明瞭な層状構造が認められ肉眼で3枚のガウジ層（g1～g3）に分帯でき、そのうちg2中にはガウジ片（g1の岩片）の取り込みがあることを確認している。

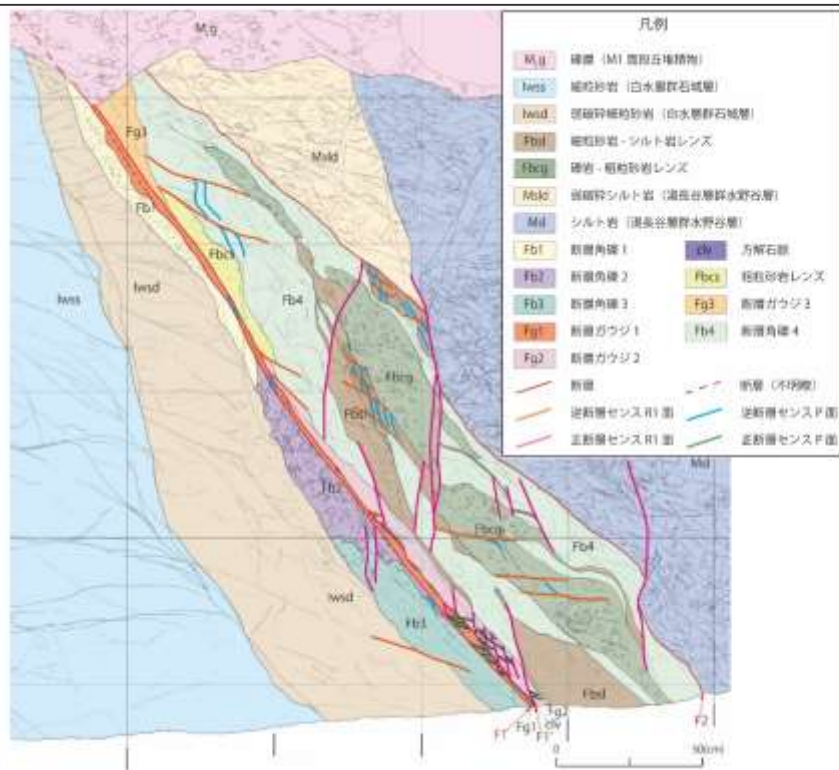
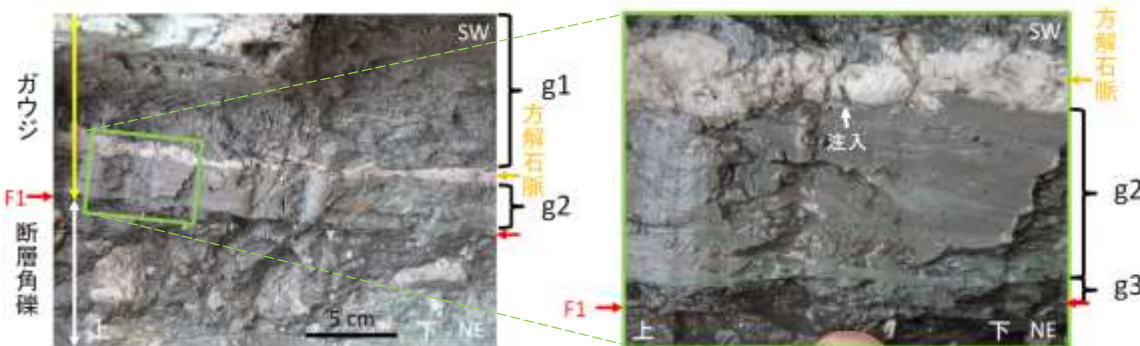


図1 田場坂トレンチ南東面の湯ノ岳断層破碎部のスケッチ。
佐伯ほか（2019）より



F1断層のガウジに見られる層状構造（肉眼で3枚のガウジ層に分帯できる）



g2に取り込まれたガウジ片（g1の岩片）

写真はいずれもNRRC共研の調査による

【当社による整理】

- 断層面（F1断層）は平面的である。
- 断層面またはその周辺には、角礫状の破碎部（断層角礫ゾーン）、断層ガウジが認められ、断層ガウジには明瞭なせん断構造（非対称変形構造、R₁面）が認められる。
- 断層ガウジ間の境界や断層ガウジとそれに隣接する層（断層角礫）の境界は明瞭である。

日本原燃 (2015) ※の概要

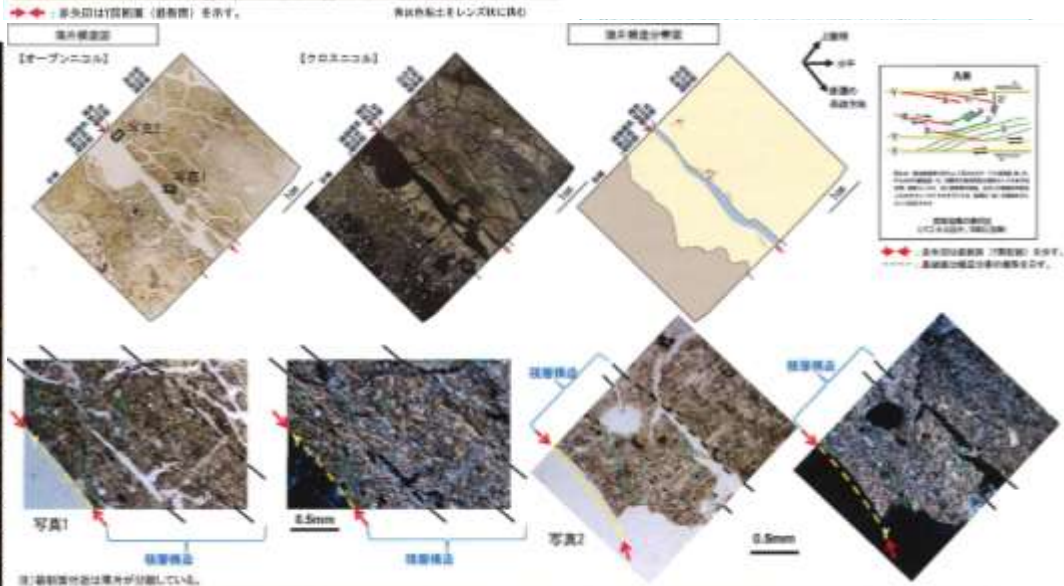
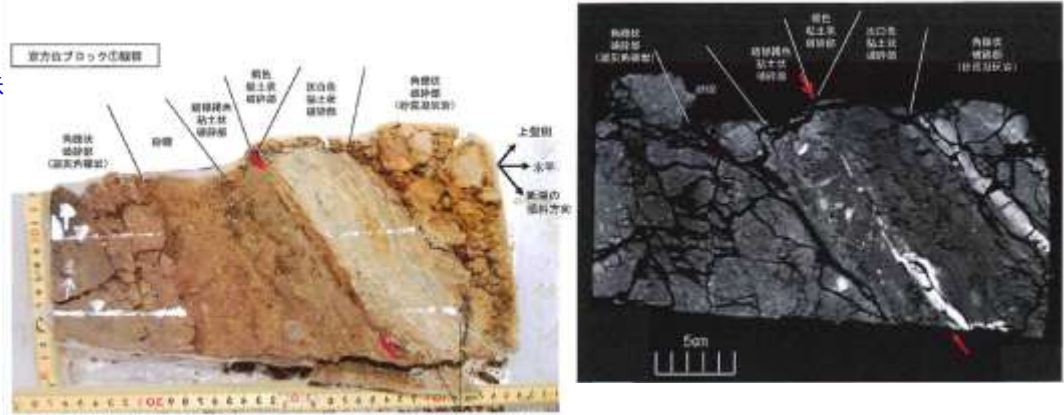
※核燃料施設等の新規規制基準適合性に係る審査会合（第68回）（平成27年7月17日）、資料1-1 再処理施設、MOX燃料加工施設 敷地周辺の活断層評価の内、出戸西方断層（コメント回答（その1））

- 日本原燃（2015）は、出戸西方断層のL_Bリニアメントに対応する位置の露頭（DW-1露頭）を調査し、その断層性状を示している。
- 露頭観察の結果、泊層（新第三系中新統）の砂質凝灰岩と凝灰角礫岩とを境する明瞭でシャープな断層面を確認したとしている。また断層面にはフィルム状の断層粘土が、断層直近では角礫化した砂質凝灰岩礫がそれぞれ認められるとしている。
- 定方位ブロック観察の結果、断層は上盤側から、角礫状破碎部（砂質凝灰岩）、粘土状破碎部、角礫状破碎部（凝灰角礫岩）が認められ、粘土状破碎部は、色調、粒度の違いから3つの分帯（灰白色粘土状破碎部、褐色粘土状破碎部、暗緑褐色粘土状破碎部）に区別されるとし、このうち褐色粘土状破碎部が最も直線的に連続し、明瞭な分離面を有するとしている。
- 薄片観察の結果、褐色粘土状破碎部は最も直線的なY剪断面（最新面）が認められるとし、最新面付近には繰り返し活動したことを示唆する積層構造が認められるとしている。また、褐色粘土状破碎部のY剪断面、面構造S及びR1剪断面の関係から、逆断層センスであることが分かるとしている。

