平成２６年（行ウ）第１５２号　大間原子力発電所建設差止等請求事件
原　告　　函　　館　　市
被　告　　国　　外１名

準備書面（６２）

～敷地内活断層～

２０２６（令和８）年８月３１日

東京地方裁判所民事第３部合議Ａ①係　御中

原告訴訟代理人弁護士　河　　合　　弘　　之
外

本準備書面は、２０２６年（令和８年）７月７日の口頭弁論期日において、原告準備書面（６１）（～敷地内活断層～）を説明した原告のプレゼンテ-ションを再現ないし補足するものである。正確な主張内容については準備書面（６１）を参照されたい。

原告代理人の甫守です。

準備書面（６１）は、従前から主張していた敷地内活断層の論点について、藤本光一郎先生の意見書（甲Ｄ２１５）に基づいた主張になっています。

藤本意見書に添付の図を基に、必要に応じて図を補足しながらご説明いたします。

藤本　光一郎（東京学芸大学名誉教授）

専門分野
固体地球科学　地質学　水岩石相互作用

関連所属学会
日本地質学会　鉱物科学会　資源地質学会　日本地震学会等

略歴・資格
東京大学大学院理学系研究科博士課程修了（理学博士）
東京大学助手、工業技術院地質調査所主任研究員、独立行政法人産業技術総合研究所主任研究員、東京学芸大学助教授、同准教授、同教授を経て現在に至る。
原子力規制委員会敷地内破砕帯評価委員（２０１２年～２０１６年）

主要業績
共著　地震と活断層（２００４年、丸善）
共著　内陸の断層帯の脆性-塑性遷移領域における構造（地学雑誌、１１２巻、２００３年）
共著　断層掘削研究によって明らかになった地震時の断層滑り挙動とその物理化学的側面（地学雑誌、１２２巻、２０１３年）

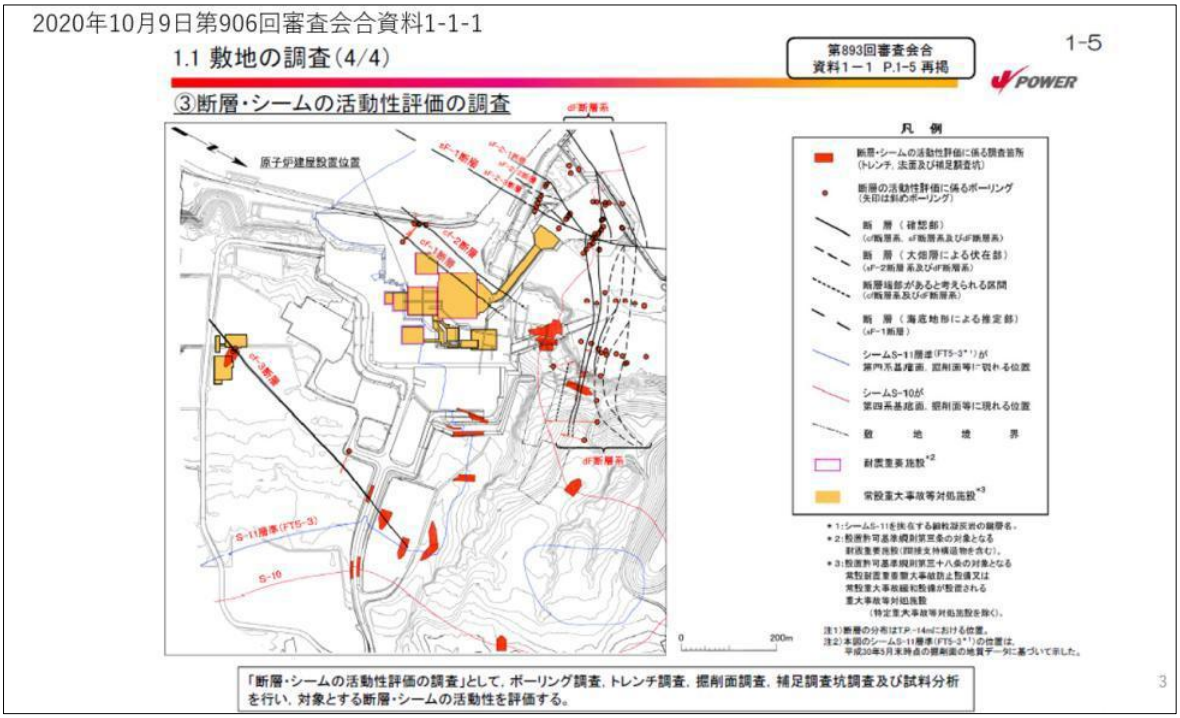
第7回 志賀原子力発電所敷地内破砕帯の調査に関する有識者会合（平成27年7月17日）

敦賀発電所敷地内破砕帯の調査に関する有識者会合ピア・レビュー会合（平成26年12月10日）

藤本先生は、東京学芸大学名誉教授で、日本地質学会、鉱物科学会、日本地質学会などに所属されている、活断層の専門家です。

右側は You Tube の動画を切り抜いた画像です。ここにあるように、２０１２年から２０１６年まで、原子力規制委員会の敷地内破砕帯の調査に関する有識者会合に委員として参加していました。つまり、敷地内活断層の論点について、被告国も認める専門家ということです。

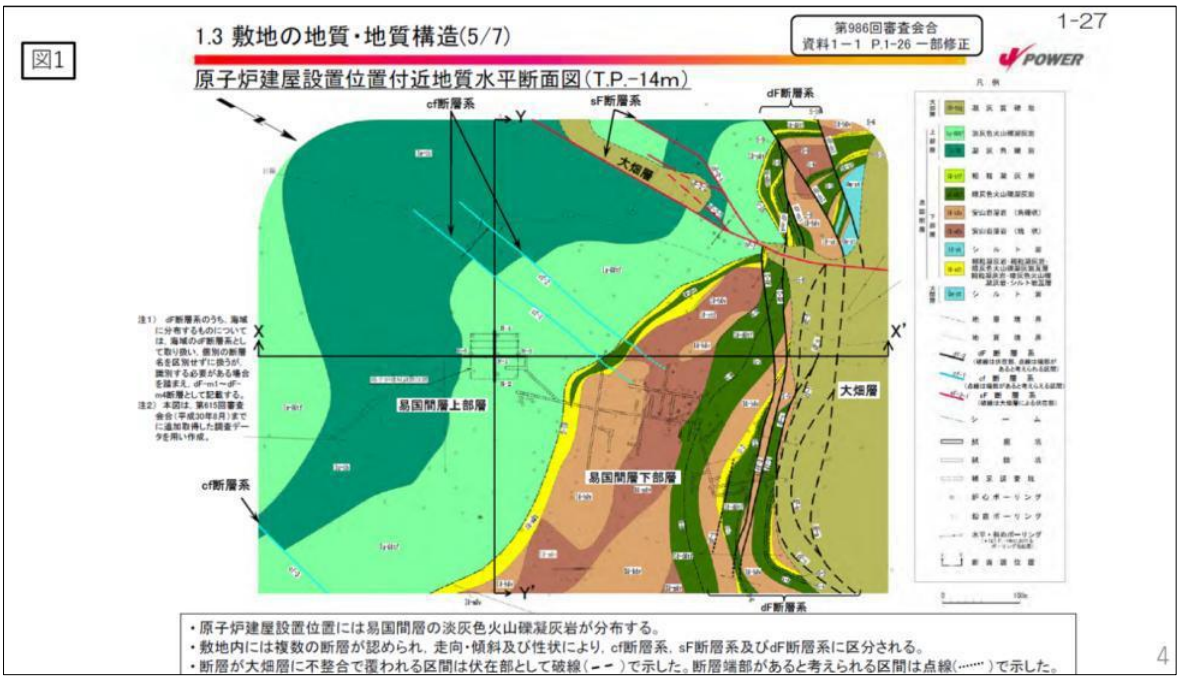
その藤本先生が、これまでの志賀原発や敦賀原発の有識者会合での経験を踏まえて、大間原発の敷地内断層の活動性を否定するのに、被告電源開発の見解は細部の論証が十分でないと指摘をしているのが、藤本意見書の主旨になります。



この図は、藤本意見書にはありませんが、問題となっている断層ないしシームと、耐震重要施設、常設重大事故等対処施設という安全上重要な施設との位置関係を示した、被告電源開発作成の図です。

右側から、黒い実線や点線で、dF 断層系、ｓF 断層、cf-2、1、少し離れて 3 とあるのが分かると思います。青い線が S-11、赤い線が S-10 になります。

ｃf-2、1、3 は、いずれも耐震重要施設や常設重大事故等対処施設の直下に露頭あることが分かります。

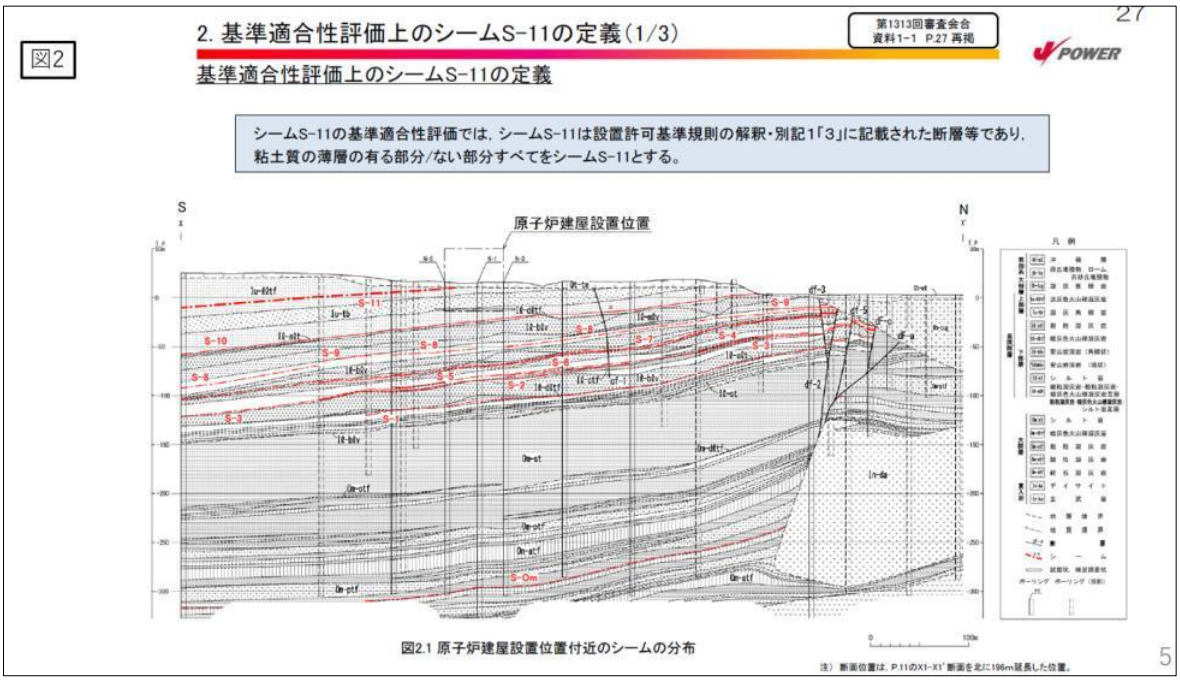


こちらは、原子炉建屋を中心に、地質構造と断層の関係を示した図です。

左側には緑色で易国間層上部、それから茶色で易国間層下部というのが描かれています。易国間層は、青森県の下北半島（主に大間町からむつ市大畑町周辺）に広く分布する、新第三紀中新世～鮮新世（約 2,000 万～500 万年前）に形成された地層です。海底火山の活動によって堆積したと考えられています。

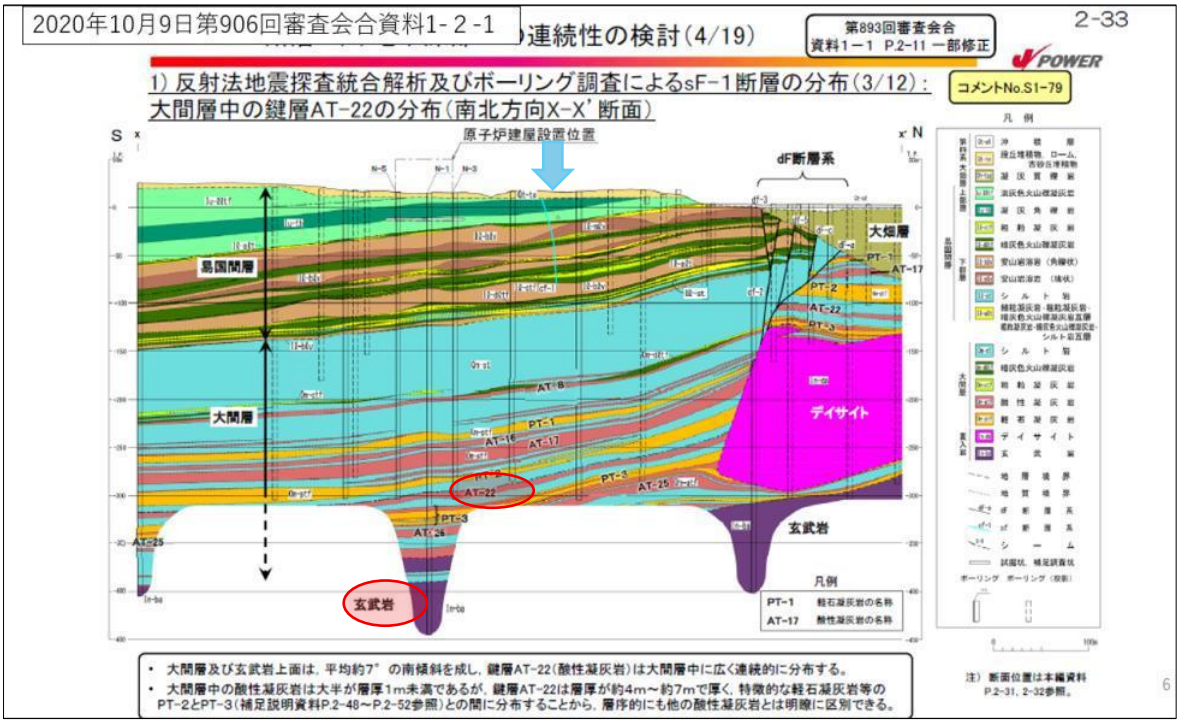
大畑層は、約 300 万～185 万年前（鮮新世～更新世前期）に活動した、下北半島中部にある大畑カルデラの火山噴出物と考えられています。

いずれも古い地層ではありますが、この図からは、dF、sF、cf という断層が、それぞれこれらの地層を大きく切っていて、古くから活動してきたことが分かります。



こちらは鉛直方向の断面図です。原子炉建屋と、被告電源開発がシームと呼んでいる、薄い粘土の層、弱面の位置関係が示されています。

被告電源開発はシームとひとまとめにすることもありますが、S-0 は特に深いところにあります。それ以外は比較的浅いところにあり、特に S-10 と S-11 が浅いところにあって地表に露頭があることが分かります。



これは同じ図に色を付けて地質構造を分かり易くしたものです。

一番下で白く描かれているのが玄武岩、その上に大間層があって、今日の話に出てくる AT-22 というのはこの下の方にあります。さらにその上に易国間層、さらにその上に大畑層が堆積しているという関係になっています。

本件で問題となっている後期更新世以降の活動可能性を判断するために重要な段丘堆積物というのは、この図でいえば、左の一番上の方に薄くちょっと載っているだけです。

大まかには、各地層を下から見た順番は、各地層が形成された年代順と同じです。下が古くて上は新しいということになります。

それから、真ん中の方に水色で描かれた cf 断層については、地層を切っていることが、この図ではまったく確認できません。

これは、cf 断層が活動していないという意味ではなく、cf 断層が横ずれ断層で、基本的には横方向に動くだけですので、鉛直方向の断面図で地層のずれの有無を確認するだけでは、活動の有無を判断できないということを示唆しています。

設置許可基準規則の解釈（別記１）第３条３項

「将来活動する可能性のある断層等」とは、後期更新世以降（約１２～１３万年前以降）の活動が否定できない断層等とする。

その認定に当たって、後期更新世（約１２～１３万年前）の地形面又は地層が欠如する等、後期更新世以降の活動性が明確に判断できない場合には、中期更新世以降（約４０万年前以降）まで遡って地形、地質・地質構造及び応力場等を総合的に検討した上で活動性を評価すること。

なお、活動性の評価に当たって、設置面での確認が困難な場合には、当該断層の延長部で確認される断層等の性状等により、安全側に判断すること。

また、「将来活動する可能性のある断層等」には、震源として考慮する活断層のほか、地震活動に伴って永久変位が生じる断層に加え、支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面を含む。

7

ここで、関係する審査基準をご紹介します。敷地内活断層の論点については、設置許可基準規則の解釈別記１の３条３項に基本となる規定があります。

すなわち、「将来活動する可能性のある断層等」とは、後期更新世以降（約 12～13 万年前以降）の活動が否定できない断層等である。このポイントは、後期更新世以降の活動が「否定できない」断層等とされていること、すなわち、活動性を否定する立証責任は事業者側に課されていて、活動する可能性を否定し切れていない場合には、将来活動する可能性のある断層等とみなさないといけないということです。

刑事裁判とはちょうど反対の言い方になりますが、「グレーは黒」ということになります。

敷地内に後期更新世以降の地形、地層が残っている場合にはまだいいですが、既設炉の場合には、敷地を造成する際に大体上の方の地面は取り払われていることが多いので、後期更新世以降の地形、地層が存在しなくなっていることが多くなりますが、その場合どうすべきかということもちゃんと書いてあります。

40 万年前の地形、地質まで遡って検討するということ、それから、原発の設置面で確認できなくても断層の延長部を安全側に判断するということです。

複数の断層からなる断層系について、１つの代表断層だけ評価すればよいなどという手法は、どこにも書いてありません。

敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド

約１２～１３万年前以降の複数の地形面又は連続的な地層が十分に存在する場合は、これらの地形面又は地層にずれや変形が認められないことを明確な証拠により示されたとき、後期更新世以降の活動を否定できる。

地震活動に伴って永久変位が生じる断層及び支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面は、地震活動と常に同時に活動するとは限らない。
このことを踏まえ、安易に、将来活動する可能性を否定してはならない。

将来活動する可能性のある断層等の認定においては、調査結果の精度や信頼性を考慮した安全側の判断が行われていることを確認する。

将来活動する可能性のある断層等が重要な安全機能を有する施設の直下に無い場合でも、施設の近傍にある場合には、地震により施設の安全機能に影響がないことを、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」に基づいて確認する。

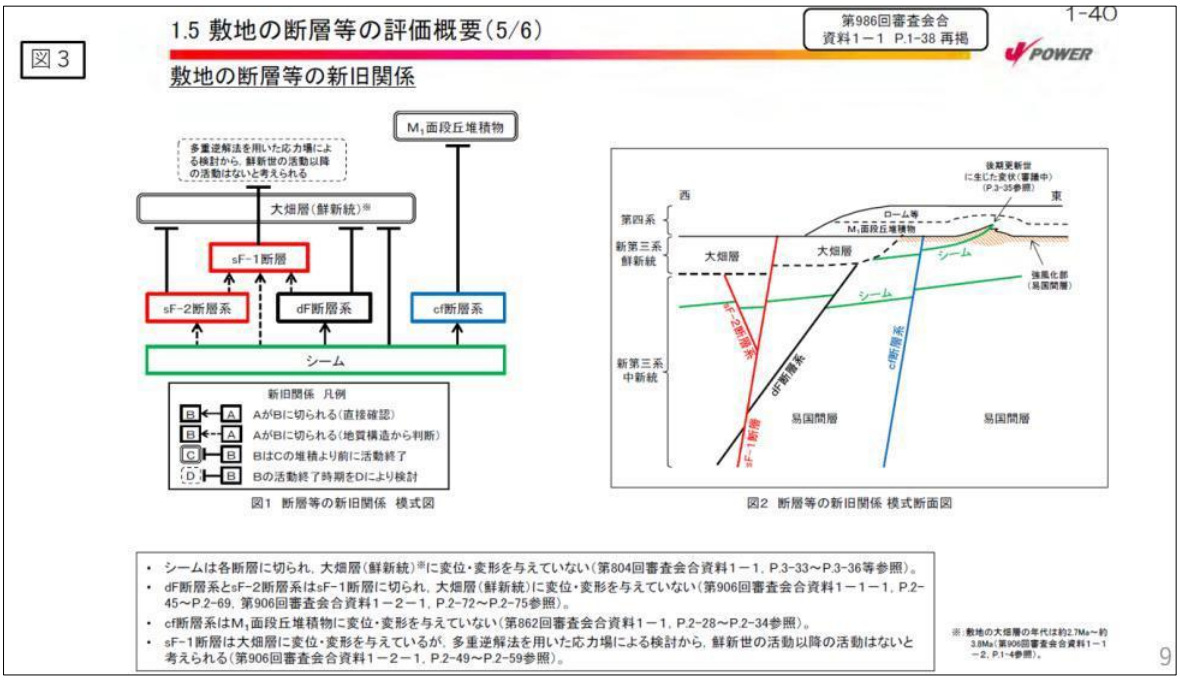
8

こちらは地質ガイドの方の規定です。

上載地層法というのが、後期更新世以降の活動可能性を検討する上でもっとも基本的かつ重要な方法になりますが、私が知る限り、そんな方法論は、当たり前すぎるのか、地質学の教科書には書いてありません。原発訴訟に限っていえば、上載地層法が何なのかを知るためには、この地質ガイドを読んでいただくのが一番だと思います。

