

平成24年(ワ)第3671号外 大飯原子力発電所運転差止等請求事件
原告 竹本 修三 外
被告 国 外1名

原告第101準備書面

2023年6月1日更新弁論

関電の基準地震動の問題点—地盤特性について—
(参照、前回更新弁論時の原告第76準備書面)

2023年(令和5年)6月1日

京都地方裁判所 第6民事部合議はB係 御中

原告ら訴訟代理人

弁護士 出口 治 男

同 渡 辺 輝 人

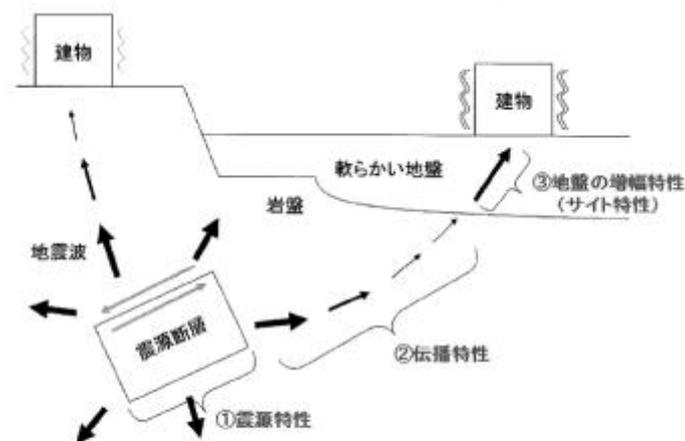
外

1 はじめに

原告らは、10年足らずの間に基準地震動超えの地震が5回も起きており（甲91、福井地裁樋口判決、H17～26）、その原因は、基準地震動が地震の平均像を基に策定されていることにありと指摘した（原告第16準備書面 p4、p34～）。これに対して被告関電は、基準地震動が平均像を基に策定されていることを認めた上で、本件原発の地域特性は平均像を超える地震動は起きる心配がないと主張する（被告準備書面（3） p153～）。

基準地震動は「極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがあると想定することが適切な地震動」である（丙14「耐震設計審査指針」）。原発施設は、基準地震動に耐えられるように設計建設される。

その基準地震動は、震源特性・伝播特性・サイト特性を検討して策定される。いずれも、基準地震動が「極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがあると想定することが適切な地震動」であることを前提に検討しなければならない。



【図表6 地震動に影響を与える特性の模式図】

被告関電準備書面（3）16頁

- ①震源特性 震源の規模（震源断層の長さ・幅）、震源断層の位置・傾き、放出される地震波の強さ、
- ②伝播特性 震源から敷地までの距離、伝播経路における減衰の大きさ、
- ③サイト特性 敷地（サイト）の地盤における地震波の増幅特性（速度分布、密度分布、減衰特性の分布で決まる、「速度」×「密度」＝「インピーダンス」、振幅はインピーダンスに逆比例する、密度と速度の小さい表層では振幅が増大し、減衰定数hの大きい層では振幅減衰する）

以下に述べるとおり、被告関電は、本件原発の地域特性、即ち、震源特性、伝播特性、サイト（地盤）特性のいずれをも、地震動が小さくなる方向に評価して、

基準地震動を策定している。本件原発の地域特性は、平均像を超える地震動を起こさないとは到底言えず、基準地震動は過小に評価されている。

2 震源特性

震源特性で重要になる地震規模は、各種パラメータ（断層長さ・面積・上端下端深さ・傾き・強震動生成域の大きさや位置等）と地震規模の関係を示すスケールリング則を用いて想定しているところ、被告関電はそのスケールリング測として入倉・三宅式を用いている。入倉・三宅式は、「経験式」と呼ばれるもので、過去に実際に起きた地震の複数の観測データから回帰分析によって導かれた「平均像」を示すものである。地震調査研究推進本部は、「誰がやっても同じ答えが得られる標準的な方法論」である「レシピ」（震源断層を特定した地震の強震動予測手法）として、入倉・三宅式を採用しているが、レシピは「最もあり得る地震と強震動を評価するための方法」として提案されているものである。「極めてまれではあるが発生する可能性のある地震」の検討にあたって「最もあり得る地震」を求める手法を借用していることに留意が必要である。