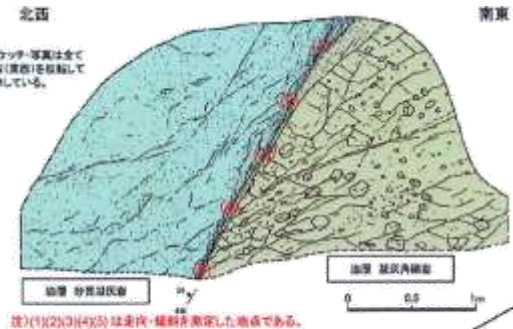
【当社による整理】（下線部は文献中のスケッチまたは写真に基づく当社の解釈）

- 断層面は平面的である。
- 断層面またはその周辺には、角礫状の破碎部、粘土（粘土状破碎部）が認められ、粘土には明瞭なせん断構造（Y面，R1面）が認められる。
- 粘土状破碎部間の境界や粘土状破碎部とそれに隣接する層（断層角礫）の境界は明瞭である。

【当社解釈】
ブロック写真で示された粘土状破碎部間の境界や粘土状破碎部とそれに隣接する層（断層角礫）の境界は明瞭である。



【当社解釈】露頭スケッチで示された断層面は平面的である。



Bense et al. (2003) の概要 (1 / 2)

- Bense et al. (2003) は、オランダのRoer溪谷のリフトシステムに認められる未固結堆積物（上盤：30～60ka，下盤：250ka）中のGeleen断層についてトレンチ調査を行っている。（Fig.1参照）
- 堆積物は、上盤のユニットD（Homogeneous silt），下端のユニットA（Horizontally laminated sand），B（Horizontally laminated clay interbedded with sand），C（Cross-bedded sand）に区別されるとし、断層は、幅は10cmであり、ユニットBを起源とするクレイスマア（the clay smear）が断層面に沿って認められ、ユニットAも断層に引きずりを受けているとしている。（Fig.4, Fig.6参照）

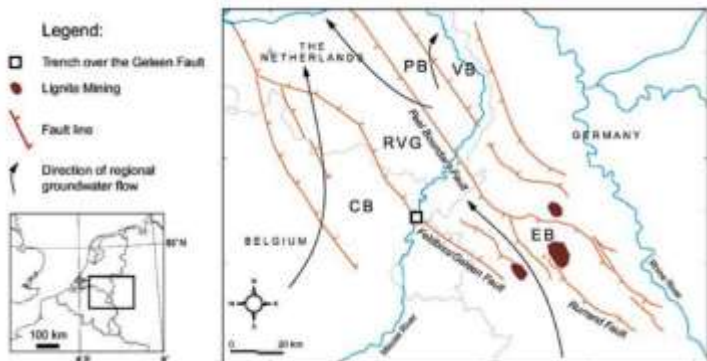


Fig. 1 Geographic location of tectonic blocks, important faults and fieldwork location within the RVRs (regional location of study area shown on left). CB Campine Block, RVG Roer Valley Graben, PB Peel Block, VB Venlo Block, EB Ertf Block

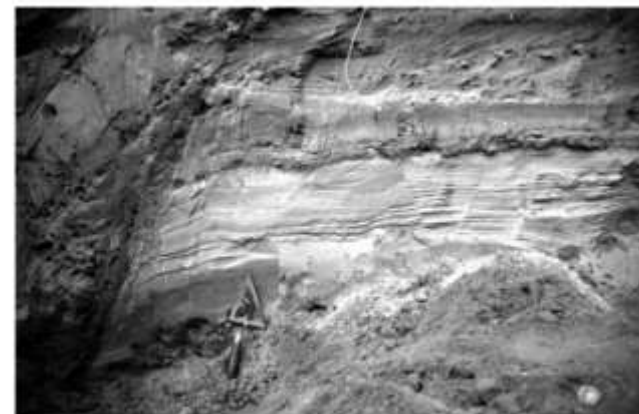


Fig. 6 Photograph of the fault core of the Geleen Fault showing the morphology and lithological variation within the fault core. Gravel pebbles cause discontinuities in the clay smear

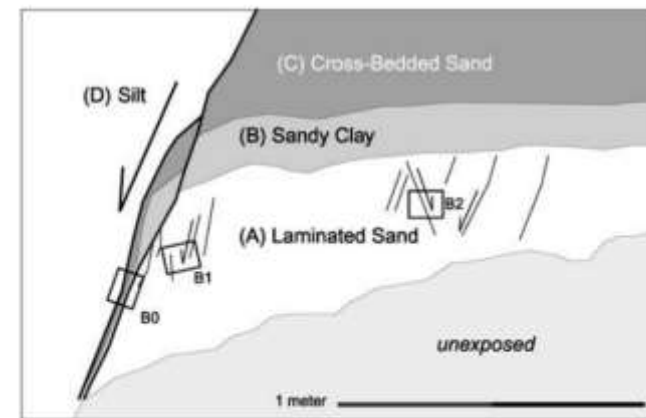
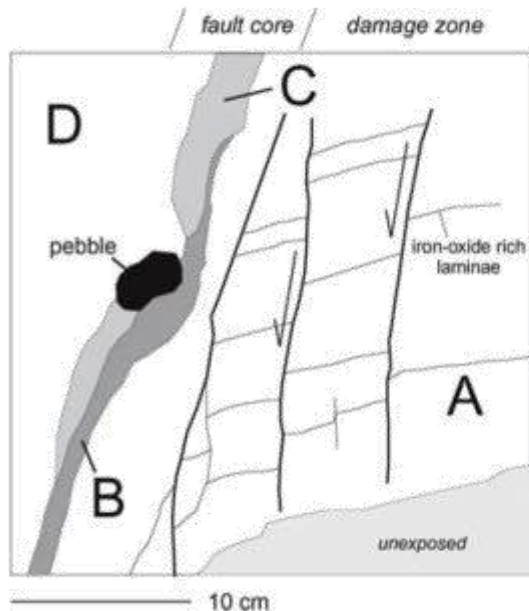


Fig. 4 Overview of sampling locations for box cores B0, B1, and B2 in the trench over the Geleen Fault (for a description of units A–D, see Table 1 and the text)

Bense et al. (2003) の概要 (2 / 2)

- Bense et al. (2003) は、Geleen断層について薄片観察を行い、詳細な構造を調査している。
- クレイスメア (the clay smear) の端に沿って、断層運動による変形によって粒子スケールの砂と粘土の混合 (mixing of sand and clay) が起こっているとしている。また、断層運動によって、主断層面の方向に平行な粒子の再配列が起こっているとしている。(Fig.7参照)
- 主断層面から離れた小断層でも薄片観察を行い、狭いすべり面に沿った粒子の流動によって、約1cmの垂直落差を吸収しているとしている。(Fig.12参照)。

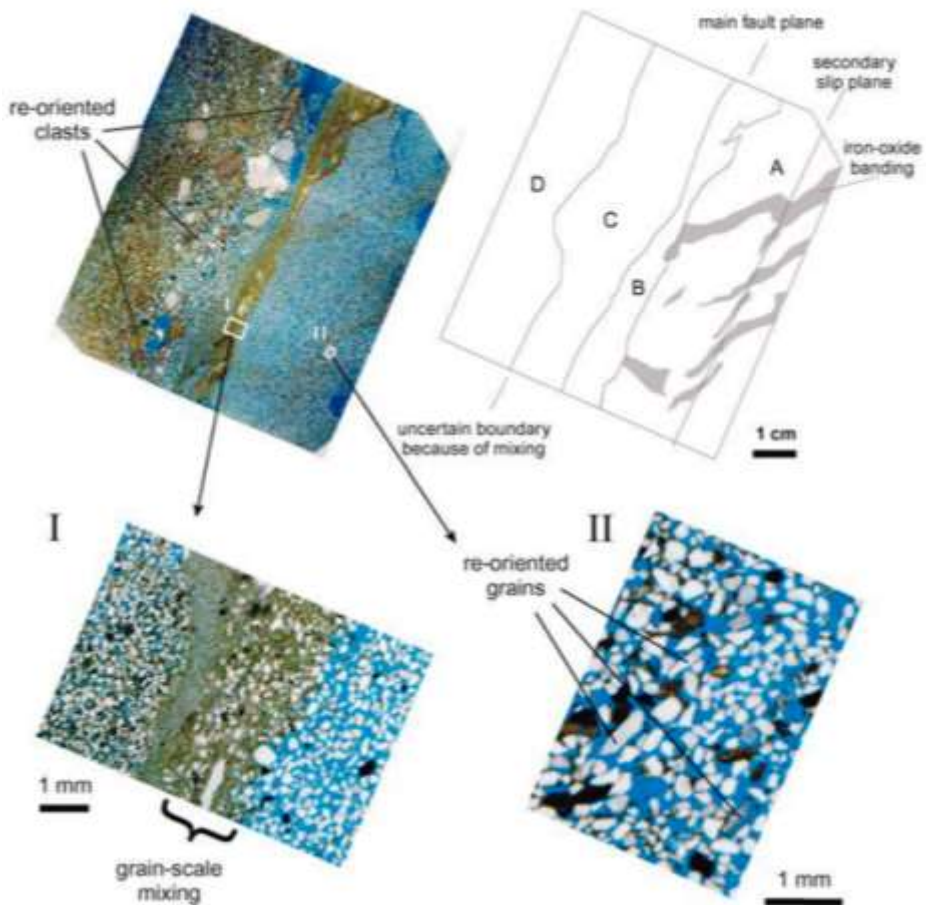


Fig. 7 Thin section of sample B0 showing the morphological aspects and composition of the fault core in detail and at different scales. Reorientation of grains and larger conglomerates of grains (clasts) in the fault core along discrete bands is accentuated by patterns of iron-oxide distribution. Mixing of clay and sand is visible but a distinct 'mixed zone' has not yet developed at this stage of fault-zone formation