すなわち、約 12、3 万年前以降の複数の地形面又は連続的な地層が十分に存在する場合でも、それらの地形面や地層にずれや変形が認められないことを明確な証拠によって示されたときでないと、後期更新世以降の活動を否定できないこと、地震活動に伴って永久変位が生じる断層等は、地震活動と常に同時に活動するとは限らないので、安易に将来活動する可能性を否定してはならないこと、それから、調査結果の精度や信頼性を考慮した安全側の判断が行われていなければならないとされていることも重要です。

要するに、上載地層法も完全・確実な手法ではないということを理解して使わなくてはならないということです。



さて、断層の最新活動時期を評価する上で、上載地層法の他、いわゆる「切り・切られの関係」を見ることも、基本的な手法として重要です。断層の「切り・切られの関係」が明確に確認できれば、断層が活動した前後関係（どちらが先に動いて、どちらが後に動いたか）は概ね確実に判定できます（自然現象なので「概ね」確実とまでしかいえませんが）。

このスライドは、被告電源開発が敷地内断層の活動性を否定したロジックが１枚にまとまったものです。被告電源開発曰く、

（１）dF 断層系、sF－２断層系は sF-1 断層に切られ、大畑層（鮮新統）に変位・変形を与えていない。

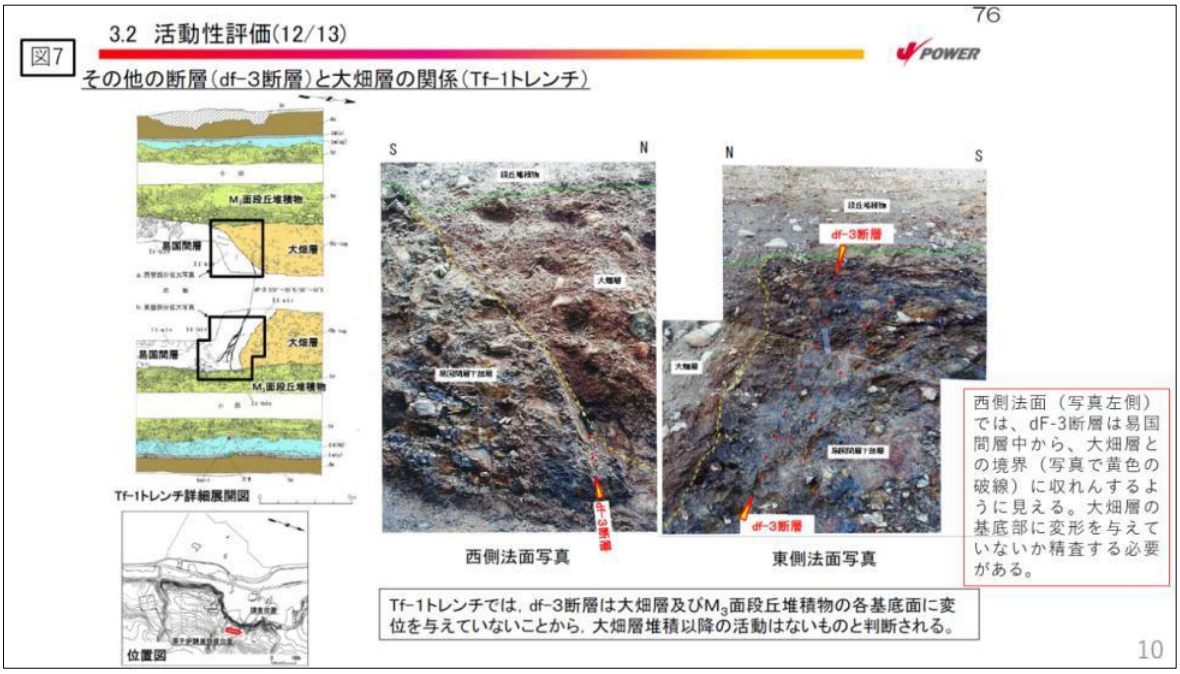
（２）　sF-1 断層は大畑層に変位・変形を与えているが、多重逆解法を用いた応力場による検討から、鮮新世の活動以降の活動はないと考えられる。

（３）cf 断層系は、Ｍ１面段丘堆積物に変位変形を与えていないことから後期更新世以降活動はない。

（４）シームは、各断層に切られ、大畑層に変位・変形を与えていない。

まず見ていただきたいポイントは、<u>上載地層法によって最終活動年代が後期更新世以前とされている断層は、意外と少ない</u>ということです。dF 断層系と sF-2 断層系、cf-3 断層だけで、それ以外の sF-1 断層、cf-1 断層、cf-2 断層については、上載地層法で最終活動年代が確認されているわけではありません。

一方で、この図の右側を見ると、シーム S-10 と S-11 は、後期更新世以降の地層であるＭ１面段丘堆積物に変位変形を与えています。つまり、S-10 と S-11 は、上載地層法からすると後期更新世以降も活動していることになります。そうすると、ここで示された「切り・切られの関係」からすれば、すべての断層の活動年代の評価を後期更新世以降に塗り替えてしまうことになります。だから、被告電源開発は、特に S-10 と S-11 に関しては、あれこれと詭弁を弄しているわけです。



ここまでが総論、ここから各論に入ります。まずは dF 断層系です。

df-3 断層について、被告電源開発は、Tf-1 トレンチで、大畑層及び M3 面段丘堆積物の各基底面に変位を与えていないことから、大畑層堆積以降の活動はないと評価しています。

しかし、df-3 断層は、易国間層と大畑層の境界面に収れんしていくように見えます。境界面が断層だとしたら、地層のずれが活動の痕跡として残らないので、簡単には活動していないとはいえなくなります。また、後期更新世以降の活動可能性を否定するには、約 10 万～9 万年前に形成された M3 ではなく、約 13 万～12 万年前に形成された M1 面段丘堆積物に変位変形を与えているかどうかが重要になりますが、この資料では M3 にしか言及されていません。もっと精査する必要があります。

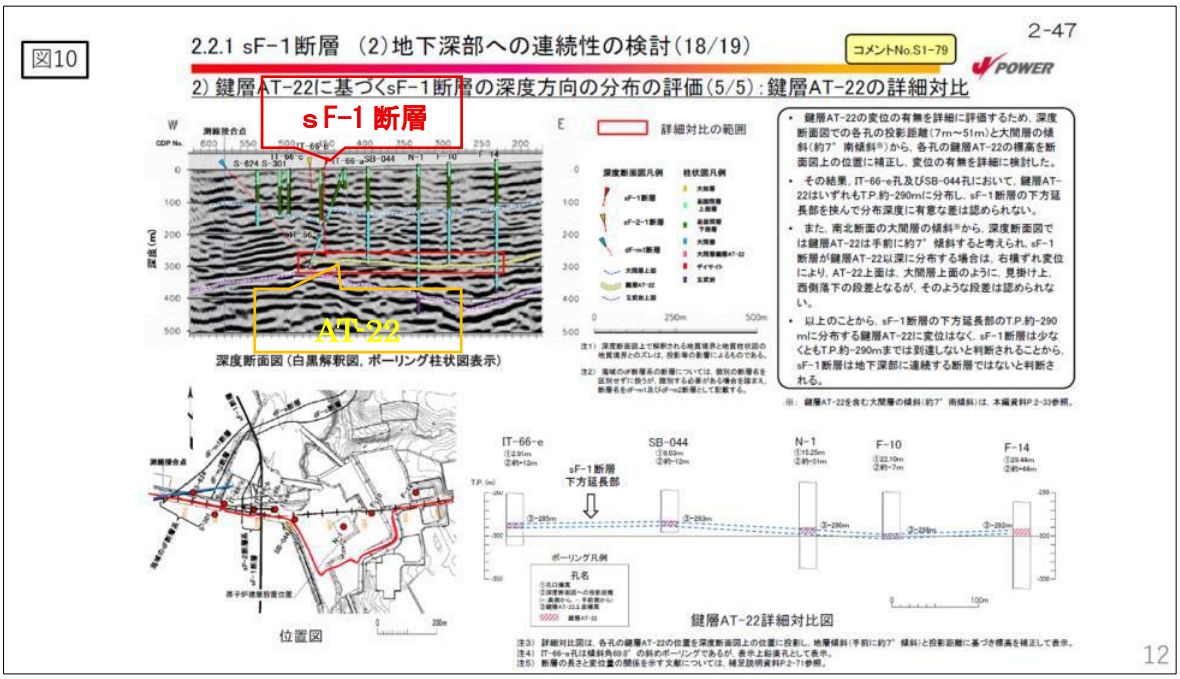
続いて、dF-2 断層です。

被告電源開発は、大畑層の礫の配列に乱れがないことや dF 断層系の南落ちのセンスを示すような変形構造が見られないことから、df-2 断層は大畑層堆積以降に活動していないとしています。

しかし、写真で見る限り、断層はやはり、易国間層と大畑層の境界に収れんしていくように見えます。

また、図 8 の左上のスケッチで境界部の黄色に塗られている細粒凝灰岩は、dF-2 断層に沿うように分布している部分もあります。細粒凝灰岩は断層活動に伴う破砕帯の可能性があり、図の方では大畑層と易国間層の境界付近にもありますので、地質境界が活断層である可能性について精査する必要があります。

そうだとすると、dF 断層系は大畑層に変位、変形を与えていないとしても、大畑層堆積後も活動を継続していた可能性があります。df-2 断層は M1 面段丘堆積物との関係が見られない以上、後期更新世以降の活動は否定されていません。



続いては、ｓＦ－１断層です。

ｓＦ－１断層については、後期更新世の上載層が見られません。

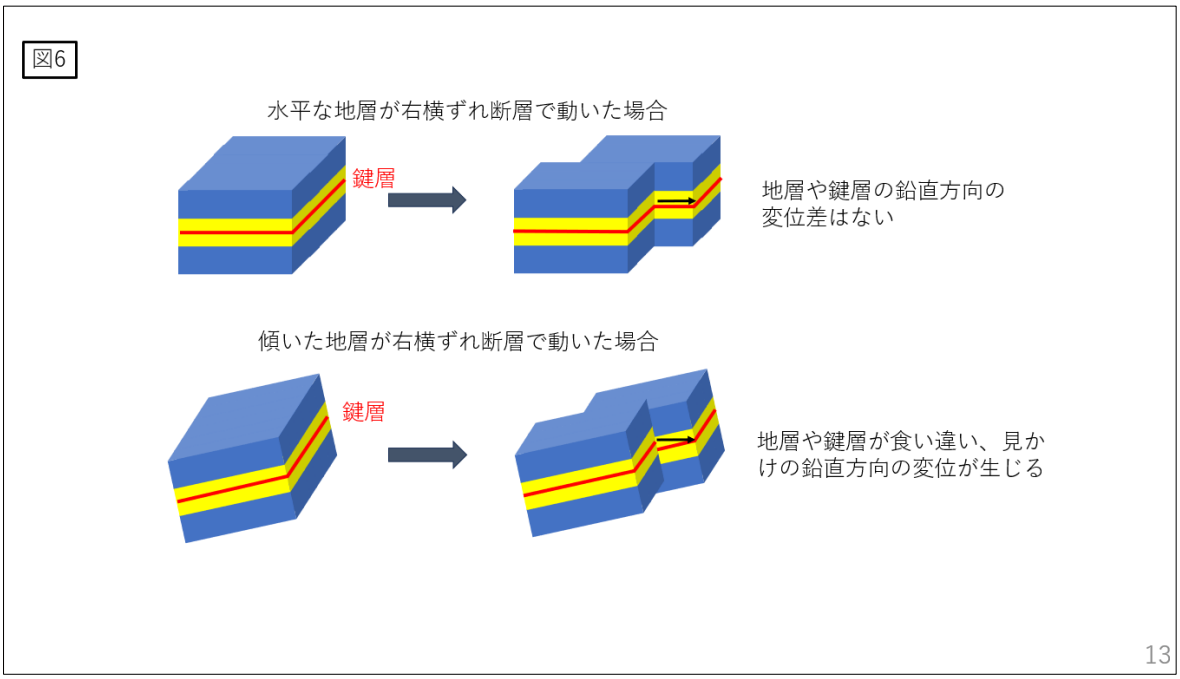
被告電源開発は、①地下深部に連続しないこと、②南北へ長く延長しないこと、そして③第四紀の応力場においては活動しにくいことを主な根拠として、「震源として考慮する活断層に該当しない」としています。

<u>しかし、①地下深部への延長がないという点は十分に論証されていません。</u>

地下深部への連続性について、被告電源開発は、図 10 に示すように、sF-1 断層を挟んで大間層中の鍵層（マーカーになる目印の地層）としている AT-22 の分布深度の差が、ボーリング掘削と反射法地震探査の結果で共に認められないことから、sF-1 断層は深部へ連続しないとしています。

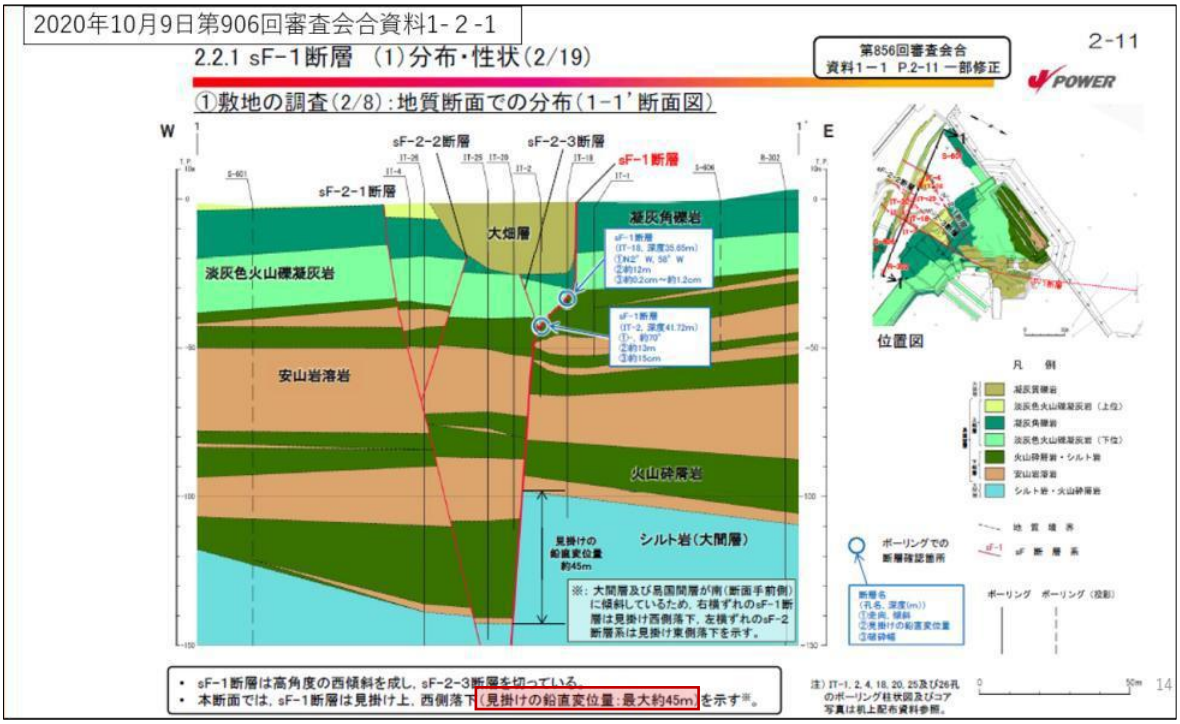
しかし、sF-1 断層は垂直に近い右横ずれ断層ですから、水平な地層であれば断層運動によって深度分布は変わらないはずです。

実際には少し傾斜しているので見かけの鉛直変位は生じるかもしれませんが、大間層の層理面が平面であるとして、南へ 7 度傾斜していると仮定すると、水平に見かけの最大変位である 73m ずれた場合に生じる見かけの鉛直変位は約 9m にすぎません。AT-22 の深度が 290～300m と幅を持っていることからすると、その程度の食い違いで掘削深度の違いから断層の有無を判断することはなかなか難しいでしょう。

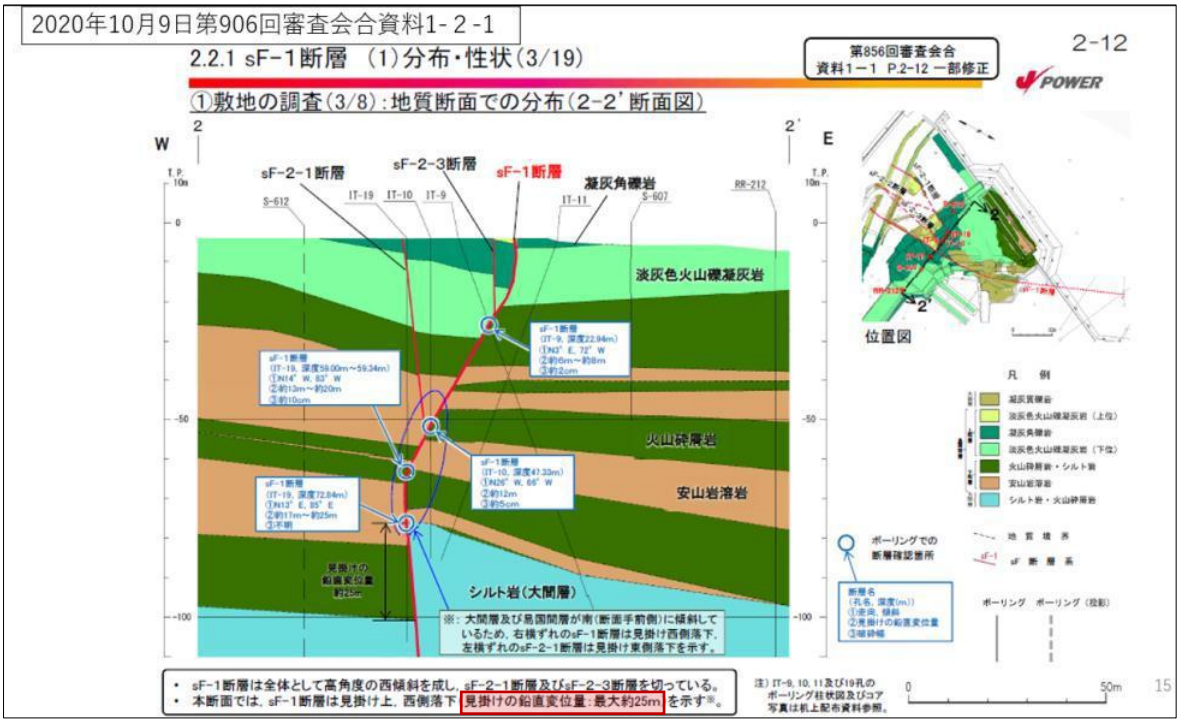


これは、「見かけの鉛直変位」という概念を説明するために挿入してもらった図です。

鍵層が完全に水平だった場合には、鉛直な横ずれ断層が動いた場合には、見かけの鉛直変位というのは生じません。しかし、鍵層が水平でなければ、その地層に対して鉛直な横ずれ断層が動けば、鍵層にちょっと食い違いが生じます。これが見た目の鉛直変位です。