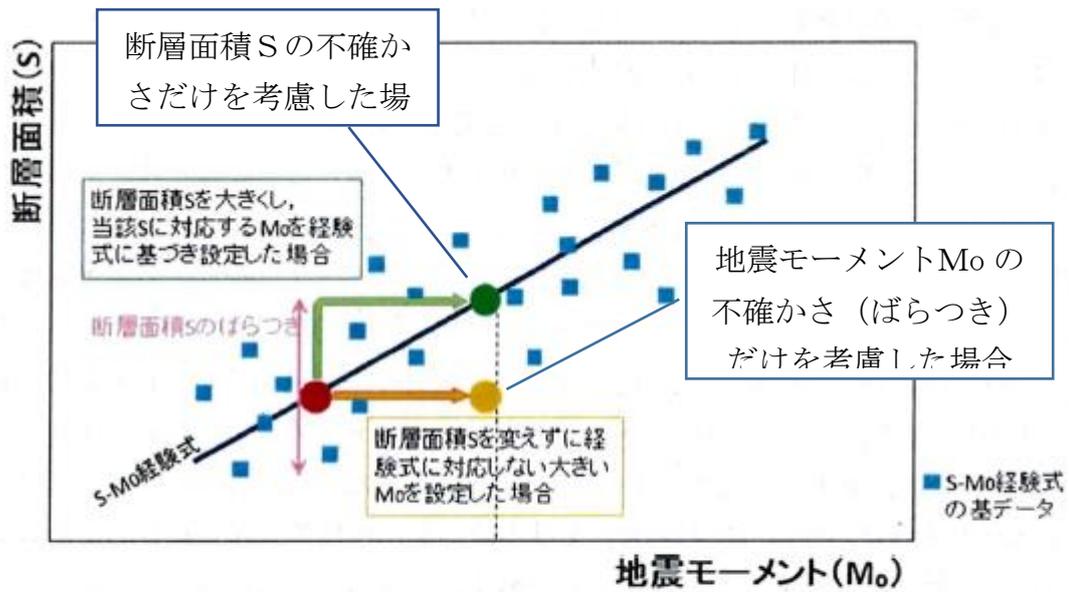
(1) 入倉・三宅式を使って基準地震動を策定する場合、「不確かさ」と「ばらつき」の考慮が必要（原告第16準備書面、同98準備書面第2項）。

ア 入倉・三宅式（レシピ、経験式）は、実際に起きた過去の地震の複数の観測データ（断層面積と地震規模のデータセット）から回帰分析によって導かれた断層面積と地震規模の関係を示す式であり、平均像である。過去に実際に起きた地震の観測データは「平均像」のまわりに「ばらつき」をもって存在する。同様に、将来起きる地震にも「ばらつき」があり、「平均像」より小さい場合も大きい場合もある。