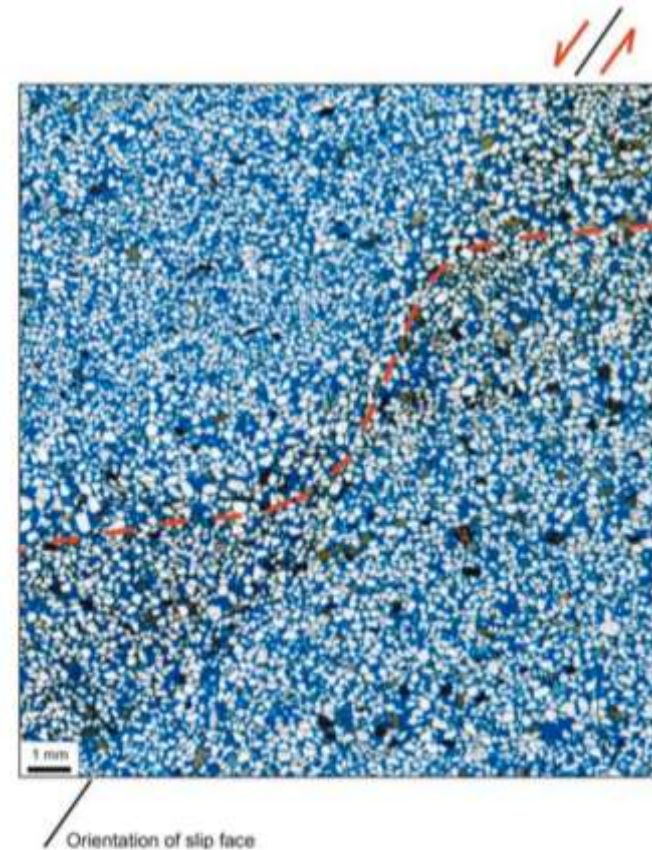


Fig. 12 Detailed image from a thin section of a part of sample B1, showing how particulate flow along a narrow slip plane accommodates a vertical throw of about 1 cm. The dashed line shows how one stratigraphic level is offset by the microfault

Fossen (2010a) の概要 (1 / 2)

- Fossen (2010a) は、アメリカのユタ州に分布する、Moab断層に連なるCourthouse断層付近において、軟質堆積物の変形時に形成された構造について調査している。(Fig.2, Fig.3参照)
- 同地域は、ジュラ紀の地層からなり、下位のNavajo砂岩(風成)と、その上部に、Dewey Bridge部層(砂岩と泥岩)、Slick Rock部層(砂丘-海成堆積物)、Moab部層(風成砂岩)が分布しており、Dewey Bridge部層の上下には、軟質堆積物の変形構造が認められるとしている。(Fig.4参照)

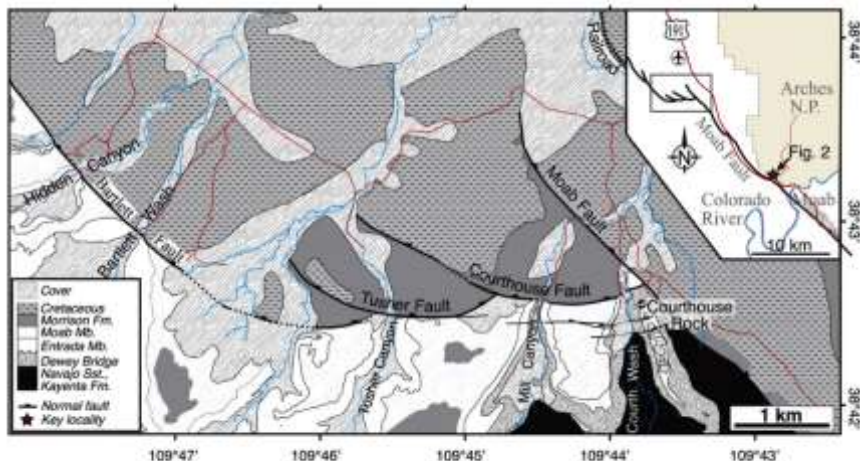


Fig. 2. Geologic map of the Courthouse Rock and surrounding areas. Modified from Doelling and Morgan (2000).



Fig. 3. Courthouse Rock and its stratigraphy. Note contorted nature of the silty lower Dewey Bridge Member.

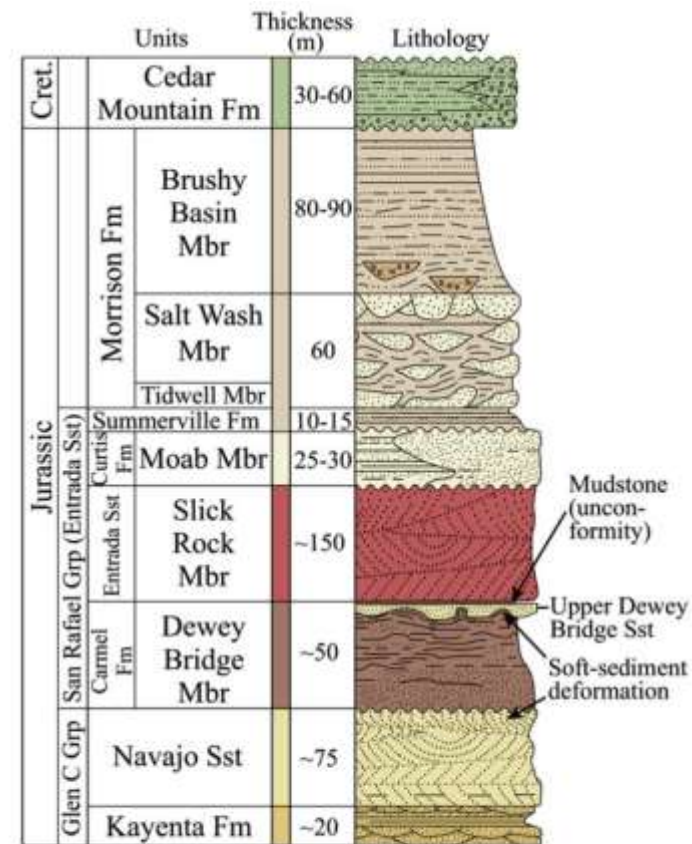


Fig. 4. Stratigraphic column of the Courthouse area. Modified from Doelling and Morgan (2000).

- 堆積時～堆積直後に生じる変形帯 (deformation band) の形成メカニズムとして, Granular flow, Cataclastic flow, Dissolution, Cementationの4つを示し, それぞれのメカニズムが生じやすい地層や環境の条件を示している。(Table 1参照)
- 上記メカニズムのうち, Granular flowは, 粒子の破壊がなく, 粒子の回転および摩擦すべりによる粒子の再編・分離からなる (disaggregation band) としている。また, この構造は, 均一な粒径の砂岩では目に見えないが, ラミナが確認できる場合はその延性変形により識別可能であるとし, 母岩の引きずりを伴ったNabajo砂岩中の断層写真を示している。(Fig.1参照)
- Dewey Bridge部層にみられる変形帯について, 薄片観察では, 粒子の破碎や空隙率の変化が認められず, 弱く局所的な粒子配列が見られるのみである (Fig.7参照) とし, 粒子の破碎が認められないことは, テクトニックな構造に関連するカタクラスティックな変形帯とは明確に異なり, 本構造はdisaggregation bandに分類されるとしている。

Table 1

Schematic overview of mechanisms operating during deformation band formation and their preferred conditions.

Granular flow	Shallow depth, low eff. stress, poor lithification
Cataclastic flow	>1 km depth, some lithification, high confining pressure
Dissolution (Qtz)	>2-3 km depth, >90 °C, locally along faults due to fluid flow
Cementation	For quartz, same as above. Calcite shallower



Fig. 1. Synsedimentary disaggregation band in sand dune deposits of the Navajo Sandstone, Arches National Park, invisible in homogeneous sandstone. Displacement can be measured on selectively eroded surfaces (See Fig. 2, inset map).



Fig. 7. Typical disaggregation deformation band of the Dewey Bridge Mbr., running diagonally across the picture.