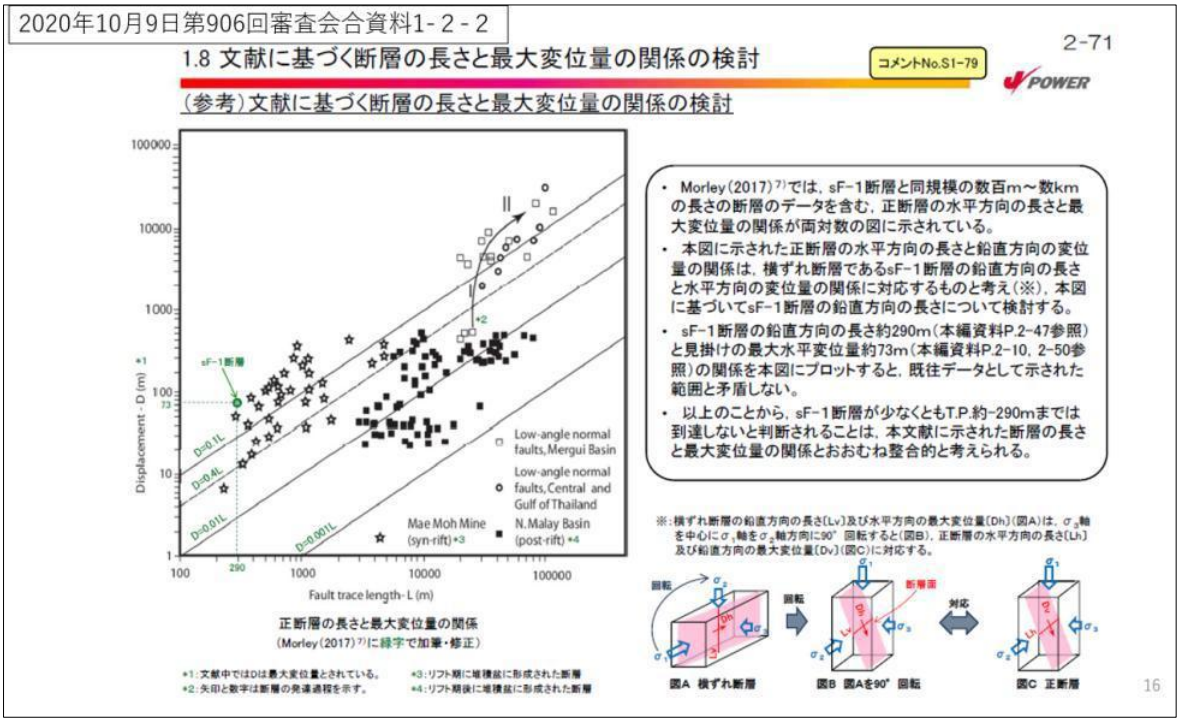
それから、被告電源開発は、大間層と易国間層の境界面の深度の差から、見かけ上の鉛直変位の最大を約 45mとしている断面図を作成していますが、



そこから 50m ほど離れた場所では、見かけの鉛直変位は最大約 25m となっています。

地層面の形状や層厚の変化なども考えられますので、50m や 25m といった見かけの鉛直変位量については、信頼性のある評価とは言えません。

地層面の深度分布を用いて断層の有無を確認するのであれば、見かけの変位ではなくて、変位の方向なども考慮して、厳密に鉛直方向の断層変位を評価する必要があります。



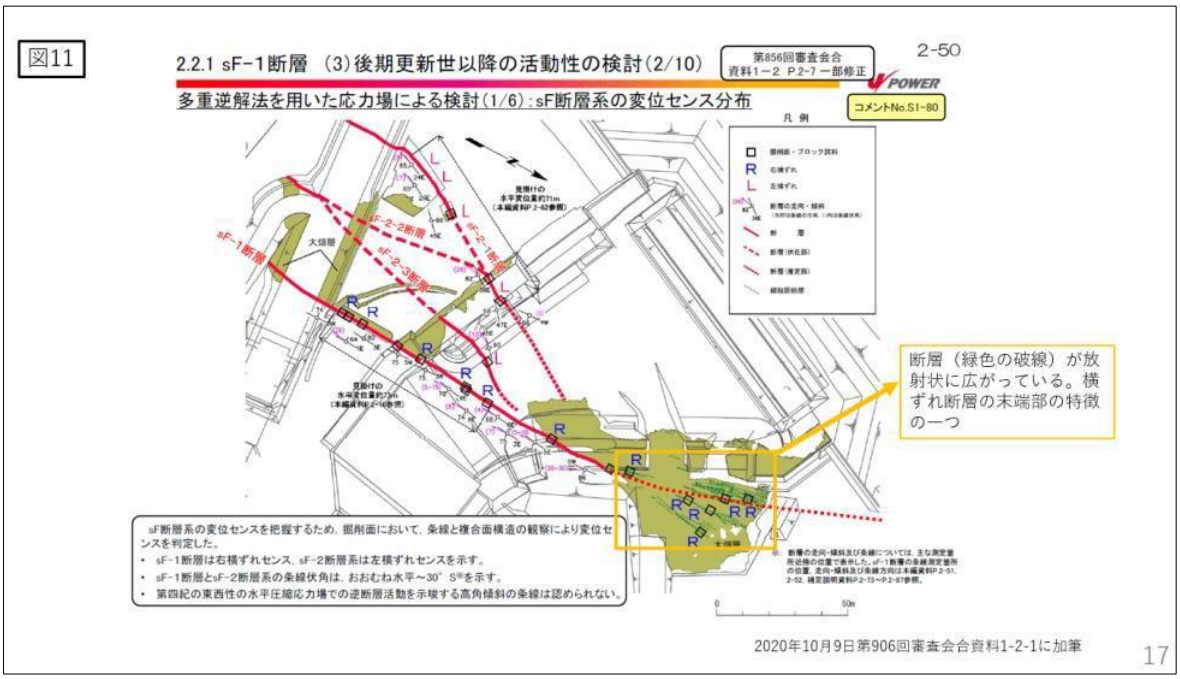
sF-1 断層は確認されている長さだけでも 2 km程度あります。被告電源開発が主張している数十メートル単位の変位量や最大 57 cmの破砕帯の幅からすると、たった深度 300m 程度で断層が消滅するというのは不自然です。

被告電源開発は、モーリー 2017 という論文における、タイの正断層の水平方向の長さと鉛直方向の変位量の関係について示した図を使って、sF-1 断層の 73m という見かけの最大水平変位量を考慮しても 290mという深さ方向の長さの評価が妥当であるとしています。

しかしながら、タイの正断層で求めた関係を、テクトニックな環境の全く異なる日本の横ずれ断層に適用することも、見かけの水平変位を用いていることも、疑問が残ります。

深部延長がないことを論証するためには、sF-1 断層の推定位置において、せめて玄武岩層が出ると思われる深度 500m 程度まで掘削して断層の有無を確認すべきです。

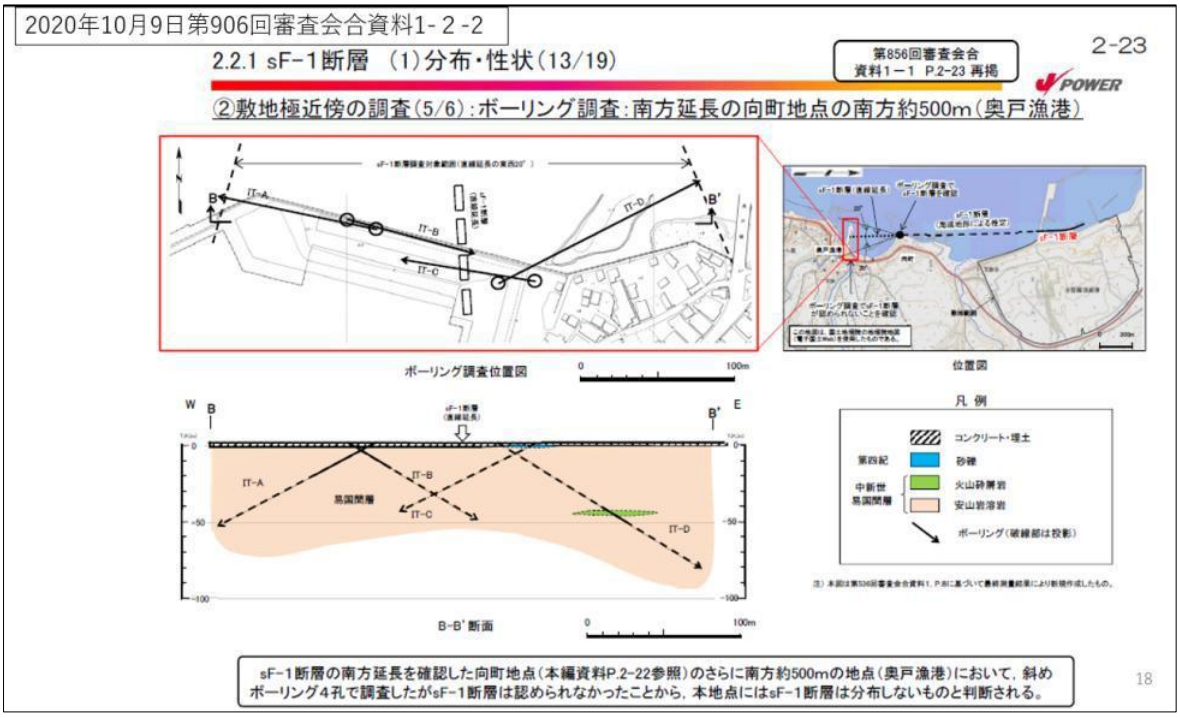
sF-1 断層が深部への延長がないことは論証されていませんから、「震源として考慮すべき断層」ではないという評価は下せません。



次に、②南北延長が不十分であることです。

sF−1 断層の北方延長部分では、大畑層中で小規模な剪断帯が扇のように放射状に幾筋にも広がっています。

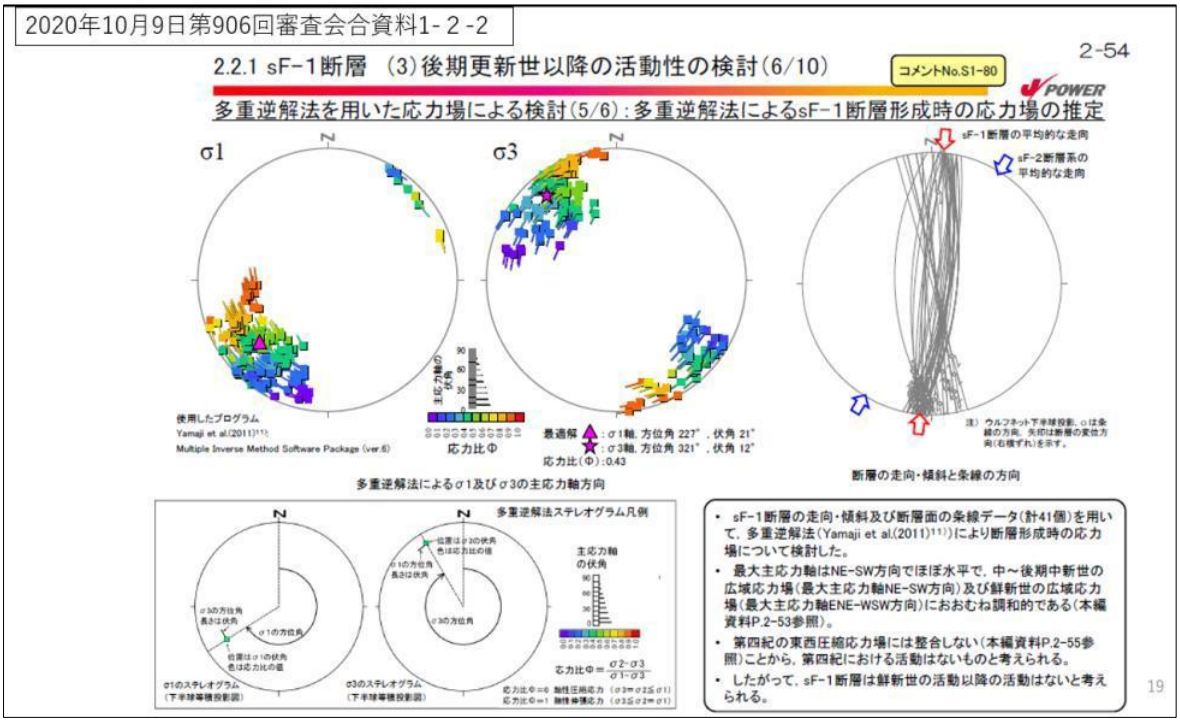
これは横ずれ断層の末端や屈曲部に見られる特徴的な構造ですから、藤本先生は、被告電源開発の評価のように、北方（この図では右下の方）に延長はしていないと考えてもよいとおっしゃっています。



一方で、被告電源開発は、南の延長について、大間原発南方の向町、さらに南方の奥戸(おこっぺ)漁港の 2 か所で掘削を行って、向町では sF-1 断層の延長上に断層が確認されたけれども、奥戸漁港では確認されなかったから、南方延長は奥戸漁港までは伸びていないとしています。

ですが、被告電源開発が奥戸漁港で調査した範囲は、想定される断層位置を中心に 100m×300m 程度に過ぎません。

断層は曲がるだけではなく、その程度ステップすることも十分にあり得ます。被告電源開発の調査の範囲は狭すぎます。もう少し広い範囲を調査しないと、それ以上南方に延長しないことについて明確な判断はできません。



最後に③応力場の検討についてです。

被告電源開発は、ｓF-1 断層の活動時期について、大畑層には変位を与えていることから、大畑層堆積時の鮮新世までは活動していたとしながらも、<u>更新世の広域応力場では sF-1 断層は活動しにくいとして、更新世以降の活動はしていないと</u>しています。

南北系の高傾斜の断層は、東西圧縮場で横ずれの動きはしにくいのは確かでしょう。しかし、根拠の１つとしている<u>応力多重逆解法の適用に仕方は疑問が残ります</u>。

応力多重逆解法は、多様な断層のスリップデータを整理して統計学的な処理を行い過去の応力状態を推定する方法です。近年断層の解析に多く用いられています。

この方法は、複数の断層のスリップデータから、その断層群の形成された複数の応力イベントを分離することを可能とした点に大きな特徴があります。

2020年10月9日第906回審査会合資料1-２-2

2-55

2.2.1 sF-1断層 (3)後期更新世以降の活動性の検討(7/10)

コメントNo.S1-80

多重逆解法を用いた応力場による検討(6/6):sF-1断層解析結果

第856回審査会合
資料1－2 P.2-10 一部修正

断層名	測定箇所(ボーリング孔名)		番号	断層面の方位角(°)	断層面の傾斜角(°)	条線方位角(°)	条線伏角※1(°)	変位センス	ミスフィット角①(最適応力場)	ミスフィット角②(第四紀応力場※2)
sF-1	掘削面	取水庭北側護岸裏法面	1	77	86	166	19	右横ずれ	3.4	167.2
			2	85	86	173	22	右横ずれ	10.5	144.1
			3	74	90	164	30	右横ずれ	8.8	150.0
		取水庭北側護岸裏底盤	4	275	75	5	0	右横ずれ	7.2	80.4
		取水庭北側法面	5	275	86	185	5	右横ずれ	3.2	53.0
			6	271	84	182	7	右横ずれ	3.7	78.2
			7	273	82	184	8	右横ずれ	1.4	71.3
			8	95	85	184	8	右横ずれ	0.3	71.5
		取水庭底盤	9	93	75	181	7	右横ずれ	0.2	91.5
			10	101	73	189	7	右横ずれ	1.2	79.2
			11	96	68	184	4	右横ずれ	2.6	86.5
			12	95	68	182	8	右横ずれ	1.8	91.9
			13	95	68	183	5	右横ずれ	1.4	88.7
			14	95	68	182	8	右横ずれ	1.8	91.9
			15	98	74	186	8	右横ずれ	0.5	84.1
			16	98	74	186	8	右横ずれ	0.5	84.1
			17	97	74	184	12	右横ずれ	4.6	89.9
			18	97	78	186	5	右横ずれ	2.7	78.8
			19	99	82	188	10	右横ずれ	2.5	70.7
			20	97	74	184	10	右横ずれ	2.7	88.0
			21	103	74	191	8	右横ずれ	0.6	76.0
			22	97	78	186	5	右横ずれ	2.7	78.8
			23	101	85	190	10	右横ずれ	3.3	52.5
			24	101	78	190	5	右横ずれ	2.8	70.5
			25	99	75	188	5	右横ずれ	2.9	78.3
			26	99	75	186	10	右横ずれ	2.4	83.6
			27	95	72	182	8	右横ずれ	1.3	90.5
			28	95	78	183	10	右横ずれ	2.4	88.4
			29	94	75	182	8	右横ずれ	0.8	90.6
			30	96	80	182	20	右横ずれ	12.5	93.6
		取水庭北側法面	31	101	87	190	18	右横ずれ	11.7	46.8
			32	276	83	188	16	右横ずれ	8.8	50.7
			33	266	85	176	5	右横ずれ	9.2	106.8
		取水庭底盤	34	90	82	179	7	右横ずれ	1.8	97.1
	ボーリングコア	IT-9	35	273	72	189	19	右横ずれ	10.8	65.3
		IT-18	36	268	58	192	21	右横ずれ	9.8	66.8
		IT-33	37	277	81	4	20	右横ずれ	26.5	88.9
		IT-P-3-f	38	83	86	172	17	右横ずれ	4.6	148.2
		IT-P-3-f	39	83	86	172	12	右横ずれ	0.4	143.2
		IT-P-3-i	40	79	87	168	10	右横ずれ	5.1	161.3
		IT-P-3-i	41	79	87	169	7	右横ずれ	8.1	158.2

- 解析で求められた最適応力場(本編資料P.2-54参照)とのミスフィット角①は、ほとんどが20°未満※3で小さく、sF-1断層は均一な応力場(おおむね最大主応力軸NE-SW)において形成されたものと考えられる。
- なお、第四紀応力場※2とのミスフィット角②は、いずれも20°を超えて※3大きいことから、第四紀の東西圧縮応力場には整合しない。

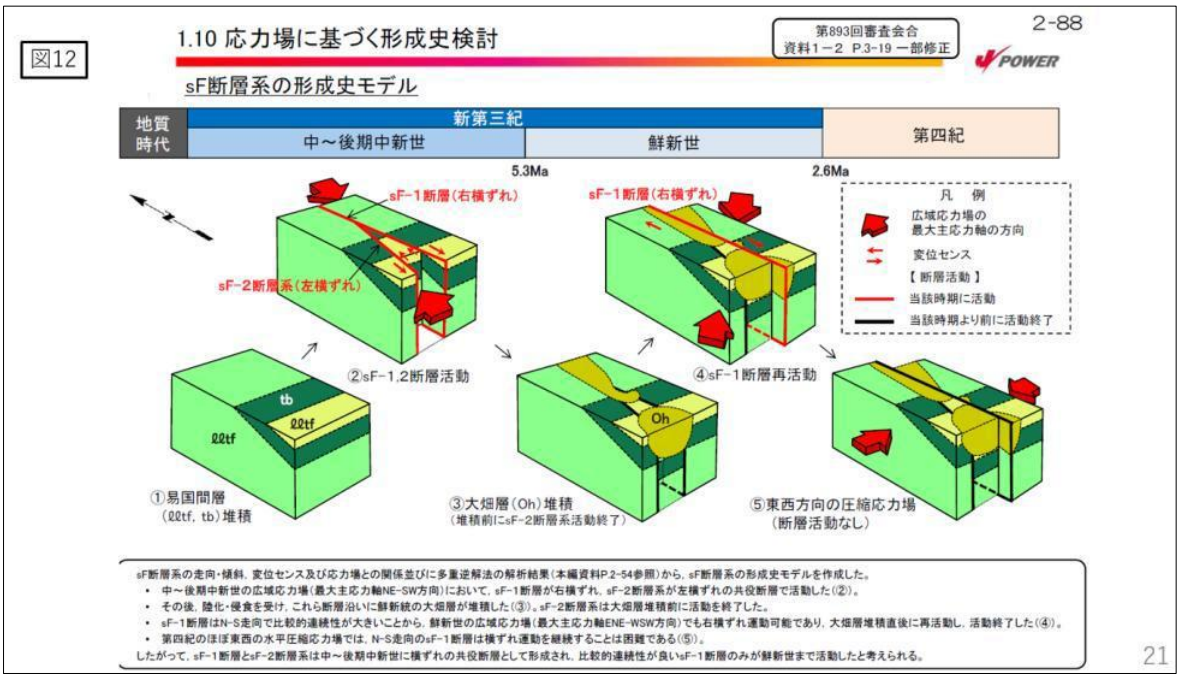
※1: 複数した条線伏角(本編資料P.2-52参照)に幅がある場合は、中央値を採用した。
※2: σ1:東西、σ3:鉛直(本編資料P.2-53参照)。
※3: Yamaji et al.(2011)[11]を参考に、ミスフィット角20°を閾値とした。