イ 将来起きるかもしれない地震の規模を、入倉・三宅式で想定する場合、式に入力する断層面積は「想定」断層面積であり、そこに「不確かさ」を伴う。

ウ 以上、将来起きるかもしれない地震の断層面積を「想定」することに伴う「不確かさ」と「平均像」からの「ばらつき」の両方を考慮することが必要である。

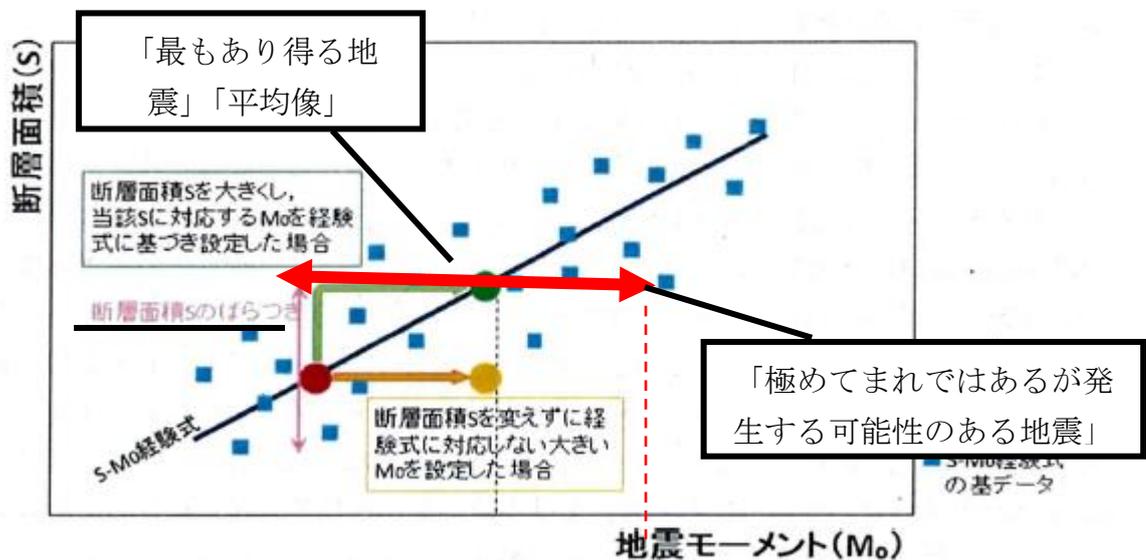
(2) 被告関電は、『ばらつき』については「不確かさ」の考慮によって対応すればよく、「不確かさ」を考慮すればそれとは別に「ばらつき」の考慮は必要ないと主張している（被告関電準備書面（33）7～9頁、川瀬博意見書 丙407）。



緑色矢印のルートでも、オレンジ色矢印のルートでも、設定されるMoは大きくなり、同等のMoを設定し得る

図3 地震モーメントー断層面積関係で不確かさ(ばらつき)を評価する際の考え

ア しかし、経験式は「最もあり得る地震」を明らかにするツールであるが、基準地震動は「最もあり得る地震」ではなく「極めてまれではあるが発生する可能性のある地震」の地震動でなければならないから、この点を別途考慮する必要がある。被告関電及び川瀬意見書はこの点を看過しており失当である。

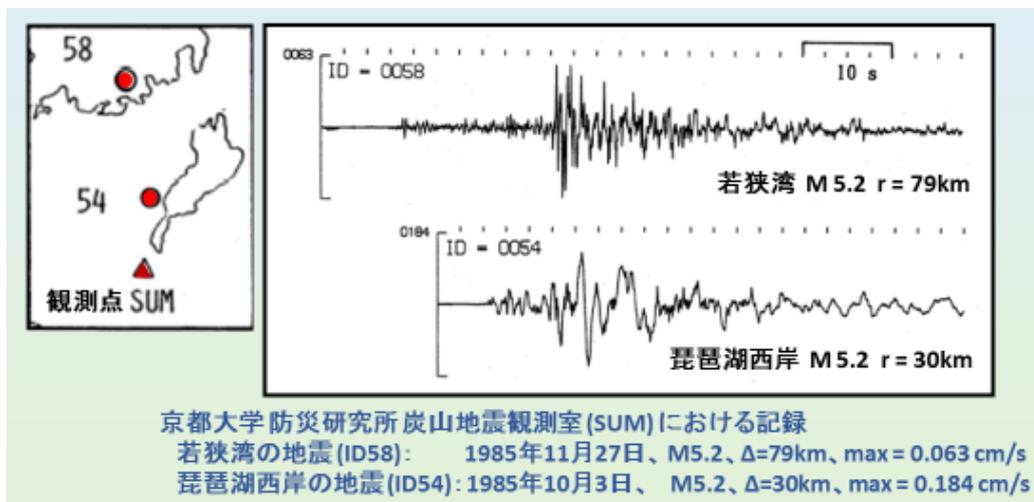


イ 他方、被告関電は、パラメータを保守的に設定しているから、地震モーメント M_o のばらつきも考慮できているとも主張し(被告関電準備書面(13))

166頁～、同(16)108頁、入倉孝次郎意見書(丙408)、本来連続しない「FO-A」「FO-B」と「熊川断層」を連続するとしたことで断層面積を約1.9倍に、短周期レベルを1.5倍に「保守的」に設定しており、重ねて地震規模 M_0 の「ばらつき」を考慮する必要はないとも述べる(6、11頁)。しかし、FO-A～FO-B～熊川断層については、被告関電は頑なに連続しないと主張していたのに対して、規制委員会が「連続破壊を否定することは難しい」と判断したため(丙408 5頁)、連続するものとされたのである。「保守的」と評することは許されない。