- Komura et al. (2019) は、2011年、2016年に東北で発生した正断層型地震において活動した持山断層について、複数個所で露頭調査を実施している。
- 持山断層は、湯ノ岳断層・井戸沢断層の南方約25kmに位置し (Fig.1参照), DInSAR解析によって、2011年、2016年の地震時に30cmを超える相対変位が検出されている。
- 小山ダム露頭では、母岩である花崗閃緑岩中に、断層破碎ゾーン (FFZ) が確認され、断層ガウジ、断層角礫、カタクレーサイトに分類している。(Fig.9参照)
- 断層ガウジは、緑色のガウジと、灰褐色のガウジの2層が確認され、両者の境界部では、灰褐色のガウジに緑色のガウジからはぎ取られた粘土質のガウジ片が含まれており、この現象は単一の断層運動イベントでは説明できないとしている。(Fig.S4参照)

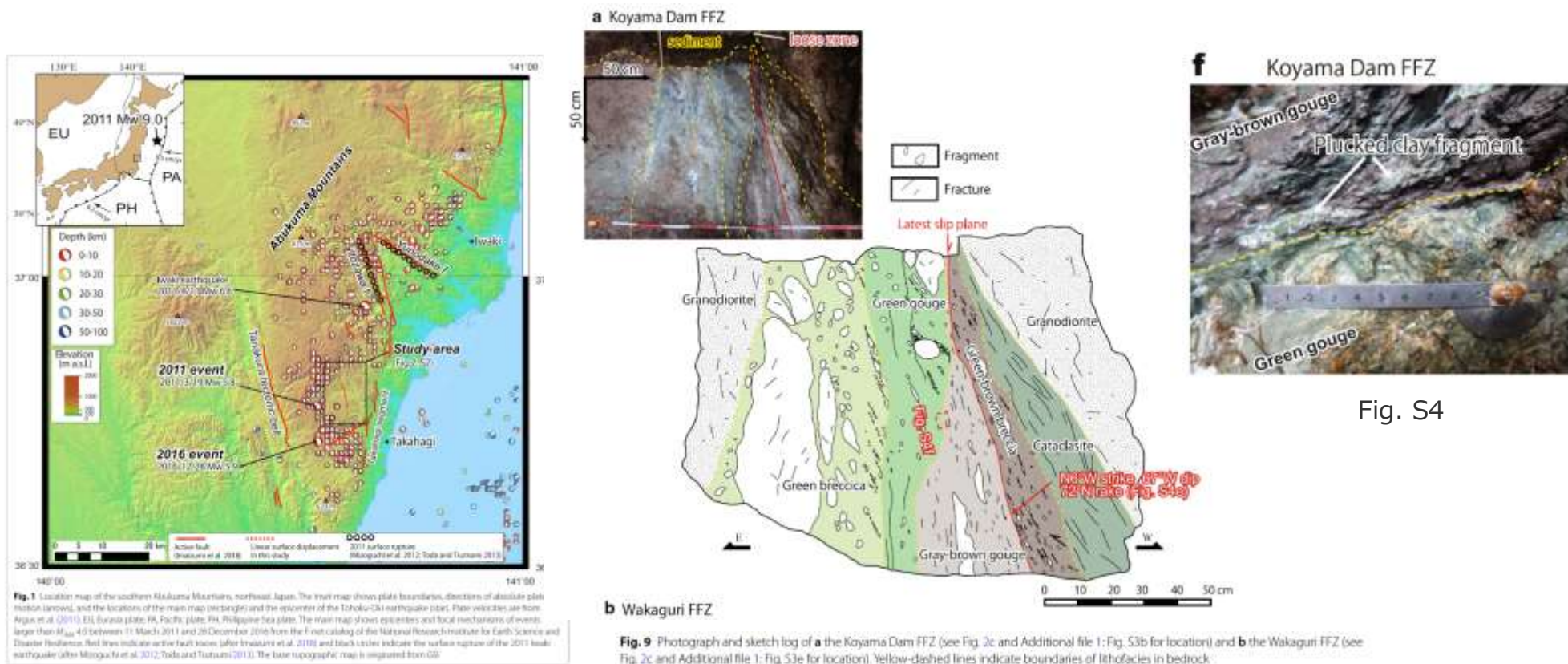


Fig. S4

- Schuck et al.(2018)は、ニュージーランドのプレート境界断層であり、300年弱の活動周期をもつAlpine断層について、陸上セグメントの中央に位置し約4kmの曲線状の地表トレースを持つ衝上断層セグメントのWaikukupaスラストを対象に、露頭調査等を実施している。(Fig.1参照)
- 同断層の露頭は、上盤側が石英長石質のAlpine片岩のウルトラマイロナイトであり、主すべりゾーン (Principal slip zone ; PSZ) として、カタクレーサイトと、層状の粘土断層ガウジ (layered clay gouge) が厚さ2~30cmの断層コアを形成し、下盤が第四紀の融氷河流堆積物であるとしている。そして、層状のPSZが、上盤と下盤とをシャープに分離しているとしている。(Fig.2参照)

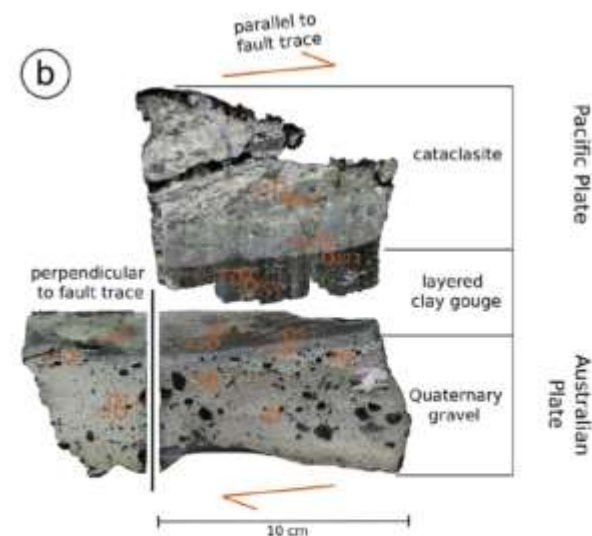
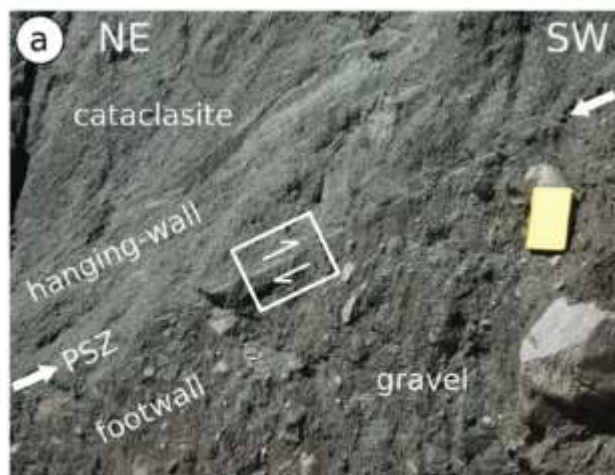
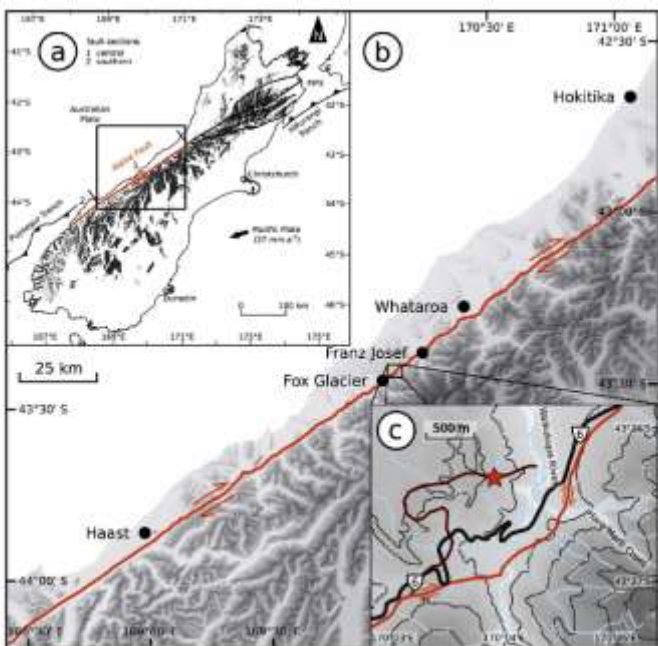


Fig. 2. (a) Outcrop image of the Waikukupa Thrust fault segment. The ~3.5 cm thick ochre to medium-brown PSZ (indicated by white arrows) sharply separates hanging-wall cataclasites from fluvoglacial footwall gravel. Height of yellow fieldbook is 15 cm. White box shows location of investigated sample displayed in (b); white arrows indicate dextral sense of shear. **(b)** Scanned image of sample investigated in this study. Footwall was scanned parallel and perpendicular to fault trace. Orange spots and labels are locations of powder samples for XRD and ICP-OES analyses, respectively. Sample broke along the PSZ during shipment resulting in material loss of roughly 5 mm. (For interpretation of the references to color in this figure legend, the reader is referred to the Web version of this article.)

Schuck et al. (2018) の概要 (2 / 2)

- Schuck et al.(2018)は、Waikukupaスラストの露頭からサンプリングし、上盤のカタクレーサイト、PSZ、下盤の融氷河流堆積物（礫層）を対象に、薄片観察等によりその微細構造を調査・分析している。
- 上盤側のカタクレーサイトとPSZの境界では、断層ガウジに近づくにつれて、碎屑性粒子のサイズは大幅に減少、真円度は増加し、PSZとの接触面では碎屑物は丸みを帯びるとしている。また薄片観察では、PSZ内にガウジ片（gouge clasts）が含まれていることを示している。（Fig.3a）
- PSZでは、ガウジ片は（亜）角状であり、細かく砕かれた粒子（主に石英と長石）で構成されているとしている。（Fig.4a）
- PSZと下盤側の礫層との境界では、接触面は（亜）角～（亜）円状の碎屑物が確認できるとしている。（Fig.6d）
- これら詳細観察の結果から、本断層コア全体の微細構造の要約を図に示し、このような構造は、Alpine断層が高流体圧力による刺激により、時おり破壊したことを示すとしている（Fig.9参照）。

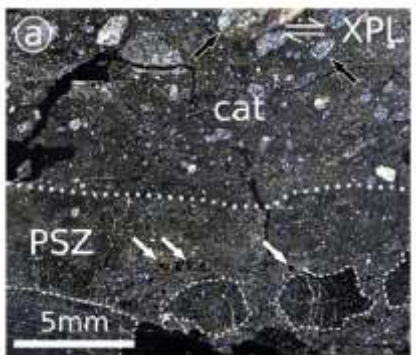


Fig. 3. Cataclasite microstructures.
(a) Transitional contact (dotted line) between cataclasite and PSZ. Cataclasite contains large (up to 2x1 mm) mylonite clasts (black arrows). Stippled outlines indicate larger gouge clasts, white arrows indicate smaller ones. Here, larger gouge clasts are cross-cut by calcite veins. XPL: cross-polarized light; cat: cataclasite; PSZ: principal slip zone; White arrows (top right) indicate fault movement as derived from the oriented sample taken at the outcrop.