注) 各番号に対応するsF-1断層の走向・傾斜については本編資料P.2-52参照。

20

被告電源開発は、この表にあるとおり、sF-1 断層のみのデータで解析をしています。

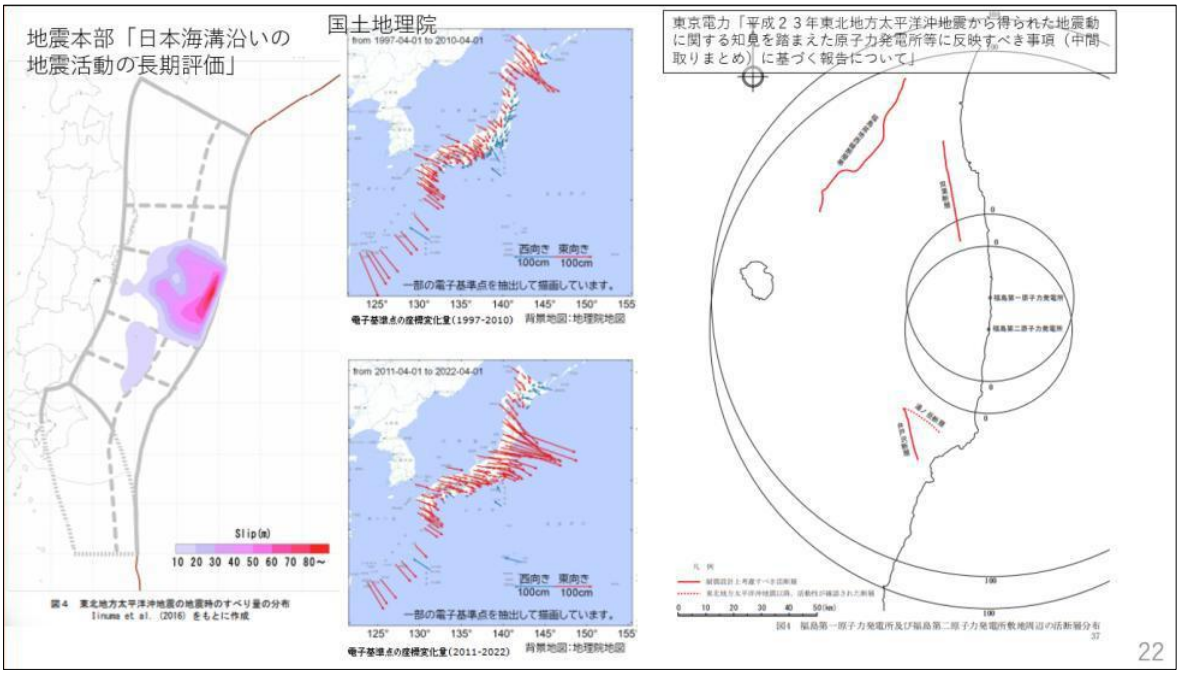
それは間違いではないかもしれませんが、それなら多重逆解法を行うメリットはほとんどありません。むしろ、同時に活動したと考えられる sF-2 断層のデータを除いている点で、不十分、不適切な解析となっています。



被告電源開発は、このような sF 断層系の形成史モデルを示していますが、応力多重逆解法を用いるのであれば、共役とされている sF-2 断層系も含めたデータで解析を行って、中～後期中新世と鮮新世の応力状態に分離することができて、はじめて（後期）更新世の応力状態では活動していないことの証拠となりうるのではないでしょうか。

そうでないと、わざわざ、新第三紀まで遡って断層系の形成史を描く意味がありません。 s F-2 断層系のデータは都合が悪いので恣意的に排斥された疑いがあります。

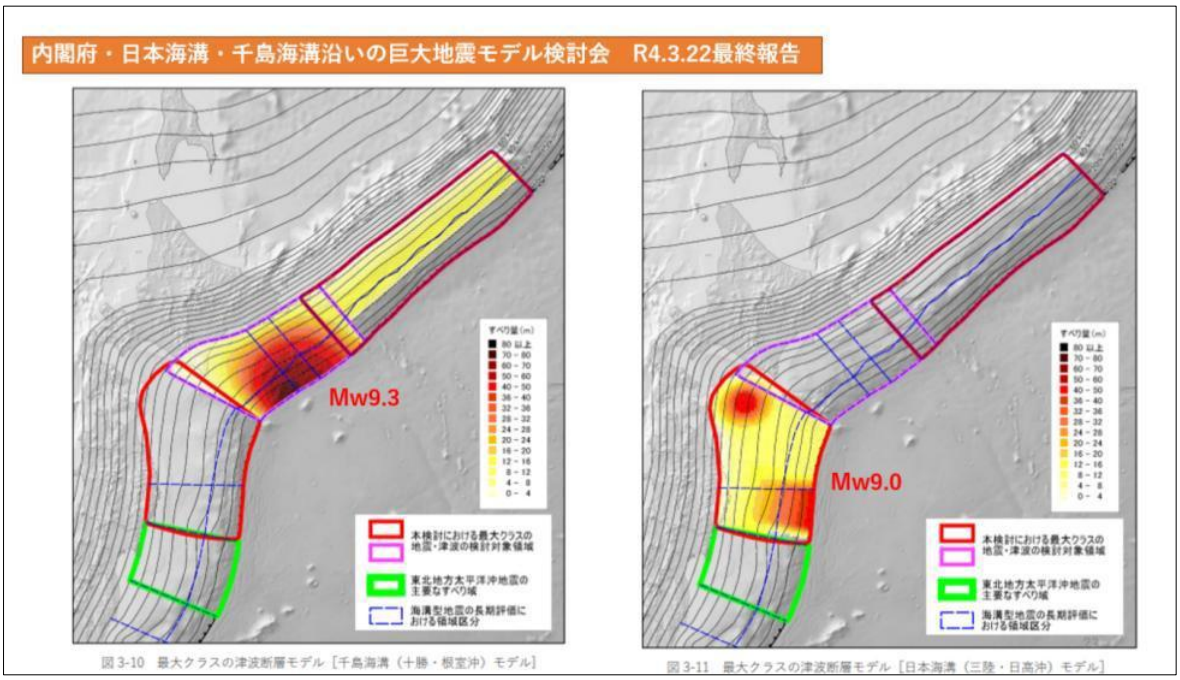
さらに、<u>応力多重逆解法による解析は、あくまで有力な仮説を提示</u>するもので、決定的な手法ではないということを頭に入れておく必要があります。



左は、地震本部の長期評価から抜粋した図です。2011 年の東北地方太平洋沖地震（M9）は、宮城県沖から福島県沖にかけて大きくすべった地震でした。

真ん中の国土地理院の図にあるように、東北地方から関東地方の太平洋側は、この地震が発生するまでは、東向きの力と西向きの力が押し合っている、東西圧縮の応力場でした。ところが、この地震が起きた後は、余効変動のために、北海道以外の東日本は全体的に東向きに強く引っ張られている、全然違う応力場になってしまっています。地震後数十年はこのような状態が続くと思われます。

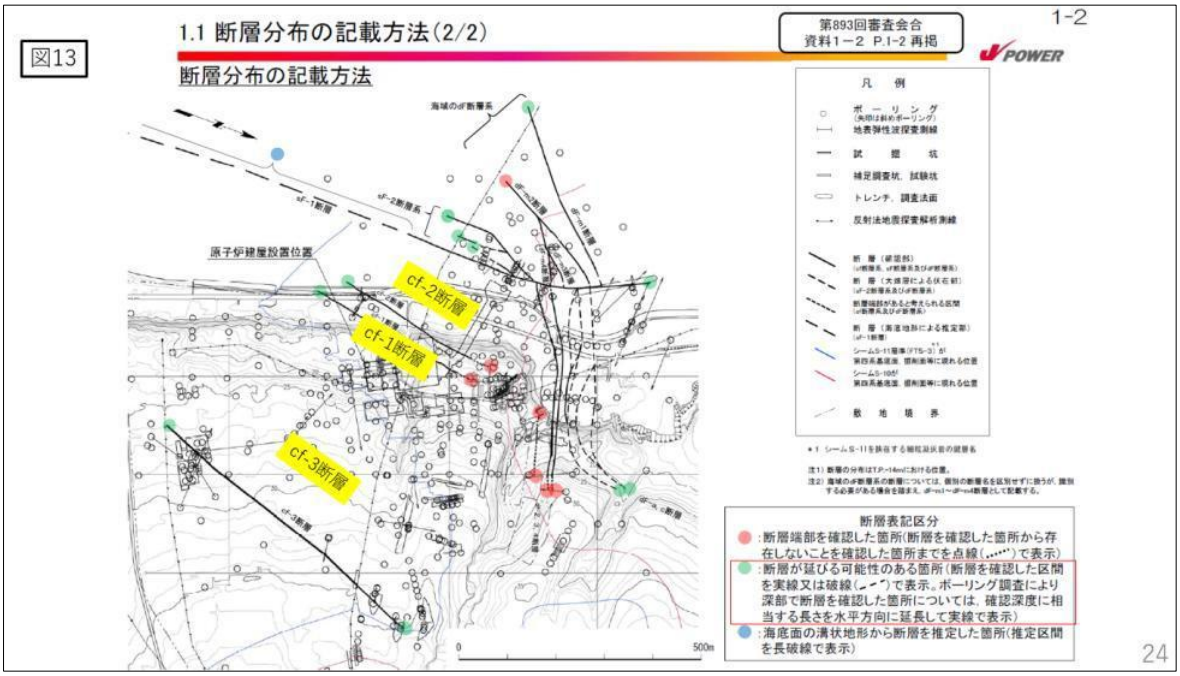
実は、平成 20 年に東京電力が提出した耐震バックチェック中間報告書では、福島県にある湯ノ岳断層は、正断層だから、現在の東西圧縮の応力場では動かないので、活動可能性がないと評価されていました。この図では、右下の二股に分かれている断層のうち、井戸沢断層は活動性があるから実線だけれども、湯ノ岳断層は点線で書かれています。ところが、東北地方太平洋沖地震で応力場が大きく変わって、2011 年 4 月 11 日、井戸沢断層と一緒に湯ノ岳断層も活動しました。東京電力のみならず、バックチェックの審査を行った保安院と安全委員会も活動性の評価を誤ったわけです。この反省をきちんと踏まえないといけないということは、地質ガイドにも書いてあることです。



宮城県沖は 2011 年に大きく滑ったから、しばらく大地震は起きないかもしれません。だとしたら次は隣の領域が危ないんじゃないか、ということは誰でも考えつくことです。

これは内閣府のホームページに公開されている報告書から抜粋した図ですが、千島海溝や日本海溝北部では、最大クラスの地震の発生が切迫しているとされています。ここにあるような地域で M９クラスの地震が起きれば、大間原発敷地周辺の応力場に大きな影響を与えることは間違いありません。

上載地層法によって数十万年間の活動がないことが確認できれば、過去にあったであろう超巨大地震による一時的な応力場の変化の際にも地震が発生していないことを示すと考えられ、それだけ安全性が担保されます。最近数十年程度の限られた GPS、GNSS のデータから、この先もずっと東西圧縮だろうと思えても、応力場は地震が発生した瞬間にガラっと変わり得ることを、私たちは東北地方太平洋沖地震で学んだはずです。



続いて、重要施設の直下に露頭がある cf 断層の話です。

前に述べましたが、北から、cf-2、cf-1、そして cf-3 断層という 3 条の断層の活動性評価を、被告電源開発は、cf-3 断層の 1 条で代表させて済ませました。

他の dF や s F 断層系については、断層の性質が似ているという以上に、距離的にも近接したり地下で連続性が認められたりしていて、連携して活動する可能性があります。

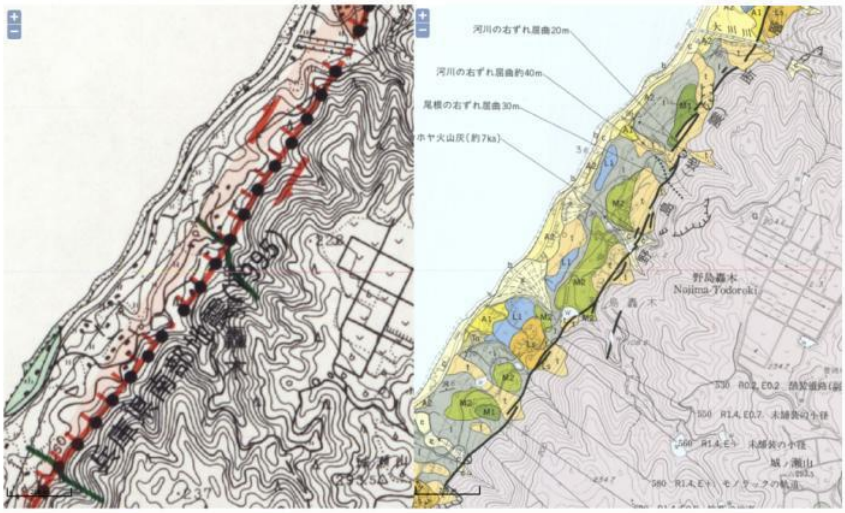
しかし、cf 断層系については、断層の走向傾斜、運動センス、断層物質の特徴などは似ているかもしれませんが、<u>距離が、特に cf-3 は、cf-1・2 から離れていて、地下の連続性も認められていません</u>。これだけ離れていれば、cf 断層系の 3 条の断層が常に同時に活動するとはむしろ考えにくい。個別に評価すべきです。

なお、cf-1 断層と cf-2 断層については、陸域の上載層として<u>M3 面段丘堆積物</u>があり、それについては法面観察から変位を与えていないとされています。ただし、<u>あくまで M3 面</u>ですから、審査基準である後期更新世以降の活動が否定されるわけではありません。

被告電源開発の地質図を見ると cf-1 断層、cf-2 断層ともに、海岸線付近は緑色の丸になっていますから、延長している可能性も示されています。海域の延長部を調査すれば堆積物の年代などから最終活動年代がわかる可能性があり、そこまで徹底して調査しなければなりません。

図4

野島断層の活断層（左図）と1995年兵庫県南部地震の地表地震断層（右図）



共に産業技術総合研究所の地質図ナビで表示したもの。左図は、国土地理院都市圏活断層図の「六甲・淡路島」の野島幕末地区周辺。右図は同じ範囲の、産業技術総合研究所作成の「兵庫県南部地震に伴う地震断層ストリップマップ －野島・小倉及び雛川地震断層－」。地表地震断層は概ね活断層に沿っているが、全体的に少し湾曲している。途切れている部分もあれば、分岐したり、2条が並走したりしている。

25

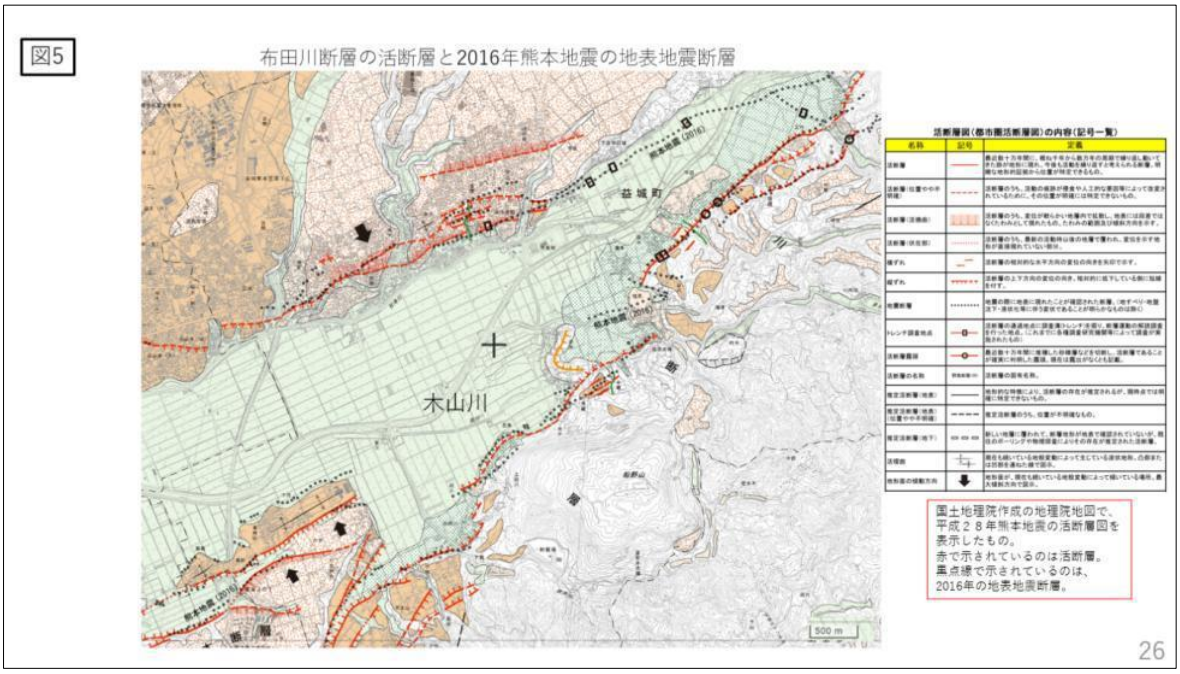
一般に、内陸の地震では、通常マグニチュードがおよそ 6.5 を超えると、断層のずれが地表に及んで地表地震断層が出現します。そのようなずれが繰り返されて、地表に特有の地形や痕跡を残したものが、活断層として認識されます。

活断層は、地図では直線に近い一本の線でざっくり描かれますが、1980 年代以降活断層の調査研究が進むと、小さいスケールでは一本の単純な線ではなく、複雑な形状をしていることが分かってきました。

活断層と地表地震断層の関係について、国内の２つの例を紹介します。

１つめは、1995 年、兵庫県南部地震（阪神淡路大震災）で活動した野島断層です。左が活断層、右が地表地震断層ということで見比べてください。

地表地震断層は概ね活断層に沿って出現しましたが、少し湾曲しながら、途切れている部分もあれば、分岐して活断層トレースから外れたり、少し離れて並走したりする場合もあります。並走する断層の活動パターンは複雑で、常に一緒に活動するとは限りません。



もう１つの例は、2016 年熊本地震の際に被害の大きかった、益城町周辺の布田川断層です。赤線は活断層、黒の点線は地表地震断層です。

南西に延びる日奈久断層との分岐に近いこともあって、大局的に活断層が２本に枝分かれしています。しかし、その２本の活断層も、それぞれ**細かく見ると１本の線ではなく、ある範囲の中で緩やかに湾曲したり分岐したり複数が並走したりしています**。

地表地震断層は概ね活断層に重なっていますが、**活断層と認定されていないところで地震断層が出現した場所もあれば、逆に活断層とされても動かなかった場所もあります**。

これら２つの例が示すように、並走する断層の活動はとても複雑で、同時に活動するとは限りません。

そればかりか、どこに地表地震断層が現れるかを正確に予測することさえ、極めて困難です。

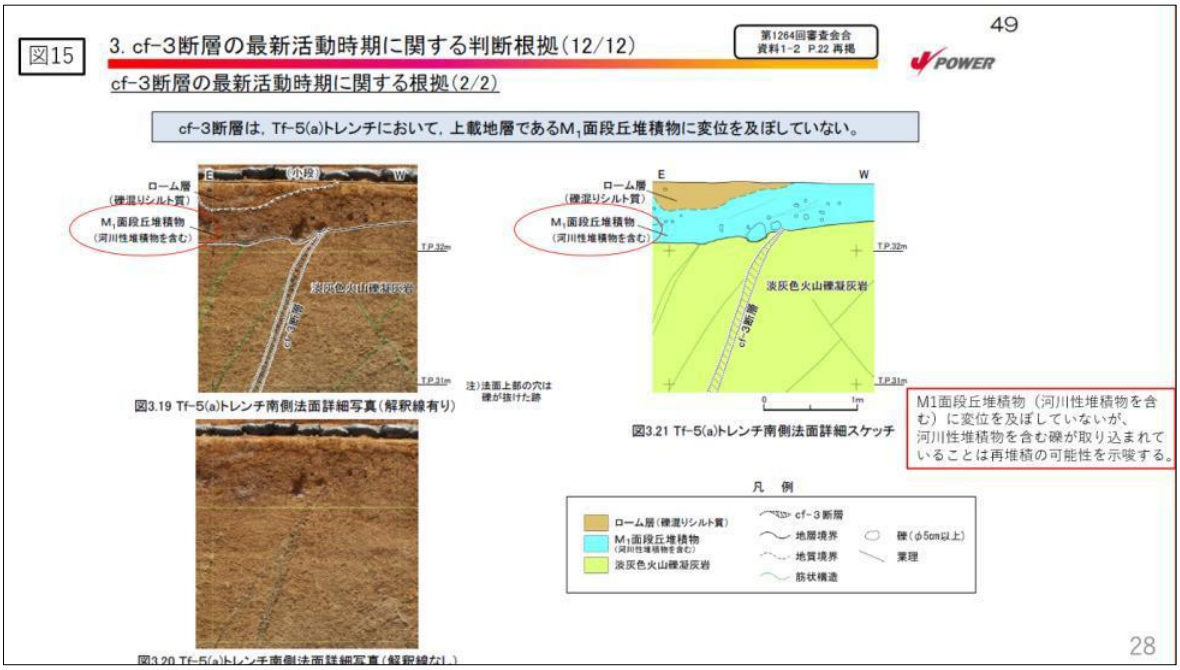
以上を踏まえると、並走する複数の断層のうち「一つの断層で活動性が否定された」からといって、直ちに「他の断層も活動性がない」と結論付けることができないのは明らかです。