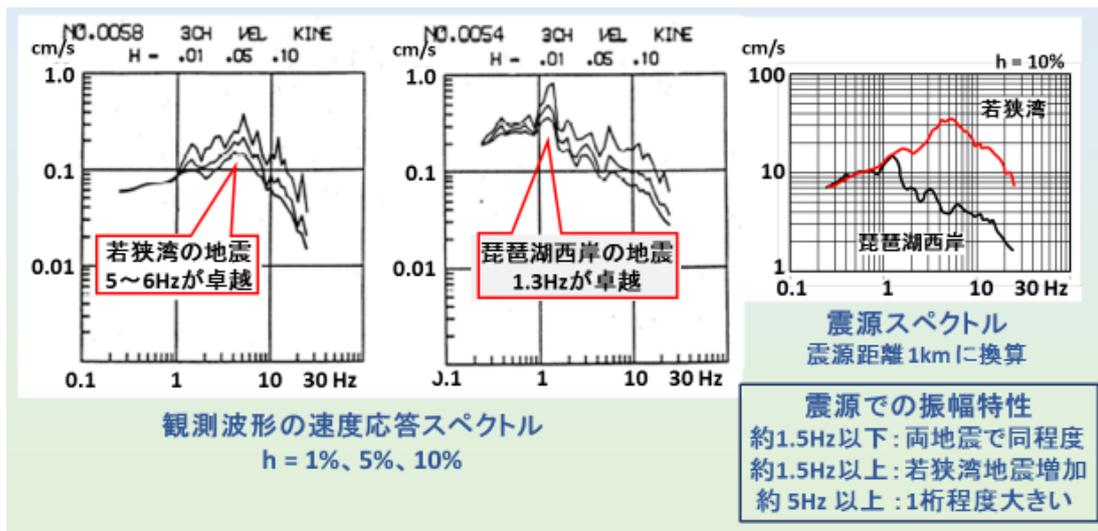
(3) 若狭湾地域に発生する地震の震源特性の地域性(原告第16準備書面p34～、甲234)

次図は京都府宇治市内の京都大学防災研究所炭山地震観測室(▲)で観測された若狭湾の地震(●ID58)および琵琶湖西岸の地震(●ID54)の記録波形である。地震のマグニチュードは5.2と同じで震央距離は若狭湾地震が79km、琵琶湖西岸地震が30kmであり、若狭湾地震の方が2.5倍も遠い。遠い地震は伝播経路における減衰の影響で高周波成分が低減するはずである。しかし、観測波形は若狭湾地震の方が高周波成分が卓越している。



次の左図と中図は、それぞれ観測波形の応答スペクトルである。若狭湾地震は5～6Hzが卓越し、琵琶湖西岸地震は1.3Hzが卓越している。そして、右図は、距離による減衰量を補正した震源スペクトルである。震源での振幅特性は、約1.5Hz以下の周波数域では同程度であるが、1.5Hz以上では若狭湾地震の方が振幅が大きく、約5Hz以上では1桁程度大きい。

若狭湾周辺域に発生する地震は、他地域の地震に比べ、震源特性として高周波成分が卓越するとの地域性が示唆される。



3 サイト（地盤）特性（原告第35準備書面、同37、44、56、67、69、76、86、87、89、91、93、97）

(1) はじめに

伝播特性は省略し、次にサイト特性について述べる。

サイト特性とは、地震波の地盤による増幅特性のことであり、地盤の速度分布、密度分布、減衰特性の分布とで決まる。「速度」×「密度」を「インピーダンス」と称し、振幅は「インピーダンスの比」に逆比例して増減する。従って、密度と速度の小さい表層では振幅が増大し、さらに、地層内の多重反射によって特定の周波数で大きく増幅する。これとは逆に、減衰定数 h の大きい層では振幅は減衰する。また、不均質で不整形な地盤では、異常震動が生じる危険性がある。関電は、地盤を均質で堅固な地盤であるとしてサイト特性を評価している。