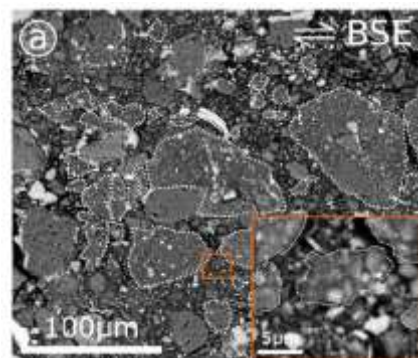


Fig. 4. PSZ microstructures
(a) Gouge clasts (dotted outlines) are (sub)angular and constitute most of the gouge. Orange box gives location of inset. Inset: Gouge clasts (dotted outlines) are composed of comminuted particles (mostly quartz and feldspar), cemented by phyllosilicates and finely dispersed calcite. Surrounding matrix is formed by larger quartz and feldspar clasts, micas and smaller amounts of authigenic phyllosilicates. BSE: backscatter electron microscopy; White arrows (top right) indicate fault movement as derived from the oriented sample taken at the outcrop.

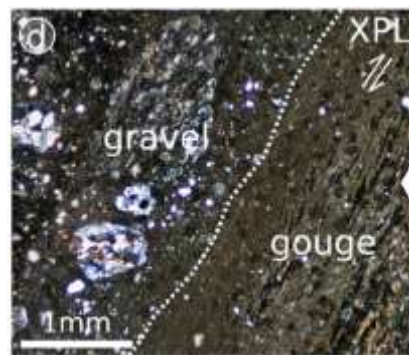


Fig. 6. Microstructures interface PSZ-gravel
(d) optical micrographs showing the contact between gouge and footwall gravel. The contact is defined by the appearance of (sub)angular - (sub)rounded clasts often having a mylonitic fabric. XPL: cross-polarized light

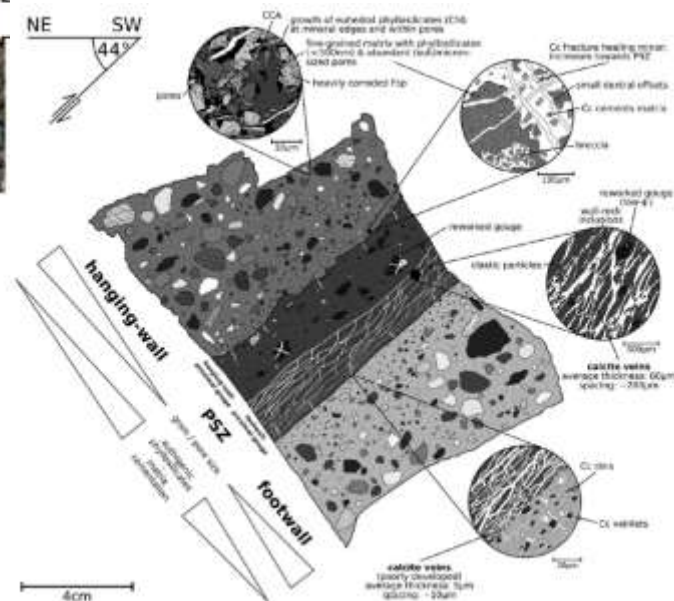


Fig. 9. Schematic summary of microstructural observations along the investigated segment across the Alpine Fault zone. CCA: clay-chlorite aggregates; Cc: chlorite; Tip: talc; Cc: calcite.

I 前回の審査会合からの主な追加, 修正

第871回(2020.7.3)審査会合からの主な追加, 修正

1～3章は変更がないため、4章「H断層系の活動性評価」についてのみ記載

項目	主な追加内容	主な修正内容
4. H断層系の活動性評価		• H断層系の評価方針について再整理。
4.1 H断層系の分布形態		• 4.1～4.3章は調査結果のみの記載とし、4.4章にこれら調査結果に基づく評価をまとめて記載する構成に変更。
4.2 H断層系の性状 (1) 露頭・ボーリングコアの観察結果	• 断層面の細粒物質の詳細な観察結果, 針貫入試験結果を追加し再整理。	
(2) ブロック試料・薄片の観察	• H-1～H-7, H-9, H-m0～H-m4断層すべてのブロック試料 (CT画像含む) 薄片試料の観察結果を示し, 細粒物質を中心に微小構造を再整理。	
(3) 試料分析・測定	• 各種分析結果の目的をより明確に示し, 結果を再整理。(一部断層でEPMA, X線回折分析を追加実施)	
4.3 敷地深部の地質構造 (1) 地下構造調査 ----- (2) 大深度ボーリングの孔壁調査 ----- (3) 深部の鍵層及び断層の観察	• 大深度ボーリングNo.5孔及びNo.7孔の柱状図において, H断層系と関連するような性状の記載のある深部の断層について解釈を追加。	
4.1～4.3 H断層系及び敷地深部の地質構造の調査結果まとめ	• 細粒物質の微細構造や組成も含めたH断層系の分布形態・性状等に関する調査結果を網羅的に確認できるよう, 調査結果を俯瞰的に表形式で整理。 • H断層系の調査結果から推定されるH断層系の分布範囲についての資料を追加。	
4.4 H断層系の分布・性状等に基づく評価	• 繰り返し活動した断層の性状に関する知見等を踏まえた, 各断層の再活動の有無についての検討の追加。 • 細粒物質の硬度が周辺母岩に比べ低いことに対する考察の記載を充実化。	• domino faultsの事例の知見についての記載を充実, 適正化。
4.5 H断層系の形成要因 (1) 正断層群形成に関する知見と敷地周辺の地質構造 ----- (2) 地すべりに関する知見 ----- (3) 敷地深部のbedding-slip fault		• Moore et al.(2015) について, H断層系の活動性評価に結び付ける記載を削除。
4.6 H-9断層の最新活動時期		
H断層系の活動性評価のまとめ		• 今回の評価内容を踏まえた記載に変更。

Ⅱ 既往コメント一覧

審査会合・現地調査におけるコメント一覧

No.	コメント概要	分類	コメント時期	コメント回答時期
1	敷地周辺の応力場について、現在は半年間のデータとなっているが、もう少し長い期間のデータで確認すること。	既往知見	2016年1月18日 第316回審査会合	2017年2月17日 第443回審査会合
2	小断層系をステレオネットで示し、H断層系との関係を示すこと。	敷地の地質・ 地質構造	2016年1月18日 第316回審査会合	2017年2月17日 第443回審査会合
3	H断層系の落差と傾斜の表について、地質断面図等と整合を図ること。	H断層系の分布	2016年1月18日 第316回審査会合	2017年2月17日 第443回審査会合
4	敷地の西側や敷地前面について、H断層系の分布や性状等のデータを示すこと。	H断層系の分布・性 状	2016年1月18日 第316回審査会合	2018年8月3日 第608回審査会合
5	細粒物質のX線回折分析について、母岩（相良層）部分についてより断層に近接する箇所で実施すること。	H断層系の性状	2016年1月18日 第316回審査会合	2017年2月17日 第443回審査会合
6	細粒物質の性状について、より詳細な検討を充実すること。	H断層系の性状	2016年1月18日 第316回審査会合	2017年2月17日 第443回審査会合
7	H断層系をリトリックな正断層と評価していることについて、大深度ボーリング等のデータにより検討を深めること。	深部地質構造と H断層系	2016年1月18日 第316回審査会合	2017年2月17日 第443回審査会合
8	H-9断層について、上載層が限られた範囲の分布であることを踏まえ、他に年代評価できる指標がないか、また模式地と比較して鉱物組成や帯磁率が同様かといった観点で、データの補強を行うこと。	H断層系の上載地 層による評価	2016年1月18日 第316回審査会合	2017年2月17日 第443回審査会合
9	4号炉法面に複数認められるキック褶曲状の局所的な褶曲構造について、その分布、成因を検討すること。	敷地の地質・ 地質構造	2017年2月17日 第443回審査会合	2018年8月3日 第608回審査会合
10	東西圧縮による褶曲に伴って形成されたとする南北系の逆断層について、向斜軸西側にも同様の構造があることを示すこと。	敷地の地質・ 地質構造	2017年2月17日 第443回審査会合	2018年8月3日 第608回審査会合
11	H断層系の分布範囲について、御前崎台地における、H断層系に類似する断層の存在、褶曲軸の傾斜方向の対比等も含め、その地質学的な解釈を説明すること。	H断層系の分布	2017年2月17日 第443回審査会合	2018年8月3日 第608回審査会合
12	石英粒子の表面構造解析の基準について、元文献の記載と事業者の評価が分かるように記載すること。	H断層系の性状	2017年2月17日 第443回審査会合	2018年8月3日 第608回審査会合
13	反射法地震探査結果の分解能について、反射断面の範囲をより詳細に分割し、分解能を定量的に示すこと。	深部地質構造と H断層系	2017年2月17日 第443回審査会合	2018年8月3日 第608回審査会合
14	走向傾斜が変化するという敷地の地下深部の構造について、各調査手法によるデータの整合性を確認すること。	深部地質構造と H断層系	2017年2月17日 第443回審査会合	2018年8月3日 第608回審査会合
15	代表的なボーリング柱状図について、露頭で確認できる小断層系（ゆ着型、開離型）の情報も含めて記載を充実させること。また、BHTV調査の資料について、凡例も含めて柱状図と記載を対応させること。	敷地の地質・ 地質構造	2017年3月 現地調査	2018年8月3日 第608回審査会合
16	H断層系、小断層系について、正断層・逆断層があり、一部条線も認められるため、小断層解析の実施も含め、発達史の観点から検討を深めること。	敷地の地質・ 地質構造	2017年3月 現地調査	2018年11月26日 第654回審査会合
17	向斜構造の中で正断層としてH断層系が滑ったとの解釈について、H断層系以外で、浅部で低角な円弧すべり状の地すべり断層がないか、過去のデータ等も含めて確認すること。	敷地の地質・ 地質構造	2017年3月 現地調査	2018年8月3日 第608回審査会合