代表断層とされた cf-3 の評価にも疑問があります。

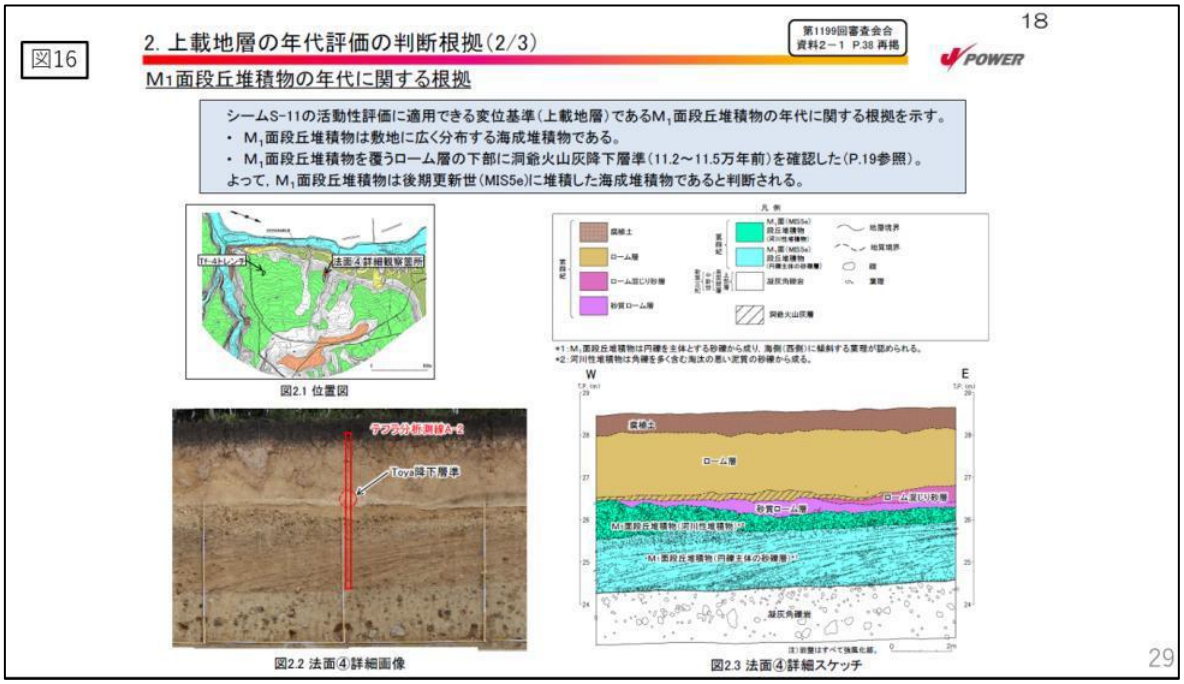
被告電源開発は、cf-3 断層が上載層である M1 面段丘堆積物に対して変位や変形を与えていないことから、後期更新世以降の活動はないと評価しています。

たしかに、この Tf-5(b) トレンチのスケッチや写真を見ると、cf-3 断層は上載層である M1 面段丘堆積物に変位や変形を与えていないように見えます。

しかし、Tf-5(b) トレンチで M1 面段丘堆積物はロームに削り込まれてかなり層厚が変化しています。ここの M1 は再堆積の疑いがあり、上載地層法は使えない可能性があります。



また、図 15 に示す Tf-5(a)トレンチの M1 面段丘堆積物については、河川性堆積物を含むと記載されています。トレンチ内での地層の厚さも変化も大きく、堆積構造もはっきりしていないので、やはり再堆積のため上載地層法は使えない可能性があります。



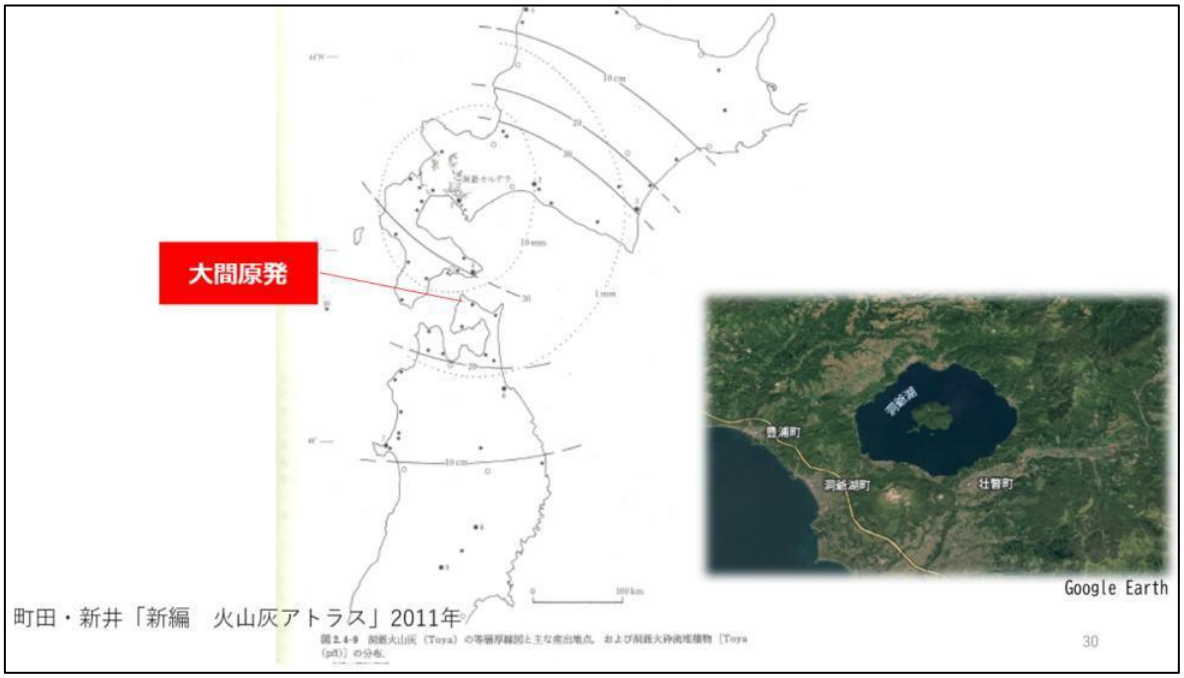
M1 面段丘堆積物というのは、本来は、この図 16 のような、きれいな構造をしているはずです。

すなわち、易国間層の、平坦で若干海に向かって傾斜している波食面（スケッチで白色）の上に、下の方は円礫主体の砂礫層が傾斜した構造で堆積して（スケッチで水色）、それを、河川性堆積物を含む礫質の段丘堆積物が覆う層（スケッチで緑色）に分けられます。

さらにその上にローム層が堆積して、ローム層の下部には洞爺火山灰が分布しています。

このような一連の特徴があれば、円礫を主体とする砂礫層が、後期更新世の最終間氷期相当となる地層ということは、ほぼ間違いありません。

それと比べると、先ほどの Tf-5(a)、5(b)トレンチでは、段丘堆積物の層序や堆積構造がはっきりせず、層厚の変化も大きくて、河川性堆積物を示す礫が取り込まれていますから、<u>一度堆積したものが何らかの理由で移動して再び堆積した可能性があります</u>。年代の根拠の一つとなる洞爺火山灰の分布も見られません。

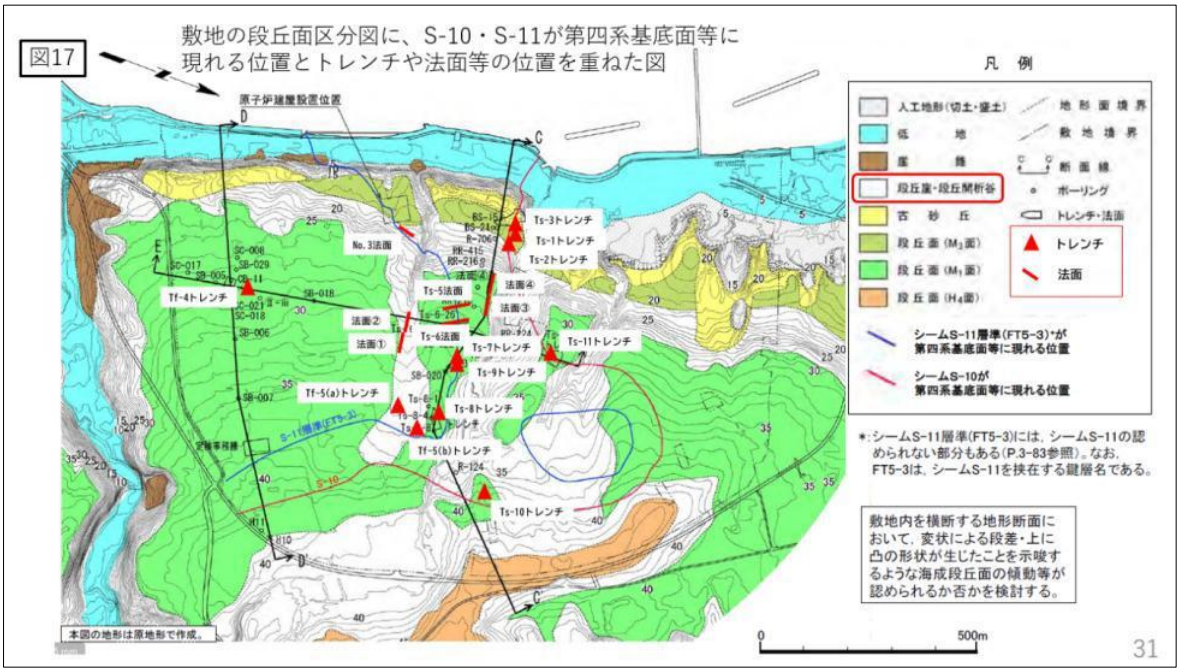


洞爺火山灰について説明を補足します。

右下の画像にある洞爺湖は、20 年前にサミットが開かれたこともあるリゾート地ですが、この湖は実は火山のカルデラです。

およそ 11.2～11.5 万年前に破局的噴火を引き起こしてカルデラが形成され、大間原発の敷地一体にも 20 cm以上の火山灰を積もらせました。

ですから、この洞爺の火山灰の層がきちんと確認されれば、そのすぐ下に 12、3 万年前の地層があると判断できるわけです。逆にいうと、この火山灰の層がきちんと見つからない場所は、M1 層であっても、再堆積の可能性があるから年代の推定には注意が必要です。

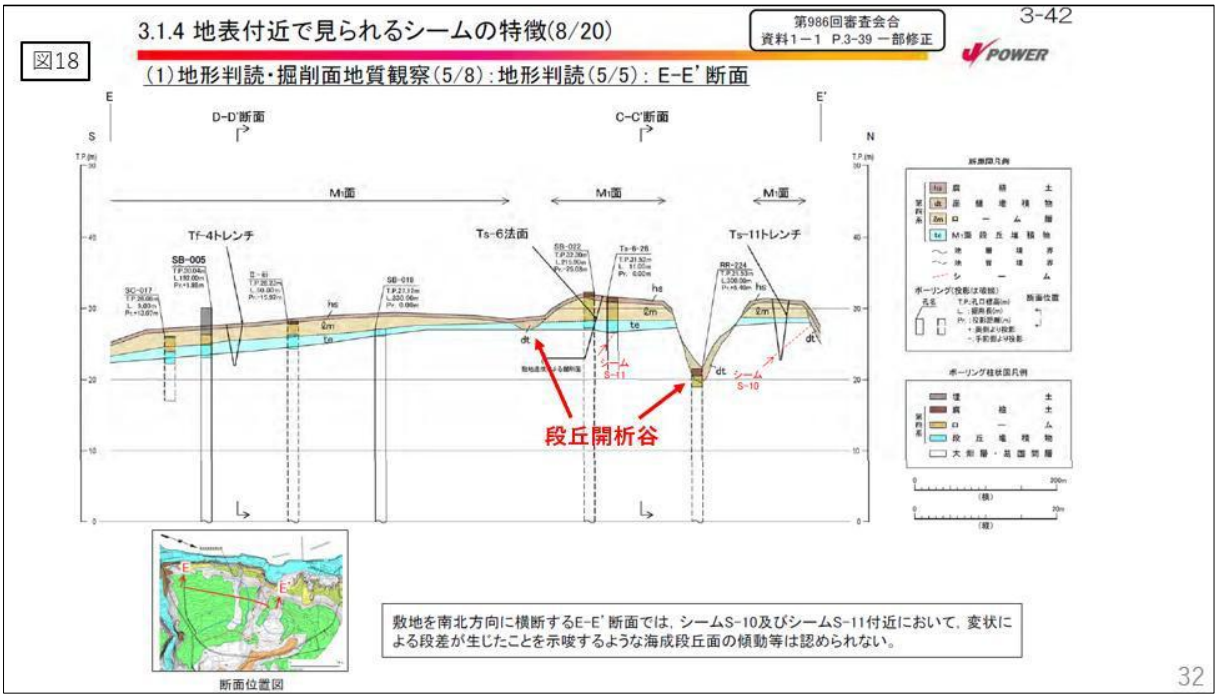


被告電源開発の作成した敷地の段丘面区分図に、藤本先生がトレンチや法面などの位置を書き入れたのが図 17 になります。

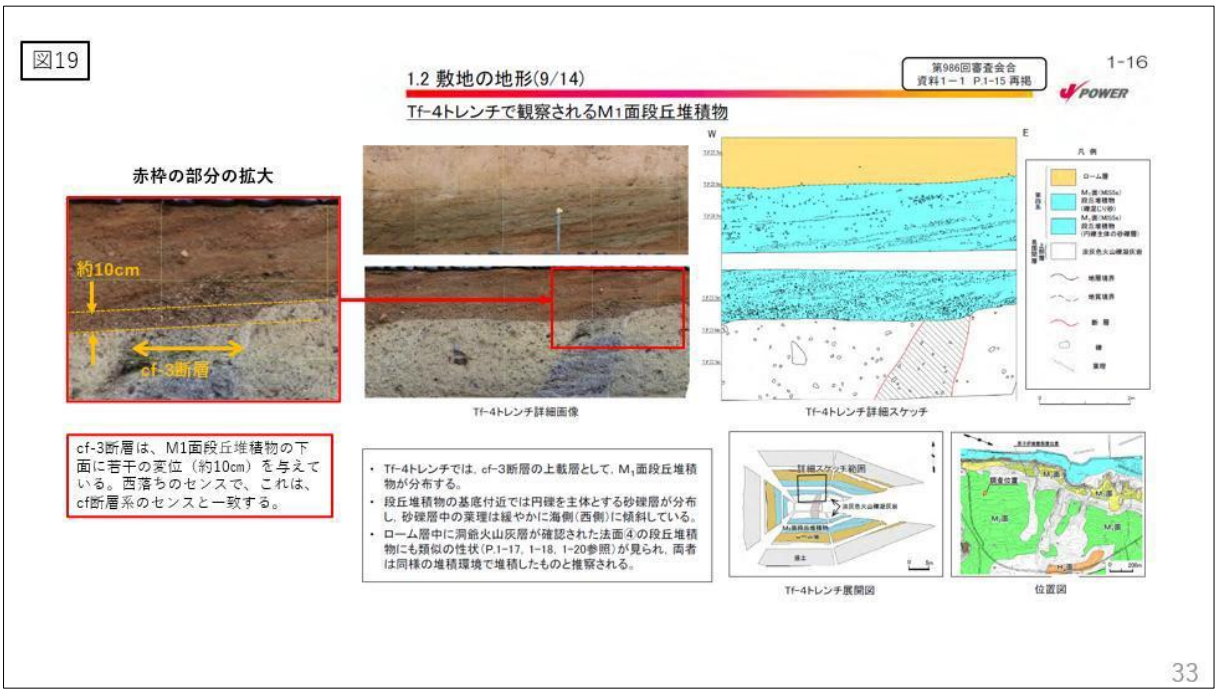
海岸寄りに M3 面、少し離れて M1 面となっていますが、<u>一部開析</u>されて、つまり浸食されて谷になっていて、段丘面が彫り込まれています。

先ほどの <u>Tf-5(a)、5(b)トレンチは、開析谷（かいせきこく）の縁に位置しているので、浸食が進み易くて不安定な場所ということになりますから、やはり再堆積の可能性があるのではないかと考えられます。</u>

したがって Tf-5(a)、5(b)トレンチには、上載地層法を使って cf-3 の活動性評価を直ちにすることはできません。再堆積の可能性もあると考えて、もっと丁寧に調査を行う必要があります。



M1 面をほぼ南北に切る E-E’の断面図を見ても、地形的にも 2 箇所で谷になっていて、開析が進んでいるのがわかります。



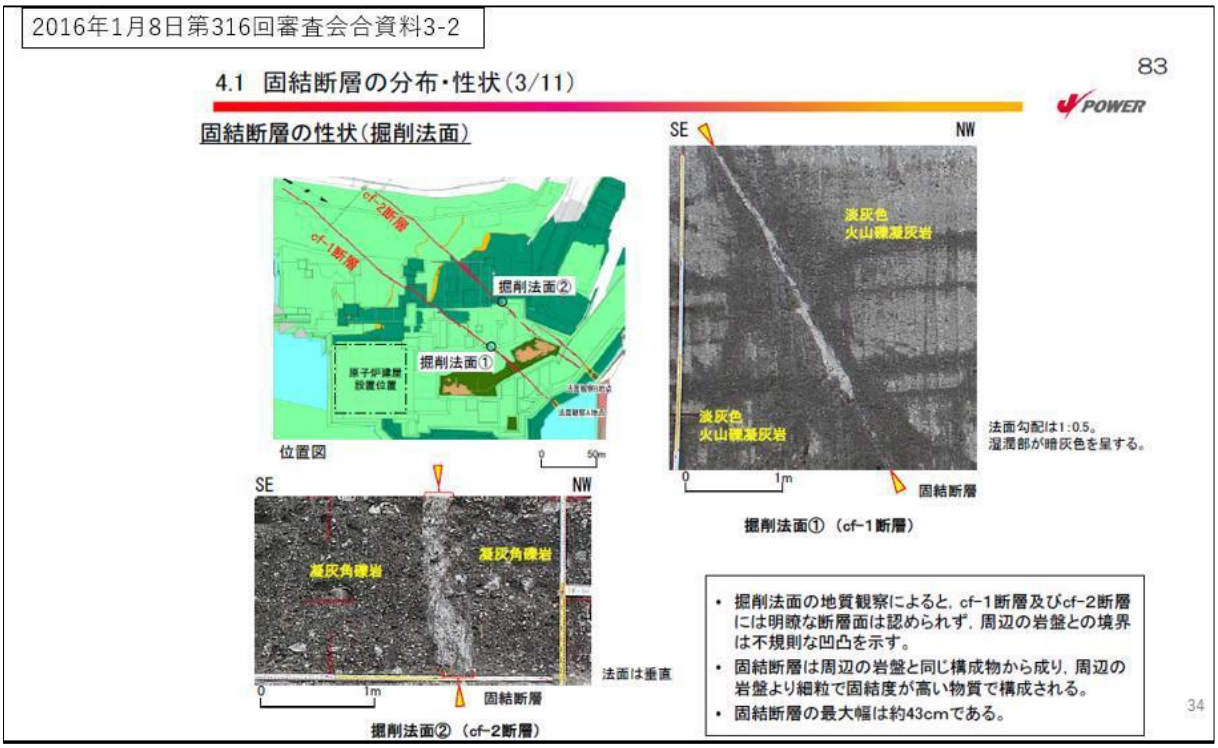
つづいて、Tf-4 トレンチの話に移ります。

Tf-4 トレンチは、cf-3 断層と上載層との関係が良く観察できる重要な場所です。小野有五先生も指摘していることですが、よく見ると、トレンチの北側法面で、cf-3 断層の東側の境界で、易国間層と上載層である M1 面段丘堆積物の境界（不整合面）は 10 cm程の西落ちの段差が確認できます。

段差の西落ちのセンスは、cf-3 断層の一般的な変位センスとも一致しています。

被告電源開発は、この段差は不整合面の凹凸で、断層の変位ではないと評価しています。しかし、cf 断層系の運動センスは右横ずれの成分が多く、鉛直に近い法面だけでは十分な変位や変形を捉えることは難しいと思われます。もし鉛直に 10cm ずれたのであれば、横ずれ断層としては必ずしも小さなずれとはいえません。

Tf-4 トレンチは、断層と上載層の関係を見ることができる比較的条件のよい場所です。例えば、不整合面を少し掘り込んでその形状を面的に把握したり、定方位のブロック試料によって水平方向と垂直方向双方の変位や変形構造を解析したりするなど、後期更新世以降の活動を否定するには、もっとできることがあるはずです。現状、そのような丁寧な検討は行われていません。cf-3 断層も、後期更新世以降の活動可能性は否定できません。