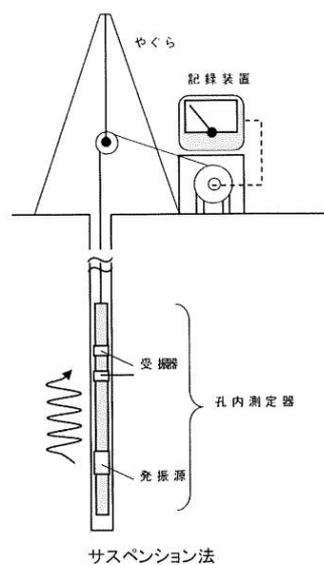
被告関電の地盤調査データに拠り、同調査データの評価が間違っていることを、以下、指摘する。

(2) P S 検層

ボーリング孔内に発振器と受振器を吊し、発振器から弾性波を発振し、受振機で受振するまでの時間から速度を測定し、深さ毎の速度構造を調べる方法である。

被告関電は、P S 検層結果から、「ごく表層部においては風化の影響等により、ややばらつきが見られるものの、ほぼ均質な地盤と考えられる」と言う。

しかし、被告関電調査データに拠ると、浅部（標高-60mまで）のS波速度は西側から東側に向けて低下しており、深部（標高-30~-70mと-100m以下）に低速度層が分布して逆転層が存在する。



被告関電準備書面 (27) p 24

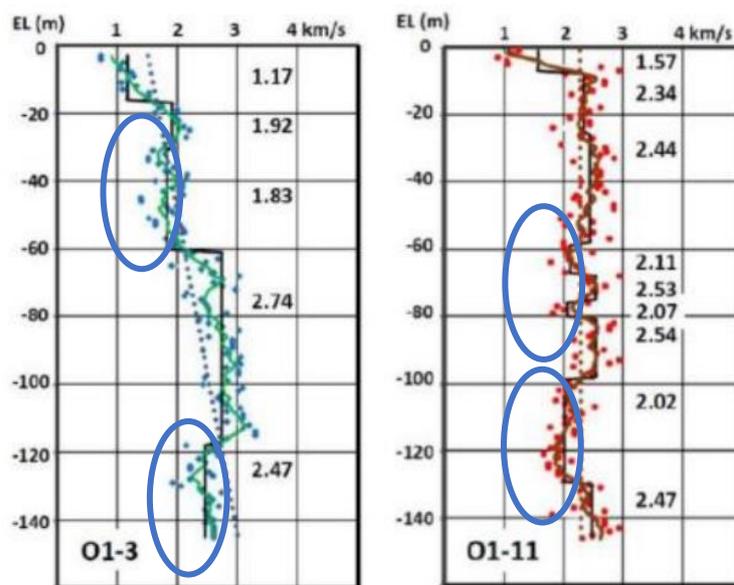


図 19. PS 検層による S 波速度分布. 緑、赤の点 : 測定実測値で 1m 間隔.
点線 : 全体の傾向、黒折れ線 : 全体の傾向より速度の大きい (小さい) 区間.

原告ら第 87 準備書面 p 8

(3) 試掘坑弾性波探査

試掘坑弾性波探査は、原発敷地に縦横に掘られた試掘坑 (横穴) 内に受信機を並べて、試掘坑内で発した弾性波の到達時間から速度構造を調査する手法である。

浅部の速度構造に関する調査

第21回審査会
資料再掲

9

敷地内での試掘坑弾性波探査より、解放基盤のP波速度を4.3km/s、
S波速度を2.2km/sと評価した。

大阪3.4号機設置許可
申請書より



試掘坑沿いのP波とS波の速度分布

赤丸: $V_s = 1.3, 1.5, 1.8 \text{ km/s}$ の低速度区間

赤丸区間は3号炉側に多い (Z-A24、9頁の図に加筆)