審査会合・現地調査におけるコメント一覧

No.	コメント概要	分類	コメント時期	コメント回答時期
18	H断層系の分布について、BHTV等の結果を反映するとともに、鍵層となる凝灰岩の対比についても定量的なデータを示すことで、信頼性を説明すること。	H断層系の分布	2017年3月 現地調査	2018年8月3日 第608回審査会合
19	敷地内の露頭データについて、追加された新たなデータも含めて再整理すること。	H断層系の性状	2017年3月 現地調査	2018年8月3日 第608回審査会合
20	H断層系の特徴について、破碎帯の構造、固さ、帯磁率等も含め整理すること。	H断層系の性状	2017年3月 現地調査	2018年8月3日 第608回審査会合
21	H-4断層露頭で確認されたスマア構造について、その詳細な構造を示すこと。	H断層系の性状	2017年3月 現地調査	2018年8月3日 第608回審査会合
22	H-5断層の法面に認められる複数の断層面について、法面観察や薄片観察等のデータから、その幅や活動性について検討すること。	H断層系の性状	2017年3月 現地調査	2018年11月26日 第654回審査会合
23	H断層系の形成時期に関し、断層周囲の母岩の引きずりから相良層が未固結～半固結時の時代に形成されたとの解釈について、他地点の事例も調査して説明性をより向上させること。	H断層系の性状	2017年3月 現地調査	2018年8月3日 第608回審査会合
24	深部（400m程度以深）にみられる断層等の地質構造も踏まえうえて、H断層系が収斂することについて根拠を示すこと。	深部地質構造と H断層系	2017年3月 現地調査	2018年8月3日 第608回審査会合
25	大深度ボーリングW15孔のBHTV調査結果から、地層の走向傾斜が深部で南西傾斜に変化するととの評価について、データを追加して全体的な傾向を示すこと。	深部地質構造と H断層系	2017年3月 現地調査	2018年8月3日 第608回審査会合
26	W15孔などの代表的なボーリング孔について、全長に亘って帯磁率を計測して示すこと。	深部地質構造と H断層系	2017年3月 現地調査	2018年8月3日 第608回審査会合
27	BF4地点の上載地層を古谷泥層とする評価について、固さ、帯磁率、年代分析など、科学的・客観的なデータを充実させて説明性を向上させること。	H断層系の上載地層による活動性評価	2017年3月 現地調査	2018年4月6日 第563回審査会合
28	BF4'トレンチについて、H-9断層と上載地層との関係をより明確に観察できる調査位置を検討すること。	H断層系の上載地層による活動性評価	2017年3月 現地調査	2018年4月6日 第563回審査会合
29	GTG南法面トレンチにおいて上載地層として評価している笠名礫層相当層について、固さや帯磁率を示すこと。	H断層系の上載地層による活動性評価	2017年3月 現地調査	2018年4月6日 第563回審査会合
30	上載地層として評価している砂層（笠名礫層相当層）について、新規制基準では最終間氷期の地層は活動性評価には使えないので、評価の仕方を工夫すること。	H断層系の上載地層による活動性評価	2017年3月 現地調査	2018年4月6日 第563回審査会合
31	トレンチ調査について、できれば断層部分をより深く掘削し、上載地層との関係をより明確にすること。	H断層系の上載地層による活動性評価	2017年3月 現地調査	2018年4月6日 第563回審査会合
32	H断層系が2つの断層面を有しつつ分岐する現象について、観察あるいは理論的考察をもって説明すること。	H断層系の性状	2018年4月6日 第563回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
33	地形調査の検討範囲を広げると共に堆積物基底面高度を示すこと。	H断層系の上載地層による活動性評価	2018年4月6日 第563回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
34	泥層に含まれる礫種について層序との関係も踏まえ定量的に示すこと。	H断層系の上載地層による活動性評価	2018年4月6日 第563回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合

審査会合・現地調査におけるコメント一覧

No.	コメント概要	分類	コメント時期	コメント回答時期
35	BF1地点の古谷泥層を覆う砂礫層について、既往文献との関係を考察すること。	H断層系の上載地層による活動性評価	2018年4月6日 第563回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
36	花粉分析について、試料の棄却の根拠を明確にするとともに、古気候については既往文献との対比に基づいた検討をすること。	H断層系の上載地層による活動性評価	2018年4月6日 第563回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
37	化石分析について、化石が産出されないことも含め検討結果を示すこと。	H断層系の上載地層による活動性評価	2018年4月6日 第563回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
38	H-9断層の断層面の傾斜方向が、局所的に変化している状況を示すこと。	H断層系の上載地層による活動性評価	2018年4月6日 第563回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
39	地質・地質構造の記述に対応した地質図・地質構造図について、海域を含めて示すこと。	敷地の地質・地質構造	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
40	敷地の断層の分類と評価方法について、地形・地質調査を踏まえて整理すること。	敷地の地質・地質構造	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
41	断層の新旧関係の判断フローについて、選定の過程に落差を用いることの妥当性を含め再検討すること。	敷地の地質・地質構造	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
42	褶曲に伴う浅部の層面すべりの有無、分布・性状を示すこと。	敷地の地質・地質構造	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
43	H断層系分布図（水平断面、重要構造物との位置関係図）について、陸域と海域を併せて示すこと。その際、分布図上の断層端部の位置づけを明確にすること。	H断層系の分布	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
44	H断層系の平面分布が湾曲する根拠を示すこと。	H断層系の分布	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
45	H断層系分布図（鉛直断面）について、BHTVの結果の反映の有無やボーリングデータの投影の有無、従来からの変更の有無と理由、断層に同一の名称を用いている際の補記を示すとともに、陸域と海域を併せた断面図も示すこと。	H断層系の分布	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
46	H断層系分布図（鉛直断面）に示す鍵層・断層について、深度一覧表に示すこと。	H断層系の分布	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
47	海域の断面図に、地質情報や取水設備との関係を示すこと。	H断層系の分布	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
48	海域のH断層系について、陸域と異なり地層の後方回転が見られない理由も含め、陸域のH断層系と差異がないとする根拠を示すこと。	H断層系の分布・性状	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
49	帯磁率の測定結果について、相良層の母岩で高く、断層の中で低く見える点について、解釈を示すこと。	H断層系の性状	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
50	敷地深部の鍵層が浅部と異なり連続するとしている根拠を整理すること。	深部地質構造とH断層系	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
51	深部でP波速度が低くなっている部分の要因を検討すること。	深部地質構造とH断層系	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合