なお、cf 断層系については、審査の初期段階では固結断層とも表現されて、断層が周囲の岩盤より硬いことが、活動性を否定する根拠の一つとされていました。

2016年1月8日第316回審査会合資料3-2

90

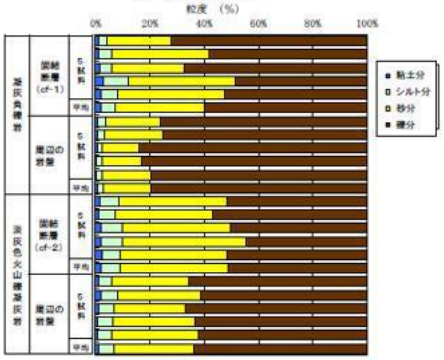
4.1 固結断層の分布・性状（10/11）

固結断層の密度・粒度試験結果

表3 物理試験結果

試験項目	凝灰角礫岩		淡灰色火山礫凝灰岩	
	固結断層（cf-1）（8試料）	周辺の岩盤（4試料）	固結断層（cf-2）（4試料）	周辺の岩盤（4試料）
密度（湿潤）（g/cm³）	平均 2.10（2.00～2.23）	平均 2.08（2.01～2.18）	平均 1.94（1.91～1.96）	平均 1.83（1.81～1.84）
有効間隙率（%）	平均 32.4（25.9～38.6）	平均 32.4（27.9～35.7）	平均 39.9（37.0～41.8）	平均 41.3（40.7～42.1）
吸水率（%）	平均 18.4（13.2～23.9）	平均 18.6（14.7～21.5）	平均 25.9（23.6～27.9）	平均 29.2（28.7～29.6）

表4 粒度試験結果

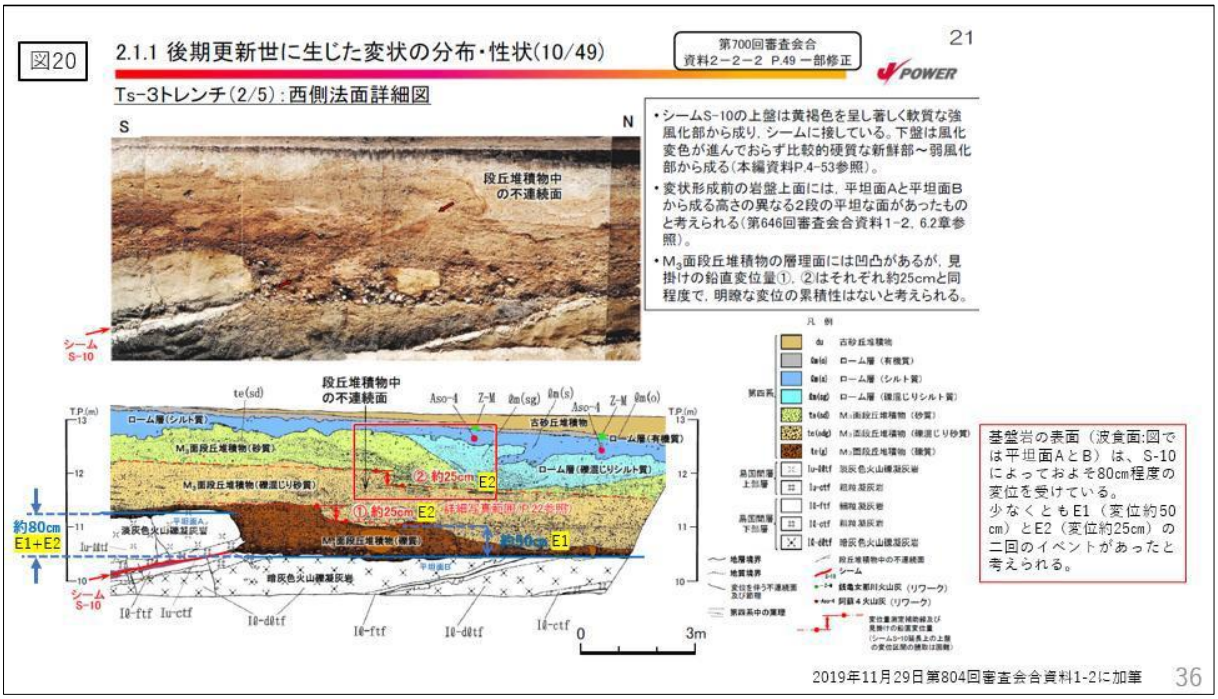


- ボーリングコア試料を用いて物理試験及び粒度試験を実施した。
- 物理試験によれば，固結断層は周辺の岩盤に比べて密度は大きく，有効間隙率及び吸水率は同程度ないし小さい。
- 粒度試験によれば，固結断層は周辺の岩盤に比べて礫分が少なく，砂分以下の細粒分が増加している。
- 固結断層は，断層運動で易国間層が細粒化し粒子間の空隙が小さくなったため，その後の続成作用の過程で，周辺の岩盤以上に固結したものと考えられる。

36

しかし、一般的に断層は、滑った直後は軟らかくなって、その後の時間が経つと次第に固くなり、再度滑るとまた軟らかくなるということを繰り返します。

固くなるプロセスとしては、物理的な圧密、構成物質自体の化学変化、断層を通過する地下水などからの物質の沈殿によるセメンテーション、粘土鉱物の脱水など色々考えられますが、10 万年という時間スケールでは、これらのプロセスを経て断層が周辺の岩盤よりも却って固くなる可能性は十分に考えられます。

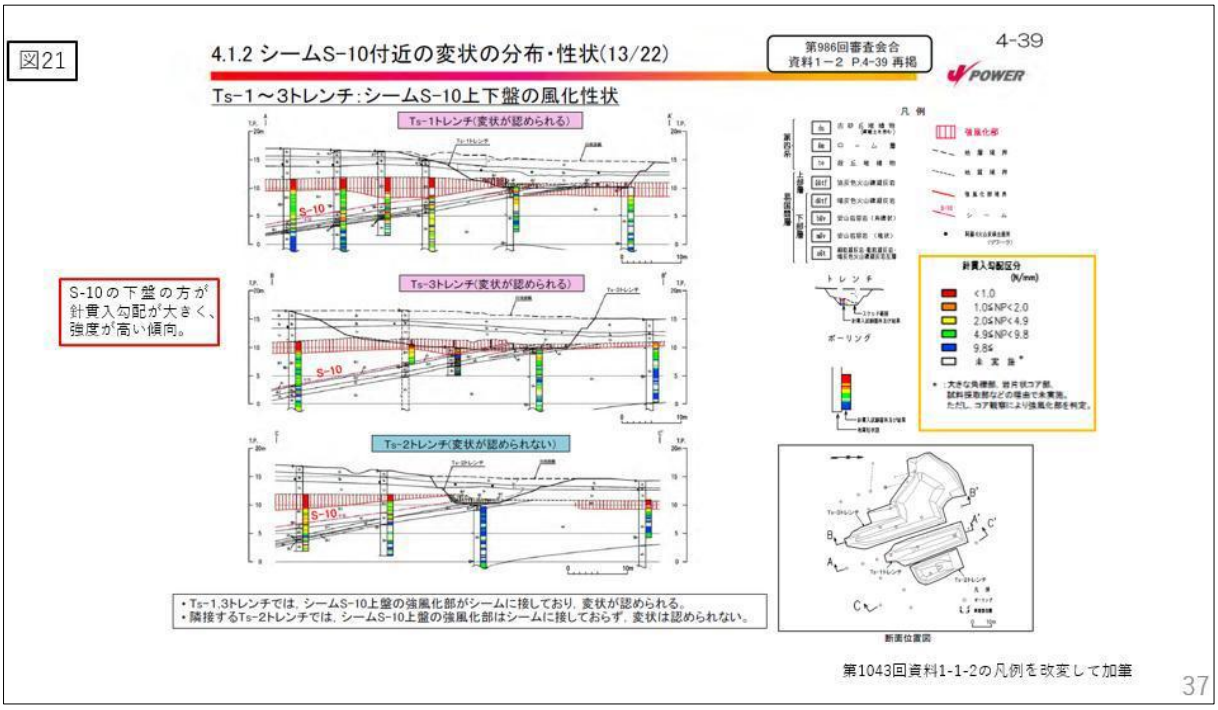


ここからはシーム、S-10 の話です。

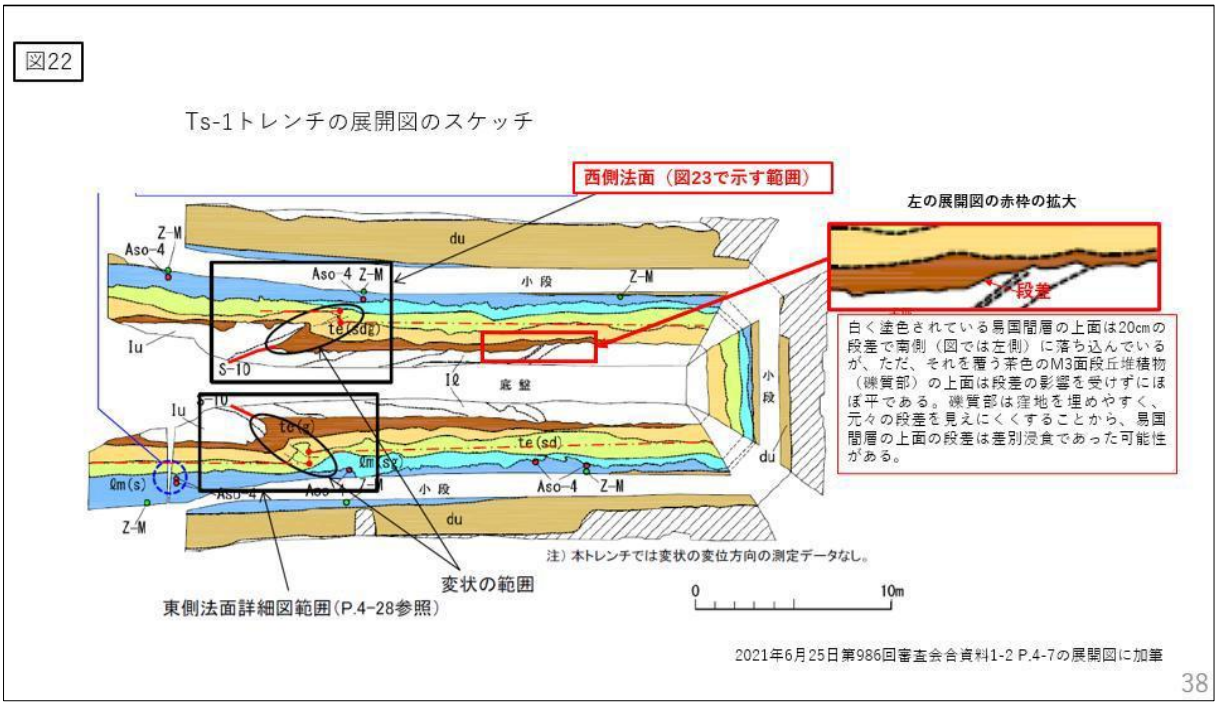
まず、S-10 が M3 面段丘堆積物と接している Ts-3 トレンチの西側法面をご覧ください。小野先生も典型的な活断層露頭として取り上げているトレンチです。

写真の解像度やスケッチの正確性などの限界はありますが、これを見ると被告電源開発が平坦面 A,B とした青い線が、S-10 によっておよそ <u>80 cm程度</u>の段差が生じていることが分かります。M3 面段丘堆積物のうち、一番下の茶色の礫質部は、E1 の<u>約 50 cmの段差</u>と、E2 の<u>約 25 cmの段差</u>の、<u>2 つの段差</u>がある。一方で、ベージュ色の礫混じり砂の部分の上面を見ますと、E2 で示した約 25 cmの段差があるだけです。茶色が堆積した後、S-10 が活動して、ベージュ色が堆積した後、さらにもう 1 回活動したといえます。

被告電源開発は、E1 は差別浸食等ですでに存在していたから、逆断層センスの活動は 1 回であり累積性は認められないとしています。しかし、平坦面 A と平坦面 B は、元々は同一の波食面であったと考えるのが自然です。



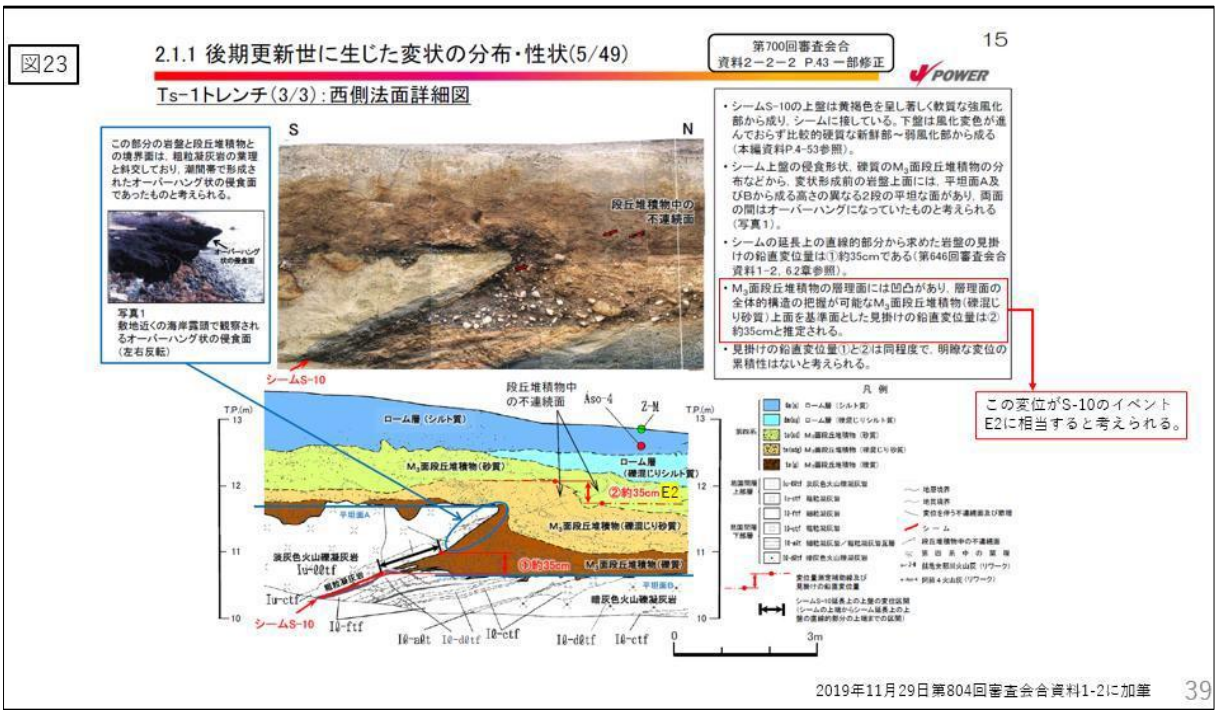
また、被告電源開発はトレンチで針貫入試験を実施しています。その結果はここにあるとおり、下盤の方で青や緑が多くて、強度が高い傾向があります。強度の高い下盤側がより浸食されやすかったという評価は不自然です。



もちろん、同一の波食面といっても全く平坦だったというのではありません。

ここにあるように、Ts-3 トレンチに隣接する Ts-1 トレンチの西側法面では、差別浸食の可能性がある約 20 cmの段差が見られます。

礫質の地層は低い場所を埋めやすい傾向があります。易国間層を覆う礫質部はその段差の影響を受けずにほぼ水平に堆積しています。これでしたら差別浸食の可能性はありますが、先ほどの Ts-3 の段差 E-1 は明らかに違います。



Ts-3 トレンチの山側（東側）に隣接した Ts-1 トレンチについても、同じ様なことが言えます。

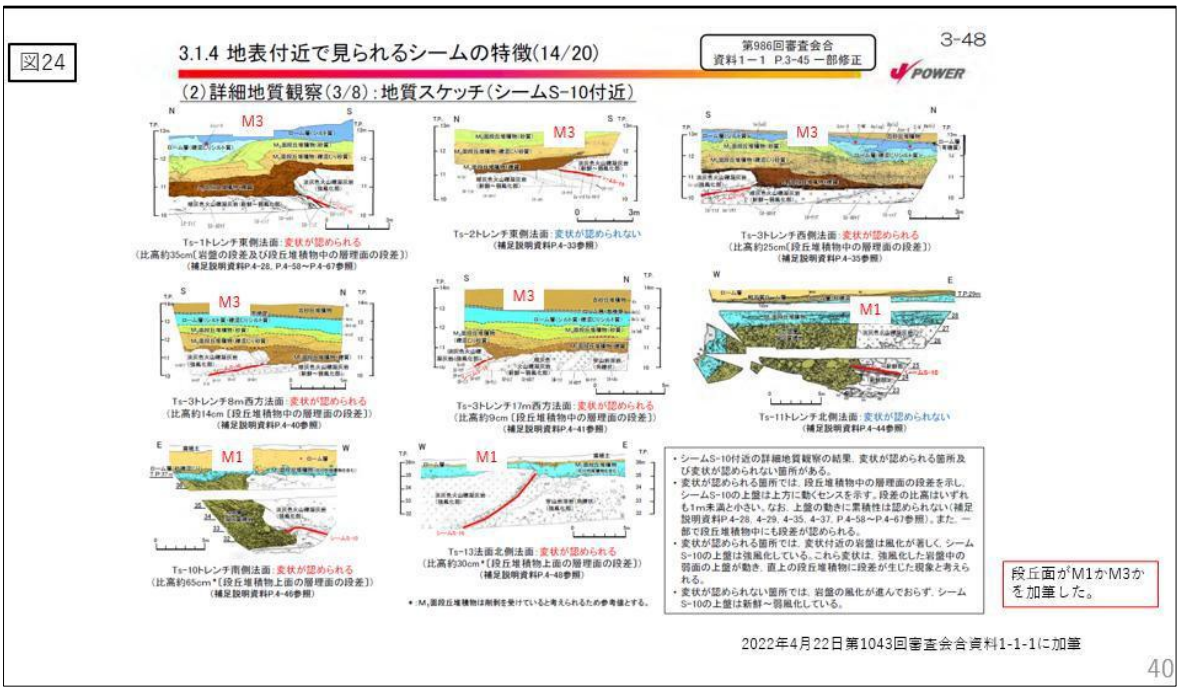
これは、被告電源開発による Ts-1 トレンチ西側法面の S-10 の周辺の写真とスケッチです。基本的な地層の様子は Ts-3 トレンチと変わりません。S-10 を挟んで茶色の層には 1m 近い垂直変位があって、ベージュ色の層には約 35 cmの垂直変位があります。

この西側法面ではオーバーハングした部分が残っており、被告電源開発は、オーバーハングした部分の青で囲った部分については差別浸食などによる既存の段差であり、Ｍ１面段丘堆積物が堆積した後に垂直変位約 35 cmの逆断層的な活動があったという解釈をしています。

Ts-3 トレンチに比べると地層境界の凹凸が激しいので、茶色の礫質部の明確な変位は E2 に相当する部分しか見えませんが、先ほどお示ししたように、S-10 の下盤側の強度が高いことや、差別浸食の影響はおよそ 20 cm程度であることを考えると、Ts-1 トレンチにおいても Ts-3 トレンチと同様に、S-10 による <u>2 回の累積的な活動</u>があったとみるのが合理的です。

被告電源開発が青で囲った部分の構造をよく調べれば、断層活動によるものか、単に剥離したのかが明確にできる可能性もあります。活動性を否定するのであれば徹底した調査を行って結果を示すべきです。

図24



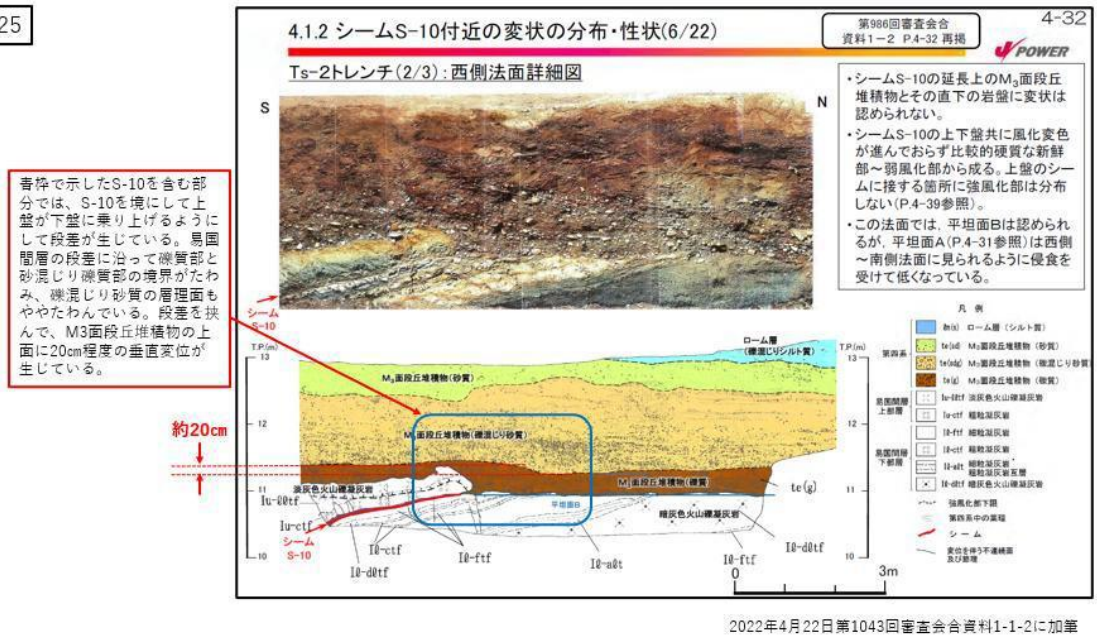
これは、被告電源開発がまとめた、地表付近で観察される S-10 を集めた資料です。