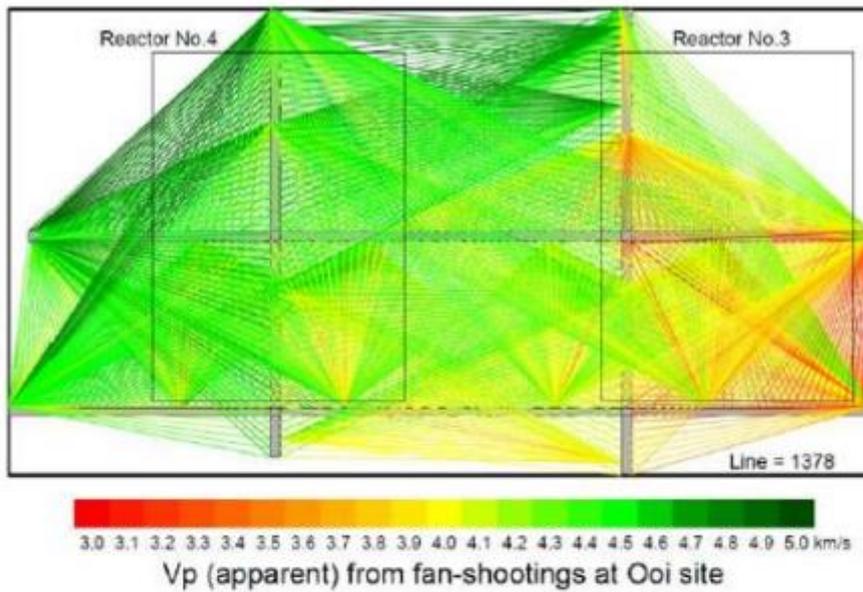


図 7. 試掘坑坑間弾性波探査の速度値による波線の彩色表示.

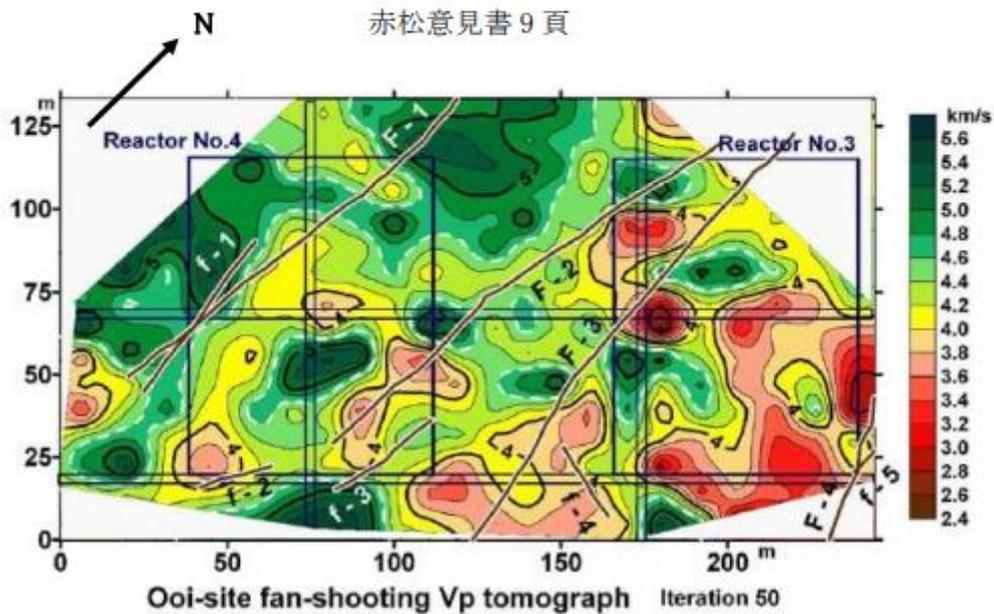


図 9. ファン・シューティングのトモグラフィ解析結果.