審査会合・現地調査におけるコメント一覧

No.	コメント概要	分類	コメント時期	コメント回答時期
52	深部の黒色の薄層について、詳細な性状を示すとともに、分布深度が浅部にも及ぶ場合は、どのように差別化しているのか示すこと。	深部地質構造とH断層系	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
53	H断層系を同一の断層群とする際の論理構成や結論を明確にすること。その際、H-9断層露頭の調査結果等、重要な情報は本編資料で整理すること。	H断層系の活動性評価	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
54	ゆ着型断層についても他の性状により細分化した分類とするなど、断層の分類は、データに基づく客観的な分類に見直すこと。	敷地の地質・地質構造	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
55	ゆ着型断層、開離型断層について、用語の定義を明確にするとともに、両者の区分に係るエビデンスを示すこと。	敷地の地質・地質構造	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
56	敷地の断層のうち、Flexural-slip Faultとしている層理面沿いの黒色の境界層について、H断層系との直接的な関係か、少なくとも黒色の境界層がある層理面とH断層系との関係を確認すること。	敷地の地質・地質構造	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
57	断層の切り切れ関係が明確に確認できる、より詳細なスケッチ及び写真を示すこと。	敷地の地質・地質構造	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
58	H断層系の活動性評価フローについて、「分布」「性状」の何をもって「一連の断層群である」とするのかを明確にするとともに、その根拠としている「分布」「性状」「推定される形成要因」の関係がわかるようフロー中の文章の記載を適正化すること。	H断層系の活動性評価	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
59	H断層系分布図（水平断面及び鉛直断面）について、海域と陸域の断層が一連の構造であるとの評価であれば、それがわかるよう統合して示すこと。また、東西端は端部の確認の有無を区別して図に示すこと。	H断層系の分布	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
60	H断層系の分布について、弧状に分布するとした根拠を具体的に示すこと。	H断層系の分布	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
61	敷地近傍の地層の走向傾斜について、向斜と後方回転の二つの構造の影響を受けた結果であることを踏まえ、両者の関係の解釈を整理して説明すること。	深部地質構造とH断層系	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
62	大深度ボーリングの孔壁調査結果のシュミットネットについて、深度別の色分けの考え方を明記すること。	深部地質構造とH断層系	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
63	大深度ボーリングの孔壁調査について、傾斜角も示すこと。	深部地質構造とH断層系	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
64	敷地深部について三次元の地質構造が理解できるような形で示すこと。	深部地質構造とH断層系	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
65	敷地深部の断層の分布の検討に用いているボーリングコアについて、柱状図も示すこと。	H断層系の活動性評価	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
66	BF4地点におけるH-9断層の分布について、BHTVのデータから推定される地表位置と分布図の位置にずれが認められるので、各地点で確認された調査結果を対比し、どのように分布を考えたのか詳細を示すこと。	H断層系の上載地層による活動性評価	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
67	比木2地点においても、BF4 - BF1地点間の対比項目と同等の分析を実施したうえで、対比を検討すること。	H断層系の上載地層による活動性評価	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
68	PS検層結果と相良層の層相の対比に用いている相良層の岩石試験結果（超音波伝播速度測定）について、データのばらつきを示すこと。	深部地質構造とH断層系	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合

審査会合・現地調査におけるコメント一覧

No.	コメント概要	分類	コメント時期	コメント回答時期
69	資料中に不整合や不備が散見されるので、確認した上で再整理すること。	—	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
70	敷地の断層の平面分布図に記載した断層やH断層系の鉛直断面図におけるH断層や凝灰岩層の分布等、過去の資料から変更した点をデータに基づき詳細に説明すること。	—	2019年4月12日 第704回審査会合	2019年12月20日 第817回審査会合
71	ゆ着型・開離型という断層の分類を今後も使い続けるのであれば、平面分布図で開離型・ゆ着型と表記したエビデンスを示すとともに、断層活動の時間的な前後関係についてもエビデンスを示したうえで海外や新しい知見も踏まえて矛盾なく整理すること。	敷地の地質・ 地質構造	2019年4月12日 第704回審査会合	2019年12月20日 第817回審査会合
72	H断層系の分布の検討において、反射法地震探査や海上音波探査といった類似の手法に対する同様な視点による検討や、手法の異なる調査結果同士の整合性の確認により、説明性の向上をはかること。	H断層系の分布	2019年4月12日 第704回審査会合	2019年12月20日 第817回審査会合
73	未固結～半固結で形成されたH断層系の断層面に認められる細粒物質の成因について考察すること。	H断層系の性状	2019年4月12日 第704回審査会合	2019年12月20日 第817回審査会合
74	大深度ボーリングに見られる地層の走向の深部方向への変化をH断層系と関連付けて説明するのであれば、H断層系が分布する深度を踏まえたうえで、走向変化が深さ方向に続いていく現象について考察すること。	深部地質構造と H断層系	2019年4月12日 第704回審査会合	2019年12月20日 第817回審査会合
75	I断面の4つの大深度ボーリングにおいて深部に確認される主な開離型断層について、H断層と認定しなかった根拠を示すこと。	深部地質構造と H断層系	2019年4月12日 第704回審査会合	2019年12月20日 第817回審査会合
76	BF4地点のH-9断層の分布・連続性について、1孔の深度18m付近に見られる断層の評価等も含め詳細に説明すること。	H断層系の上載地 層による活動性評価	2019年4月12日 第704回審査会合	2019年12月20日 第817回審査会合
77	各節のまとめは、関連する検討結果を重要度に応じ網羅的に記載すること。	—	2019年4月12日 第704回審査会合	2019年12月20日 第817回審査会合
78	敷地内の断層の活動性をEW系正断層のうち規模の大きなH断層系の活動性評価で代表できるのか、及びH断層系の活動性をH-9断層の活動性評価で代表できるのか、という2点について、下記コメント（コメントNo.79～84）を踏まえ十分な根拠を示し説明性を向上させること。	敷地の地質・ 地質構造	2019年12月20日 第817回審査会合	2020年7月3日 第871回審査会合
79	活動性評価の対象とする断層の選定にあたっては、NS系正断層も、他の断層グループと同様に扱い整理すること。	敷地の地質・ 地質構造	2019年12月20日 第817回審査会合	2020年7月3日 第871回審査会合
80	連続性の良い断層間の関係のうち、EW系逆断層とEW系正断層との関連性については根拠に基づき説明すること。	敷地の地質・ 地質構造	2019年12月20日 第817回審査会合	2020年7月3日 第871回審査会合
81	ボーリング・露頭調査により陸域及び海域において確認されたH断層系について、反射法地震探査等との対応関係を示すこと。	H断層系の分布	2019年12月20日 第817回審査会合	2020年7月3日 第871回審査会合
82	反射法地震探査の深部に認められる強反射面等について、ボーリング調査による地質情報との関連を示すこと。	深部地質構造と H断層系	2019年12月20日 第817回審査会合	2020年7月3日 第871回審査会合
83	反射記録については、元となる時間断面を提出すること。	深部地質構造と H断層系	2019年12月20日 第817回審査会合	2020年7月3日 第871回審査会合
84	地すべり移動体内の構造に関する知見として引用しているMoore et al.(2015)については、文献の内容を精査し、適切に引用すること。	H断層系の 形成要因	2019年12月20日 第817回審査会合	2020年7月3日 第871回審査会合

Ⅲ 参考文献一覧

[和文]

- ・ 相山光太郎・田中姿郎・佐々木俊法(2017)「断層破碎帯の詳細構造解析に基づく断層の活動性の検討：山田断層の例」『応用地質』第58巻，第1号，pp.2-18。
- ・ 阿部真郎・高橋明久・荻田茂・小松順一・森屋洋・吉松弘行(2006)「新第三紀層分布域における地震の震度と地すべりの地形・地質的特徴」『日本地すべり学会誌』43巻，第3号，pp.155-162。
- ・ 荒井晃作・岡村行信・池原研・芦寿一郎・徐垣・木下正高(2006)「浜松沖前弧斜面上部に発達する活断層とテクトニクス」『地質学雑誌』第112巻，第12号，pp.749-759。
- ・ 池谷仙之・堀江善裕(1982)「静岡県牧ノ原台地に発達する古谷層(上部更新統)の堆積環境」『第四紀研究』第21巻，第2号，pp.75-93。
- ・ 今泉俊文・宮内崇裕・堤浩之・中田高(2018)『活断層詳細デジタルマップ 新編』東京大学出版会。
- ・ 長田敏明(1998)「牧ノ原台地の地形と地質－東海地方中部における海水面と地表面の変動－」『地団研専報』第46号。
- ・ 活断層研究会(1991)『新編 日本の活断層 分布図と資料』東京大学出版会。
- ・ 加藤尚希・廣野哲朗・石川剛志・大谷具幸(2015)「阿寺断層田瀬露頭における断層ガウジの鉱物学的・地球化学的特徴」『活断層研究』第43号，pp.1-16。
- ・ 金折裕司・宮腰勝義・角田隆彦・佐竹義典(1978)「断層粘土中の石英粒子の表面構造」『電力中央研究所報告 研究報告377011』。
- ・ 狩野謙一・田中秀実・吉田智治・松井信治(1993)「赤石構造帯の形成過程－中新世における西南日本弧東部の地殻改変と関連して－」『地質学論集』第42号，pp.203-223。
- ・ 狩野謙一・村田明広(1998)，『構造地質学』朝倉書店，pp.16-23,156-169。
- ・ 川上紳一・金折裕司・荒川崇史・長屋啓子・長谷川ゆか(1991)「縞状堆積物に認められる土石流堆積物と層内褶曲—土石流発生と内陸地震の周期を探る—」『応用地質』32巻，1号，pp.9-18。
- ・ 川村喜一郎，金松敏也，山田泰広(2017)「海底地すべりと災害－これまでの研究成果と現状の問題点－」『地質学雑誌』第123巻，第12号，pp.999-1014。
- ・ 木村敏雄・速水格・吉田鎮男(1993)『日本の地質』東京大学出版会。
- ・ 黒田啓介(1970)，「古谷泥層の植物遺体」『静岡大学地学研究報告』第2巻，第1号，pp.91-95。
- ・ 国土技術政策総合研究所・土木研究所 (2006)，「平成16年(2004年)新潟県中越地震土木施設災害調査報告」『国土技術政策総合研究所研究報告』第27号/『土木研究所報告』第203号。
- ・ 国土地理院(1997)，「4.中部・近畿地方の地殻ひずみ」『日本の地殻水平歪図』(<http://www.gsi.go.jp/cais/HIZUMI-hizumi4.html>)。
- ・ 碎屑性堆積物研究会(1983)『地学双書24 堆積物の研究法－礫岩・砂岩・泥岩－』地学団体研究会。
- ・ 齊藤隆・金森邦夫・熊谷誠(1991)「堆積盆地の分類と石油の所在」『石油技術協会誌』第56巻，第1号，pp.16-27。
- ・ 佐伯健太郎・亀高正男・小峰佑介・岡崎和彦・相山光太郎・宮脇理一郎・飯田高弘(2019)「福島県いわき市，湯ノ岳断層の2018年トレンチ調査(その1)－トレンチ壁面観察結果－」『日本地質学会学術大会講演要旨』第126年学術大会，R15-P-5。
- ・ 産業技術総合研究所地質調査総合センター(2013)『日本重力データベースDVD版』。
- ・ 産業技術総合研究所地質調査総合センター(2015)『20万分の1日本シームレス地質図』(<https://gbank.gsj.jp/seamless/2d3d/>)。
- ・ 重富素子・林愛明(1999)「野島断層に産出する互層状の断層ガウジとシェードタキライトから推定される地震断層イベント」『構造地質』第43号，pp.33-42。
- ・ 下総台地研究グループ(2010)「茨城県南東部の更新統で確認された液状化・側方流動の痕跡と小断層群の形成」『地球科学』第64巻，第4号，pp.149-158。
- ・ 杉山雄一・寒川旭・下川浩一・水野清秀(1988)『地域地質研究報告 5万分の1地質図幅 御前崎地域の地質』地質調査所。
- ・ 杉山雄一(1989)「島弧における帯状構造の屈曲とプレートの斜め沈み込み第2部－西南日本外帯の屈曲構造とプレート間相対運動の変遷－」『地質調査所月報』第40巻，第10号，pp.543-564。
- ・ 杉山雄一(1992)「西南日本前弧域の新生代テクトニクス－静岡地域のデータを中心にして－」『地質調査所月報』第43巻，第1/2号，pp.91-112。