上載層が M3 面段丘堆積物の場合が 5 例、M1 面段丘堆積物の場合が 3 例の計 8 例が掲載されており、そのうちの<u>6 例が上載層に変位・変形を与えています</u>。<u>地表付近の S-10 の段丘堆積物に与える変位・変形は分布するほとんどの領域に及んでいます。</u>

一方で、Ts-2 トレンチと Ts-11 トレンチの<u>2 例</u>が変状なしとされています。

これらの 2 つの例について、変状なしという評価が妥当かどうか、念のため検討します。

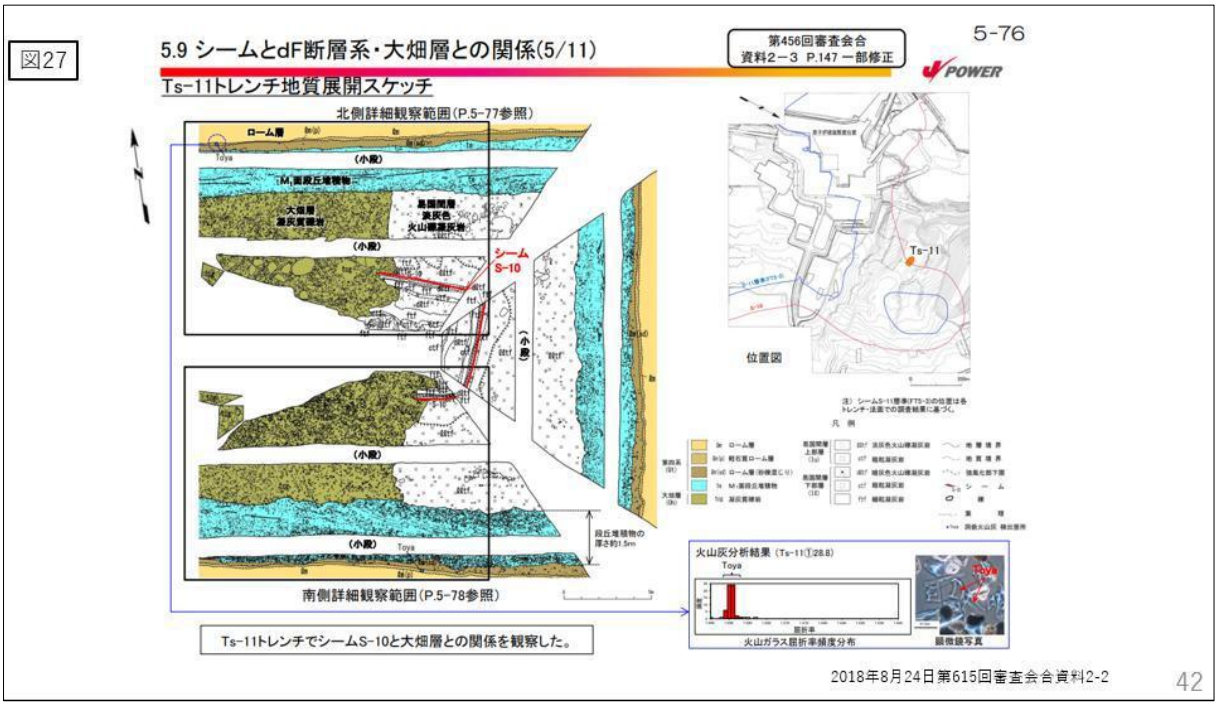
図25



まずは、Ts-2 トレンチです。

これは Ts-2 トレンチの<u>西側法面</u>ですが、波食面は、近くにある Ts-1、Ts-3 トレンチと同様に S-10 の南側が高くなっています。

ただ、基盤面の浸食が他の二つのトレンチよりも大きいので、上盤側の平坦面 A はこの範囲では不明確ですが、青枠で示した部分では、S-10 を境にして上盤が下盤に乗り上げるようにして 20 cm程度の段差が生じています。易国間層の段差に沿って礫質部と砂混じり礫質部の境界がたわみ、礫混じり砂質の層理面もややたわんでいるように見えます。このたわみは、M3 面段丘堆積物の堆積後に S-10 の逆断層の活動（Ts-1、Ts-3 トレンチで推定された 2 回のイベントのうち、後の E2 にあたるイベント）で生じた撓曲と考えられます。

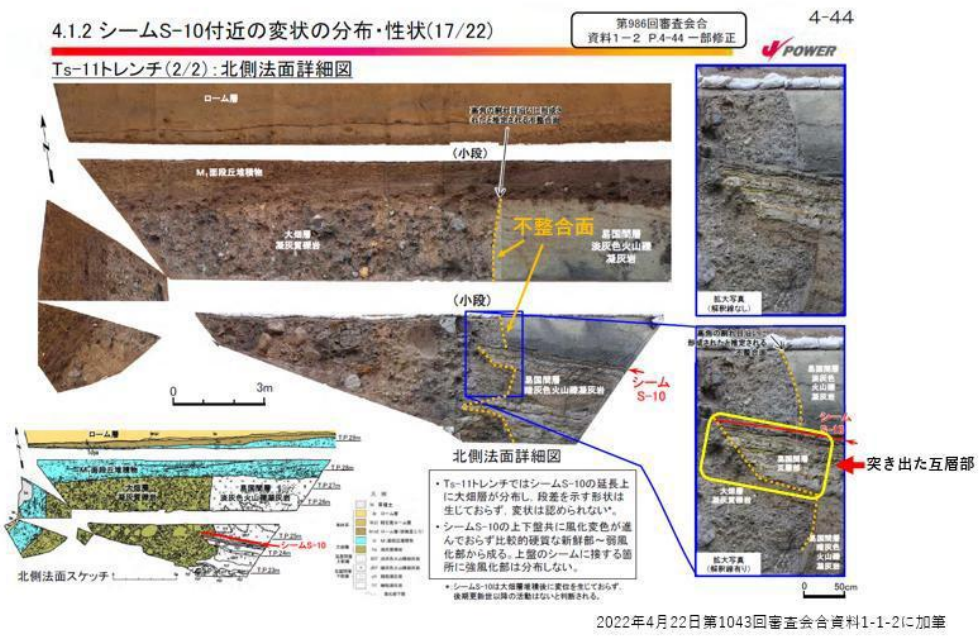


次に、Ts-11 トレンチです。Ts-11 トレンチは標高が高く、M1 面に位置します。

S-10 が易国間層と大畑層の不整合面に接する部分では、Ts-11 トレンチの南北の両壁面ともに、S-10 を含む厚さ 50 cm程度の互層の部分が、大畑層の方に 60～70 cm 程突起状に突き出ています。

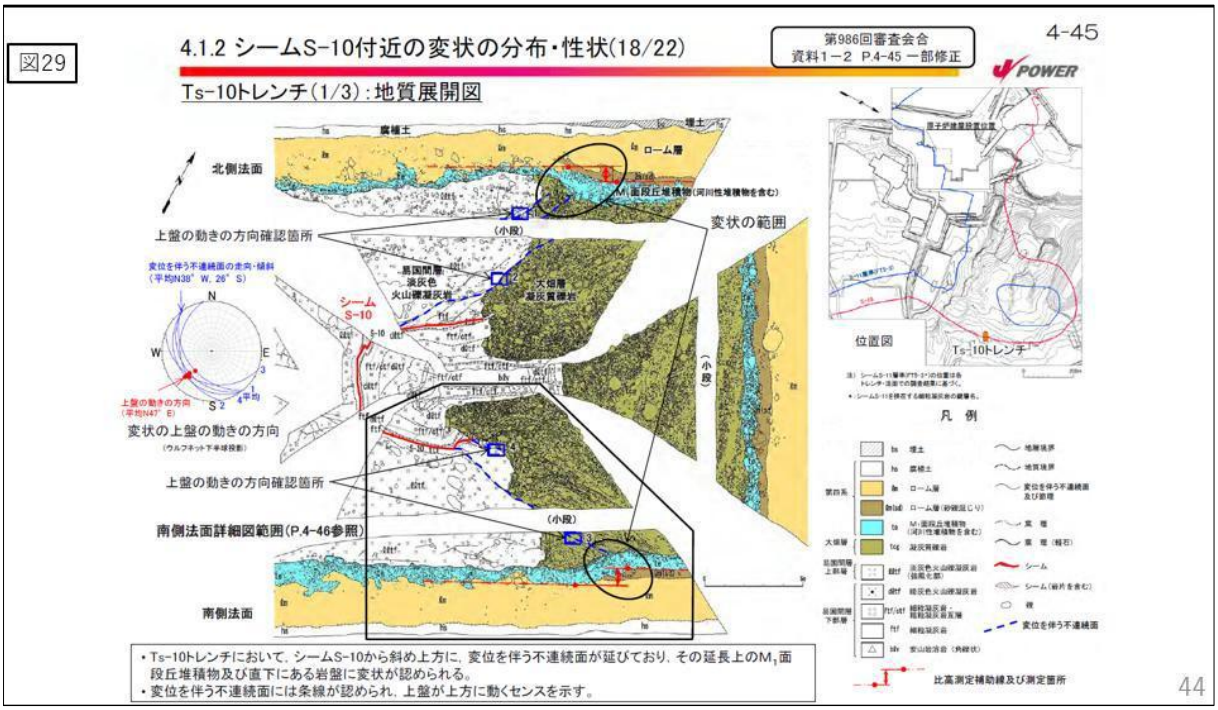
そして、M1 面段丘堆積物には、変位や変形は認められないようにも見えます。

図28



これは、先ほどの Ts-11 トレンチの北側法面を拡大したものです。

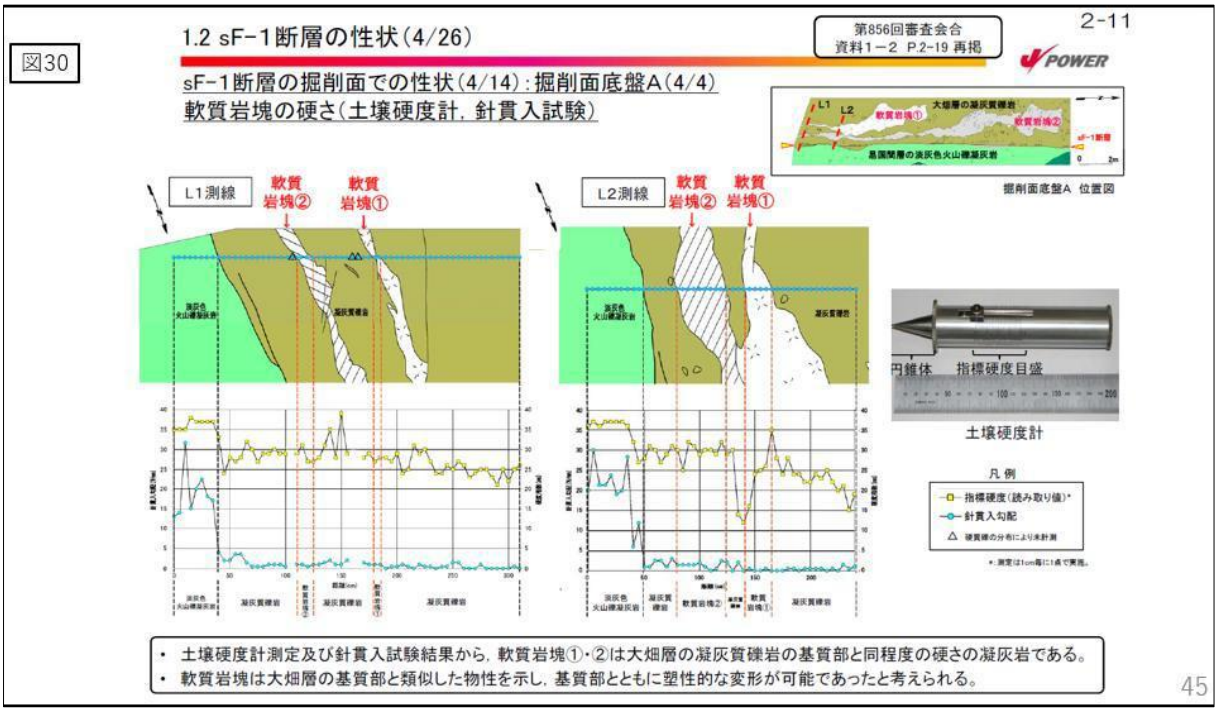
確かに、このトレンチだけを見ると Ts-11 トレンチでは S-10 は大畑層に変位や変形を与えていないかもしれません。



しかしながら、Ts-10 トレンチのように、S-10 の活動が M1 面段丘堆積物に変位・変形を与えている場合もあるということと整合的に考える必要があります。

Ts-10 トレンチでは、このように、<u>S-10 自体は大畑層によって止められても、S-10 から派生した剪断面（変位を伴う不連続面）が大畑層と易国間層の間に乗り移ったり、大畑層を貫いたりして、表層の M1 面段丘堆積物に逆断層的なセンスの変位・変形を与えている</u>様子が見られます。

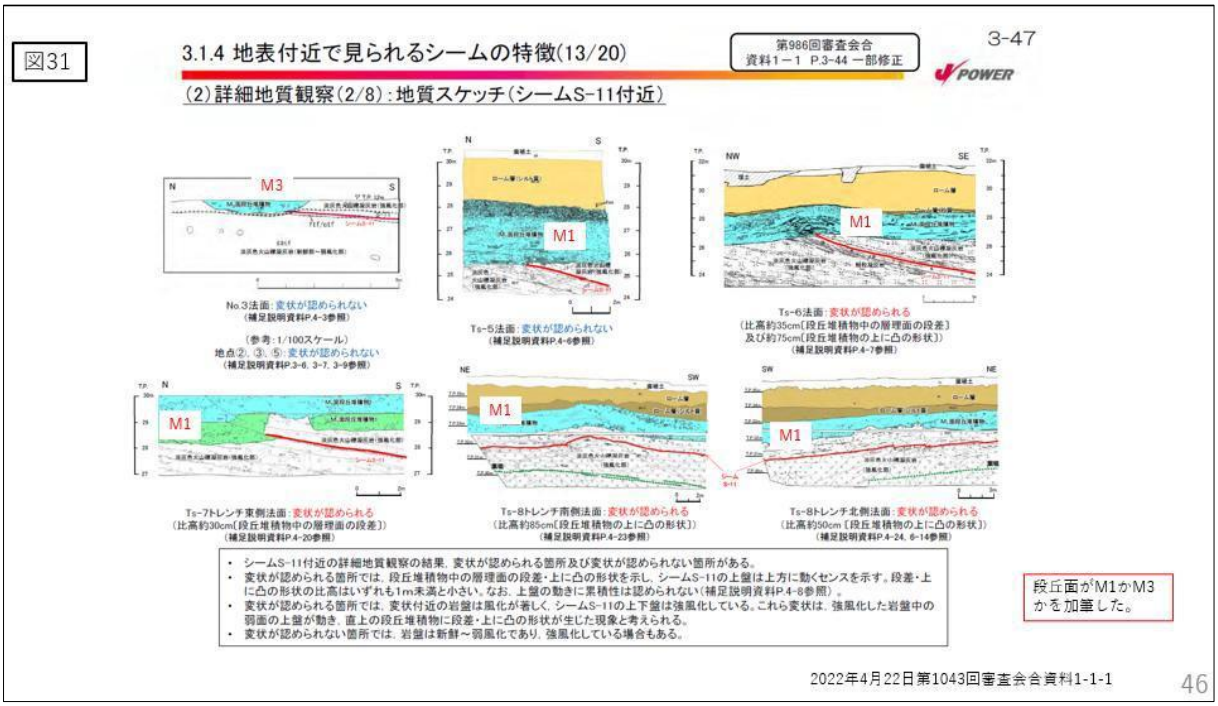
図 7、8、9、11 においても見られたように、大畑層中を断層が横切って変位を与えるケースは少なくて、易国間層との不整合面が断層になったり、大畑層の中では小さな剪断帯に分岐していくような特徴がみられます。



大畑層の礫を囲む基質の部分は、ここにある針貫入試験や土壌硬度計の測定結果を見ると、易国間層などに比べると軟岩であり、断層の割れ目などの入りにくい物性であった可能性もあります。

そのために、Ts-10 トレンチのように S-10 が易国間層と大畑層の不整合面に低角で交わる場合には、断層面が不整合面に収れんすることができますが、Ts-11 トレンチのように高角に交わると、そこで S-10 の活動は止まってしまい、続かなくなった可能性があります。

このように考えると S-10 の活動は決して局所的なものではなく、Ts-2 トレンチ、Ts-11 トレンチを含む分布する領域全体に及んでいるという考え方も十分に成り立つわけです。



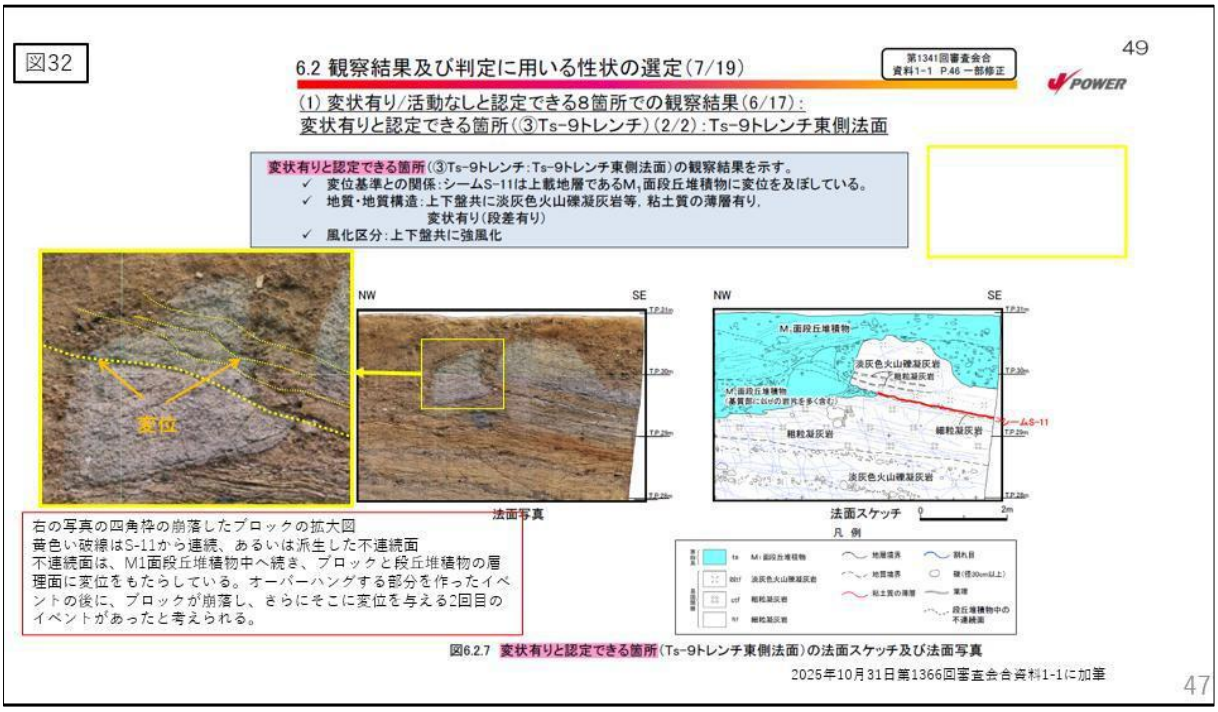
最後に<u>S-11 について</u>です。

これは地表近くで S-11 の与える影響について、被告電源開発がまとめた資料です。

６例が取り上げられていて、変状なしとされているのが、No.3 法面と Ts-5 法面の２例、変状が認められるのが、Ts-6 法面、Ts-7 トレンチ東側法面、Ts-8 トレンチの南北の２つの法面の合計４例です。