赤松意見書 10 頁

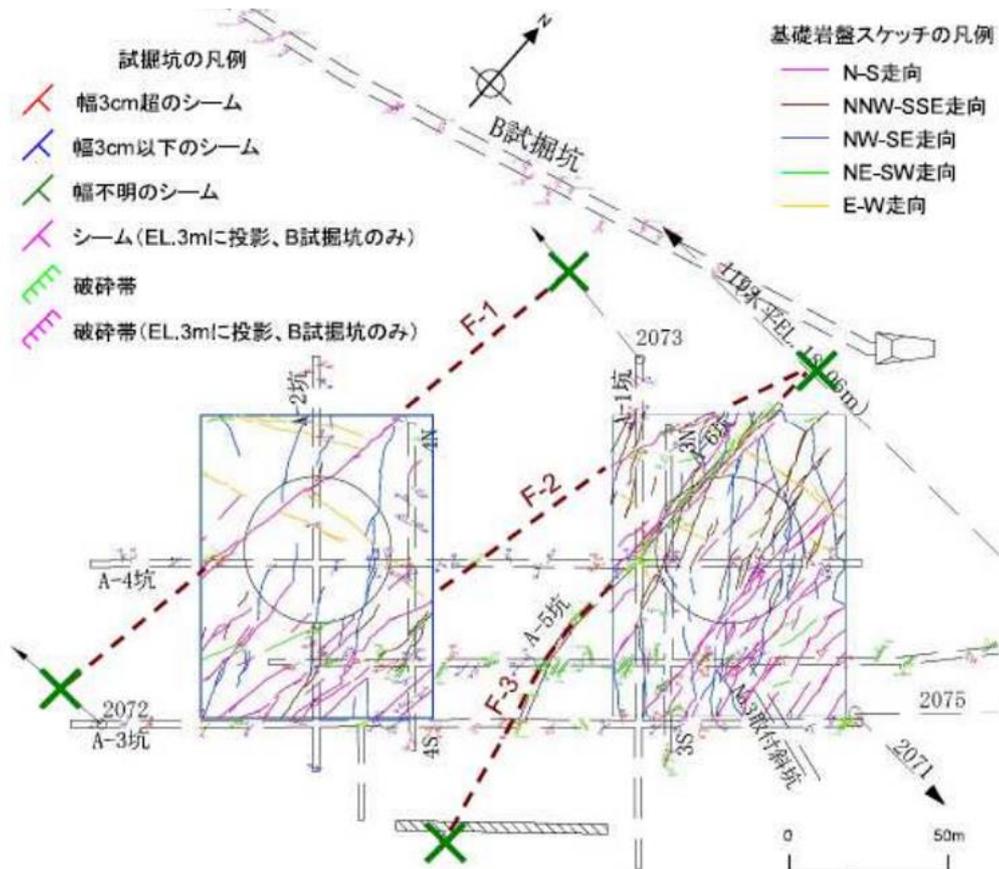
被告関電は、解放基盤面¹の P 波速度は 4.3km/s、S 波速度は 2.2km/s であり（乙 A 2 4、9～10 頁）、方向によって速度に特徴はない（異方性はない）と言う。しかし、被告関電調査データに拠ると、P 波速度は 4 号炉敷地西端 5.0km/s か

¹ 基準地震動を策定する面、本件原発建屋は基準地震動上に設置されているとされている。

ら3号炉東端3.0km/sに系統的に低下しており、しかも、速度の低下が次節(4)に述べる断層破碎帯・シームの分布に依存している(赤松意見書(甲603))。

(4) 断層破碎帯・シーム

断層破碎帯とシーム(規模の小さい破碎帯・亀裂)が4号炉から3号炉に向けて顕著に増加している。



(5) 岩級区分

被告関電が実施した地質調査結果によると、本件原発敷地の岩盤はCH級と、せん断強度がCH級の6~8割程度で脆弱なCM級で構成されている。その割合は下図のとおりであり、西から東に向けてCM級の割合が増えており、その西から東への増加傾向は、原子炉設置面付近だけでなく深さ150mにまで及んでいる。