[和文]

- ・ 杉山雄一・水野清秀・狩野謙一・村松武・松田時彦・石塚治・及川輝樹・高田亮・荒井晃作・岡村行信・実松健造・高橋正明・尾山洋一・駒澤正夫(2010)『20万分の1地質図幅 静岡及び御前崎(第2版)』産業技術総合研究所地質調査総合センター。
- ・ 鈴木康弘(2010)「東海～四国沖の陸棚外縁活撓曲の再発見」『科学』Vol.80, No.8, pp.779-781。
- ・ 高橋雅紀(2004)「日本列島のE-W短縮テクトニクスの原因とその開始時期」『日本地震学会2004年度秋季大会予稿集』B048。
- ・ 田中元・山田琢哉・横田修一郎・鈴木茂之(2007)「岡山県, 成羽層群の小褶曲構造に規制された地すべりとその内部構造」『応用地質』第48巻, 第5号, pp.232-240。
- ・ 谷和夫・上田圭一・阿部信太郎・仲田洋文・林泰幸(1997)「野島地震断層で観察された未固結な表層地盤の変形構造」『土木学会論文集』No. 568/III-39, pp.21-39。
- ・ 中野俊・西来邦章・宝田晋治・星住英夫・石塚吉浩・伊藤順一・川辺禎久・及川輝樹・古川竜太・下司信夫・石塚治・山元孝広・岸本清行(2013)『200万分の1地質編集 図 11.日本の火山(第3版)』産業技術総合研究所地質調査総合センター。
- ・ 日本原燃(2015)「再処理施設、MOX燃料加工施設 敷地周辺陸域の活断層評価の内、出戸西方断層(コメント回答(その1))」『核燃料施設等の新規規制基準適合性に係る審査会合』第68回, 資料1-1。
- ・ 日本地すべり学会(2013)『すべり面－地質的特徴と構造・物性－』pp.7-12,31。
- ・ 野崎保(2008)「2007年新潟県中越沖地震による初生的岩盤地すべりと層面すべり」『日本地すべり学会誌』第45巻, 第1号, pp.72-77。
- ・ 野崎保・永田秀尚・竹下秀敏(2015)「2008年岩手・宮城内陸地震による祭時大橋右岸の初生岩盤地すべりと前駆現象」『応用地質』第56巻, 第4号, pp.149-156。
- ・ 平田大二(2010)「日本列島20億年 謎解きの旅」『自然科学のとびら』第16巻, 2号, pp.12,13。
- ・ 三梨昴・垣見俊弘(1964)「いわゆる異常堆積について」『地質ニュース』No.117, pp.8-14。
- ・ 山田英司・野田弘弘・中井健太郎・浅岡顕(2019)「弾塑性力学に基づく正断層群の形成に関する数値シミュレーション」『日本地震学会2019年度秋季大会予稿集』S10-04。
- ・ 横田修一郎・永田秀尚・横山俊治・田近淳・野崎保(2015)『ノンテクトニック断層－識別方法と事例－』近未来社。
- ・ 吉永佑一・原口強・遠田晋次・横田修一郎(2009)「火山体周辺に見られる隆起帯および火山性活断層の形成過程－鹿児島県新島を例にして－」『活断層研究』31号, pp.11-18。
- ・ 渡邊敦宏・中濱早苗(2013)「地すべり面が露頭した全国的にも類をみない大規模地すべり災害に挑む！」『国土交通省国土技術研究会論文集2013年度』pp.47-52。

[英文]

- ・ Almagor, G. and Z. Garfunkel(1979), "Submarine slumping in continental margin of Israel and northern Sinai", The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Vol.63, No.3, pp.324-340.
- ・ Bense, V. F. , E. H. Van den Berg and R. T. Van Balen (2003), "Deformation mechanisms and hydraulic properties of fault zones in unconsolidated sediments; the Roer Valley Rift System, The Netherlands", Hydrogeology Journal, Vol.11, pp.319-332.
- ・ Buchanan, P. G. and K. R. McClay(1992), "Experiments on basin inversion above reactivated domino faults", Marine and Petroleum Geology, Vol.9, pp.486-500.
- ・ Buiter, Susanne J. H. and O. Adrian Pfiffner(2003), "Numerical models of the inversion of half-graben basins", Tectonics, Vol.22, No.5, 1057.
- ・ Burg J.-P.(2017), "EXTENSION SYSTEMS"(http://www.files.ethz.ch/structuralgeology/JPB/files/English/3extsyst.pdf)
- ・ Caine, Jonathan Saul., James P. Evans and Craig B. Forster (1996), "Fault zone architecture and permeability structure", Geology, Vol.24, No.11, pp.1025-1028.

[英文]

- Fossen, H. and J. Hesthammer(1998), "Structural geology of the Gullfaks Field, northern North Sea", In: COWARD, M. P., T. S. DALTABAN, H. JOHNSON(eds) Structural Geology in Reservoir Characterization. Geological Society, London, Special Publications, Vol.127, pp.231-261.
- Fossen, H.(2010a), "Deformation bands formed during soft-sediment deformation: Observations from SE Utah", Marine and Petroleum Geology, Vol.27, pp.215-222.
- Fossen, H.(2010b), "Structural Geology", Cambridge University Press, UK, pp.333-351.
- Kaewkor, C., I. M. Watkinson and P. Burgess(2015), "Structural Style and Evolution of the Songkhla Basin, western Gulf of Thailand", GEOINDO, Conference Proceeding, November 23-24,
- Kelly, P. G., D. C. P. Peacock, D. J. Sanderson and A. C. McGurk(1999), "Selective reverse-reactivation of normal faults, and deformation around reverse-reactivated faults in the Mesozoic of the Somerset coast", Journal of Structural Geology, Vol.21, pp.493-509.
- Komura, K., K. Aiyama, T. Nagata, H. P. Sato, A. Yamada and Y. Aoyagi(2019), "Surface rupture and characteristics of a fault associated with the 2011 and 2016 earthquakes in the southern Abukuma Mountains, northeastern Japan, triggered by the Tohoku-Oki earthquake", Earth, Planets and Space, Vol.71, No.106.
- Krumbein, W. C.(1941), "Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles", Journal Sedimentary Petrology, Vol.11, No.2, pp.64-72.
- McClay, K. R. and P. G. Ellis(1987), "Geometries of extensional fault systems developed in model experiments", Geology, Vol.15, pp.341-344.
- Moore, G. F., B. B. Boston, M. Strasser, M. B. Underwood, and R. A. Ratliff(2015), "Evolution of tectono-sedimentary systems in the Kumano Basin, Nankai Trough forearc", Marine and Petroleum Geology, Vol.67, pp.604-616.
- Schuck, B., C. Janssen, A. M. Schleicher, V. G. Toy and G. Dresen(2018), "Microstructures imply cataclasis and authigenic mineral formation control geomechanical properties of New Zealand's Alpine Fault", Journal of Structural Geology, Vol.110, pp.172-186.
- The University of Sydney, "The dynamics of continents and basins"(<https://www.geosci.usyd.edu.au/users/prey/Teaching/Geos-3003/geos3003.html>)
- University of Leeds(2009), "teaching resources in structural geology in the School of Earth Sciences of the University of Leeds"(<https://www.see.leeds.ac.uk/structure/learnstructure/index.htm>).
- UNIVERSITY OF LEEDS(2013), "Introduction to Structural Geology"(https://www.see.leeds.ac.uk/fileadmin/Documents/Admissions/Masters/step-up/Introduction_to_structural_geology_1.pdf).