変状ありとされた４例のうち Ts-7 トレンチを除く３例は、堆積構造を残した比較的層厚の一定な M１面段丘堆積物の上にローム層が堆積していて、上載地層法の適用は可能です。

層厚が大きく変化している Ts-7 トレンチでも、M1 面段丘堆積物の上を洞爺火山灰が覆っていることが確認されていますので、上載地層法が適用できると考えられます。



まず、M1 段丘面に明瞭に変位を与えている例として、先ほどの図 31 には示されていませんが、Ts-9 トレンチ東側法面を検討します。

先ほどの図 20 や図 23 と同様に、易国間層の平坦な波食面が、S-11 によっておよそ 50 cm程度の垂直変位で北西側に乗り上げています。

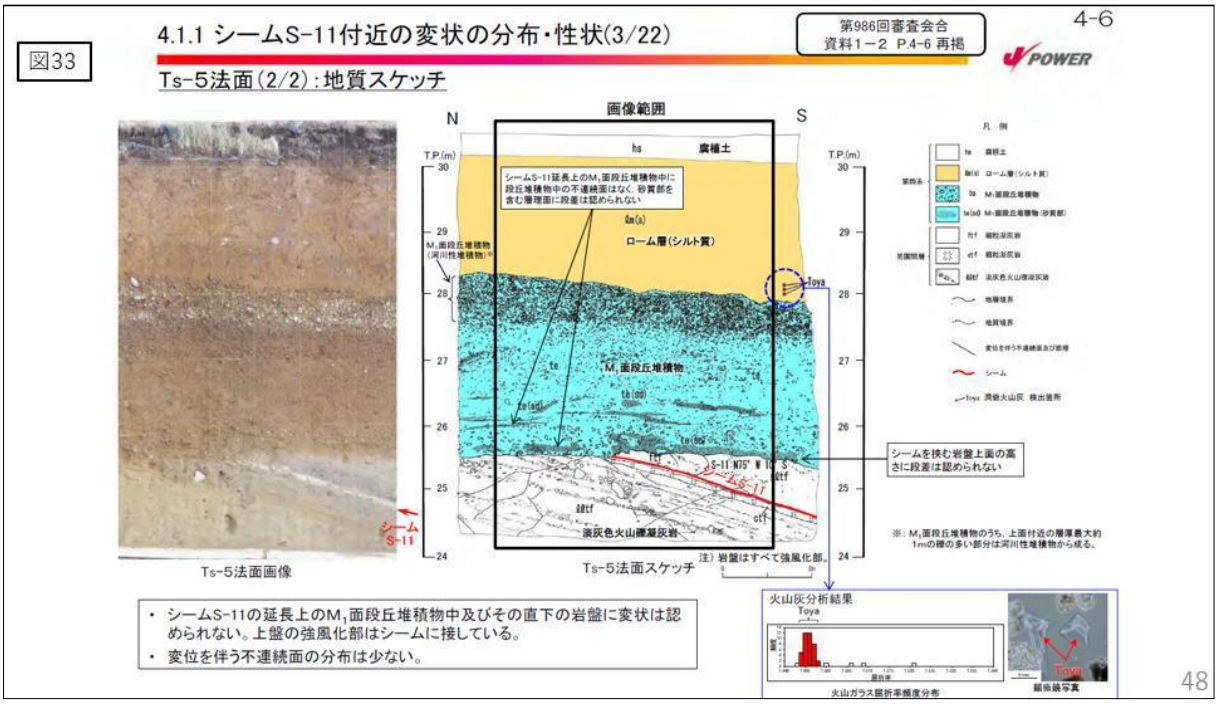
オーバーハングした凝灰岩のブロックがほぼそのまま崩れ落ちており、その隙間を M1 面段丘堆積物が埋めています。

さらに S-11 から不連続面が分岐して伸び、ブロックを貫いてさらに上位の M1 面段丘堆積物まで伸びて変位をもたらしています。崩落したブロックにも若干の変位が認められます。

波食面からオーバーハングが形成されるイベントがあって、さらに M1 面段丘堆積物堆積後、崩落したブロックと M1 面段丘堆積物に変位を与える 2 回目のイベントが起きています。

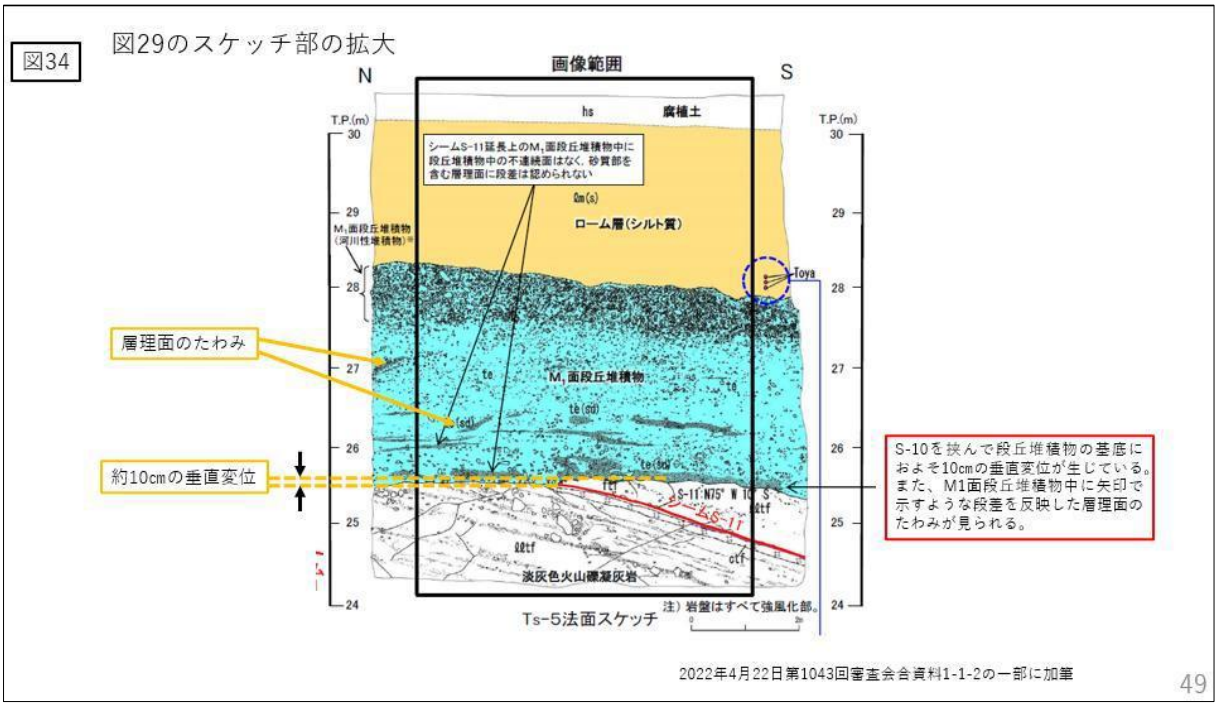
小野先生は、Ts-7 トレンチからも 2 回のイベントがあることを指摘しています。

S-11 においても複数回の断層イベントがあったと解釈するのが妥当です。



被告電源開発が変状なしとしているところは、Ts-5 法面と No.3 法面でした。

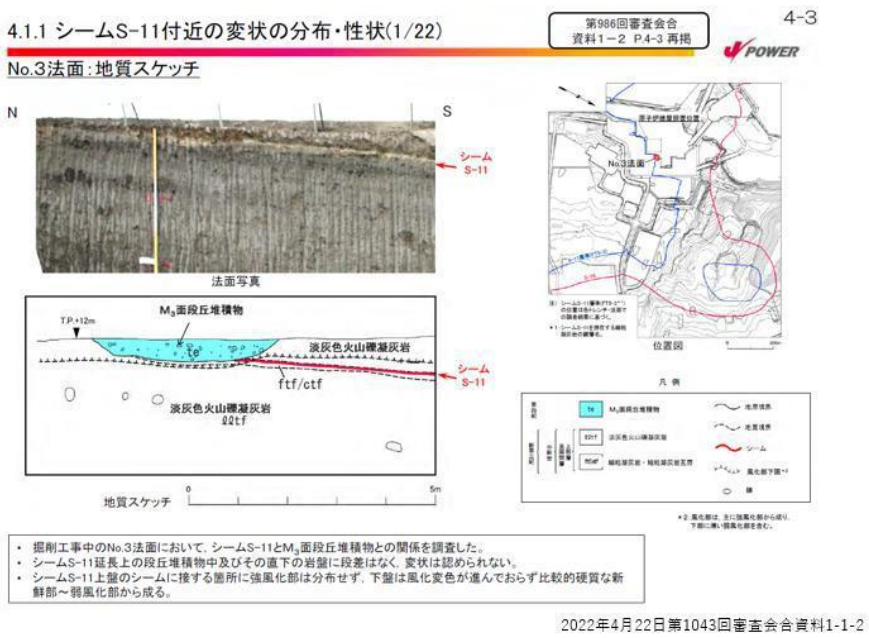
Ts-5 法面については、M1 段丘面堆積物の堆積構造は比較的よく残っていますが、



S-11 が段丘面堆積物と交わる付近で、段丘面堆積物の基底に 10 cm程度の段差があります。スケッチの層理を見ると、M1 面段丘面堆積物は若干撓曲しているようにも見えます。

Ts-5 法面においても、S-11 が後期更新世以降に活動している可能性が考えられます。

図35



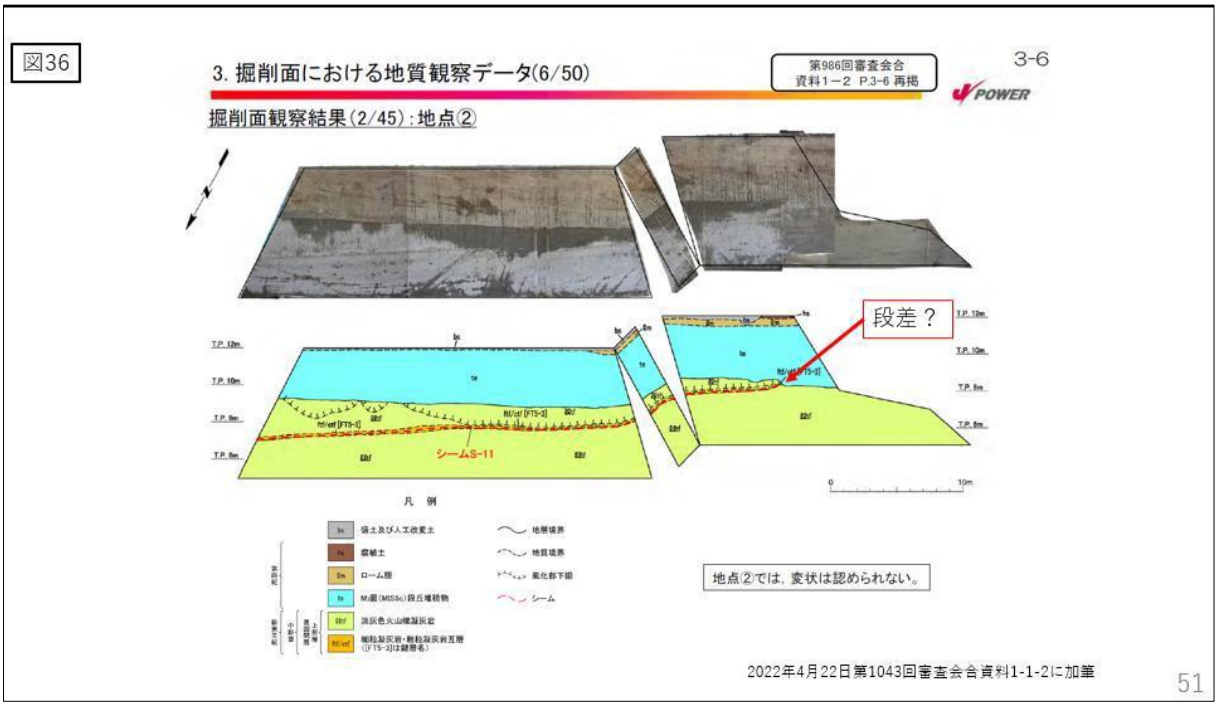
No.3 法面については、ここに示すように、M3 面段丘堆積物の堆積構造が明確ではありません。なおかつ、易国間層を溝状に削り込んで堆積しています。

写真が不鮮明なので詳細な検討はできませんが、礫を含み、構成する物質の大きさも不均一ですので、その場で堆積したものではなく、再堆積の可能性が考えられます。

No.3 法面は、図 17 に示されていたように、<u>M3 面上にはありません。</u>しかも、段丘崖の下で開析谷に面していて、土石流や斜面崩壊が発生しやすい場所であったと考えられます。

何らかの方法で、No.3 法面での M3 面段丘堆積物の形成が M3 面形成と同時代であることを検証しないと、上載地層法は適用できません。

図36

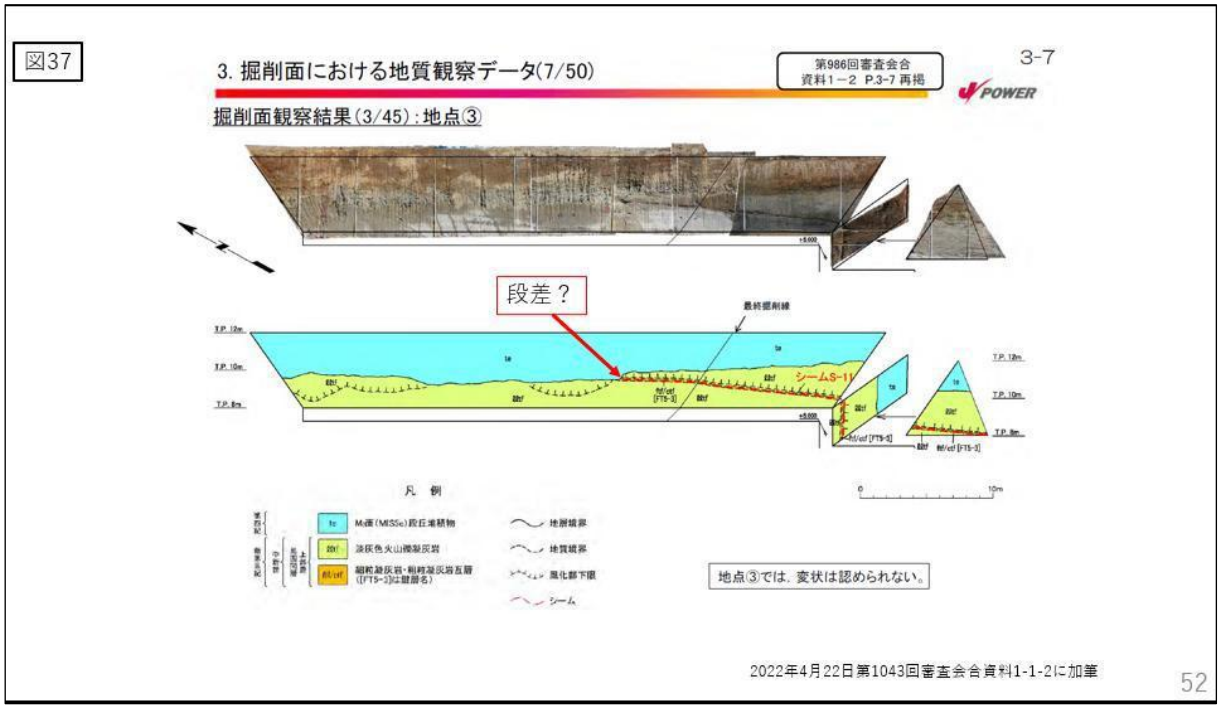


S-11 について、被告電源開発は、参考として、地点②、③、⑤についても、変状は認められないとしてますが、それらの評価も疑わしいと言わざるを得ません。

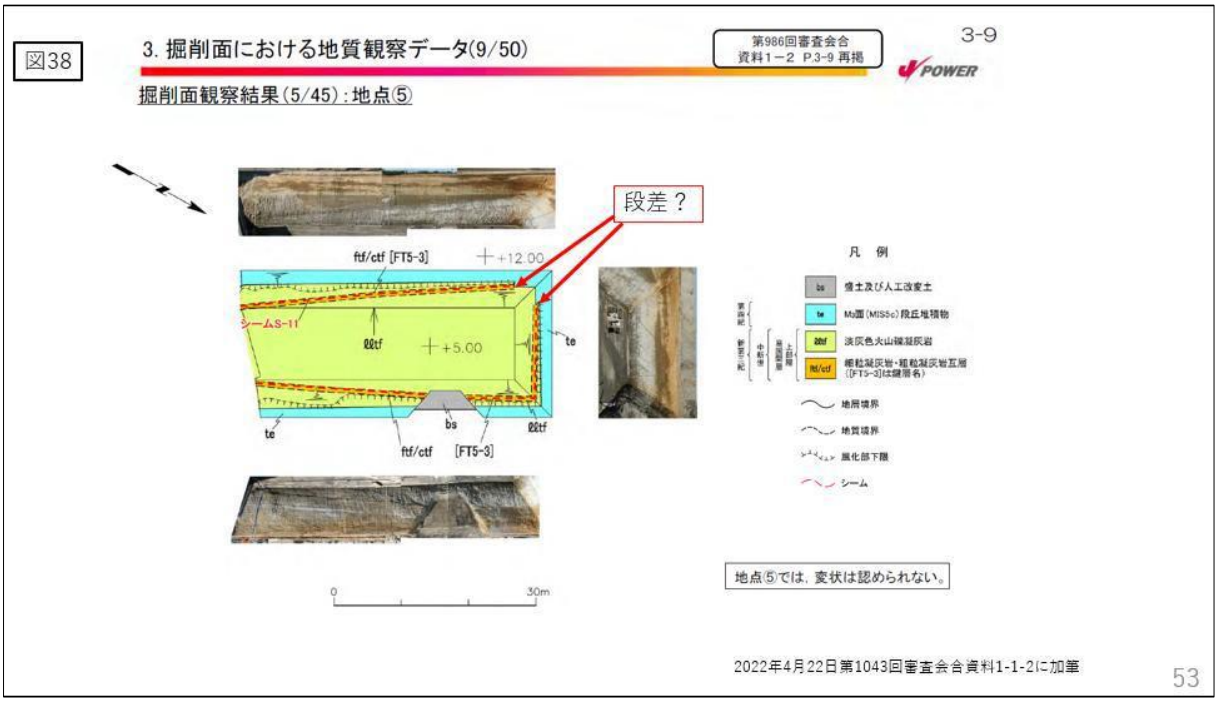
地点②、③、⑤のスケッチや写真を見ると、S-11 と易国間層上面の交わるところで、いずれも逆断層センスの段差が確認できます。これは S-11 で変状が認められるとされている地点と同じです。

まず、地点②については、ここにあるように、僅かですが S-11 によって易国間層と段丘堆積物の境界付近に段差が認められます。

図37



地点③にも S-11 のところに同様の段差が認められます。



地点⑤も同様です。

これらの地点の段丘堆積物をもっと詳細に調べなければ、各地点で S-11 が活動していないとはいえません。

敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド

将来活動する可能性のある断層等が疑われる地表付近の痕跡や累積的な地殻変動が疑われる地形については、個別の痕跡等のみにとらわれることなく、その起因となる地下深部の震源断層を想定して調査が実施されていることを確認する。
また、それらの調査結果や地形発達過程及び地質構造等を総合的に検討して評価が行われていることを確認する。
その際、地表付近の痕跡等とその起因となる地下深部の震源断層の活動時期は常に同時ではなく、走向や傾斜は必ずしも一致しないことに留意する。

54

以上述べたように、S-10 および S-11 による段丘堆積物へ与える変位・変形は局所的なものではなく、大局的に、逆断層の活動で生じた可能性が高いといえます。

被告電源開発が主張するようにシーム自体が、地震を発生させる地殻深部まで連続している可能性は低いと考えられますが、地下で地表に現れていない震源断層に連続する可能性は否定できません。S-10 や S-11 がどのように活動するのか、そのメカニズムについても検討しておくことが重要です。2000 年鳥取県西部地震や 2008 年岩手・宮城内陸地震の場合は、活断層と認識されていないところで M7 を超える大地震が発生し、地表に地震断層と考えられる亀裂や段差も出現して大きな被害が生じました。

大間地域の近傍に活断層が分布していないからといって安心することはできません。

この地質ガイドにあるように、将来活動する可能性のある断層等が疑われる地表付近の痕跡や累積的な地殻変動が疑われる地形については、個別の痕跡等のみにとらわれることなく、その起因となる地下深部の震源断層が想定される必要があります。地表付近の痕跡等と、地下の震源断層は、走行や傾斜は必ずしも一致しません。現状の被告電源開発の評価は、このガイドの規定に則ったものになっていません。

以上