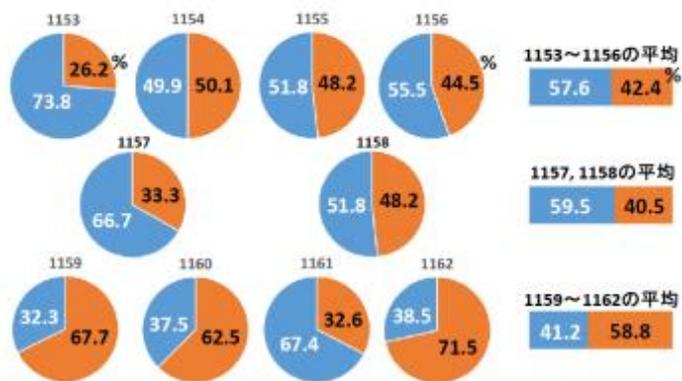


図 12-1. 標高 0 ～ -50m における岩級分布 (岩級ごとの厚さの合計の比率)。

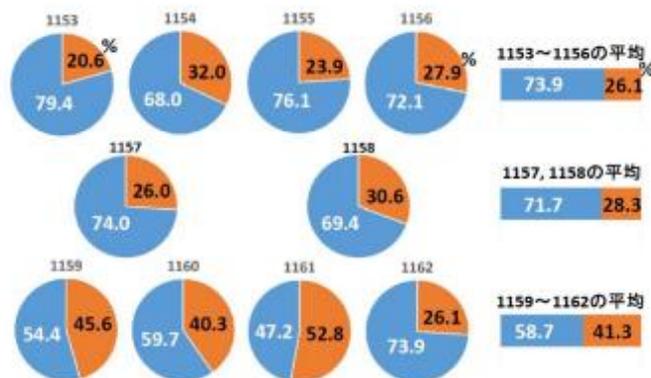


図 12-2. 標高 -50 ～ -150m における岩級分布 (岩級ごとの厚さの合計の比率)。

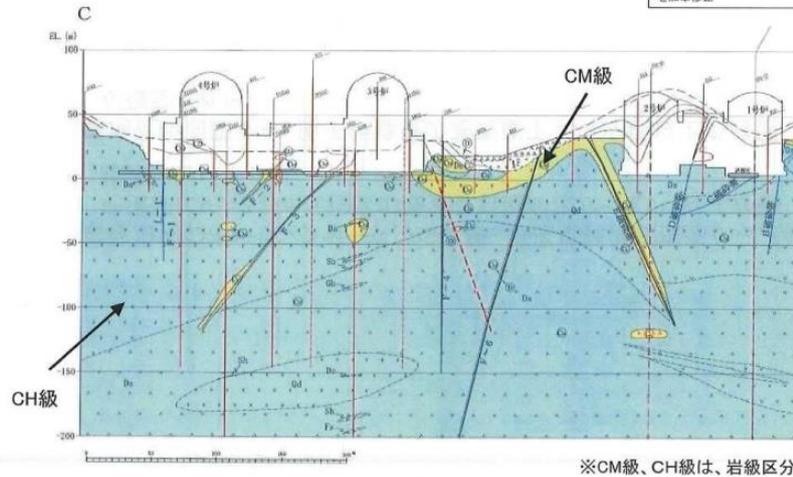


甲 6 0 3 p 1 2

CH級とCM級の割合が上記のとおりであるのに、被告関電は、大部分がCH級であるとの下記の地質断面図を作成して規制委員会に提出している。

■原子炉建屋基礎岩盤については、CM級以上の岩盤が基礎直下より確認されている。

大飯発電所敷地内破碎帯の調査に関する
有限会社 第5回資料「大飯・現調6-1」
を加筆修正

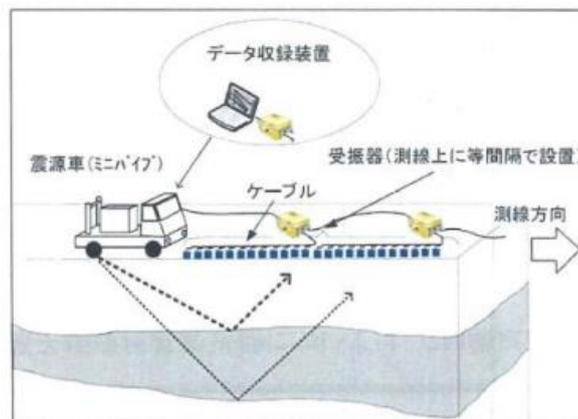


3. 4号機直下の地質断面図

以上、本件原発敷地は西から東に向けて速度が系統的に低下しており、その系統的速度低下は、破碎帯・シームが西から東に向けて系統的に増加していること及びせん断強度の脆弱なCM級岩盤の割合が西から東に向けて系統的に増加していることが原因であると考えられる。

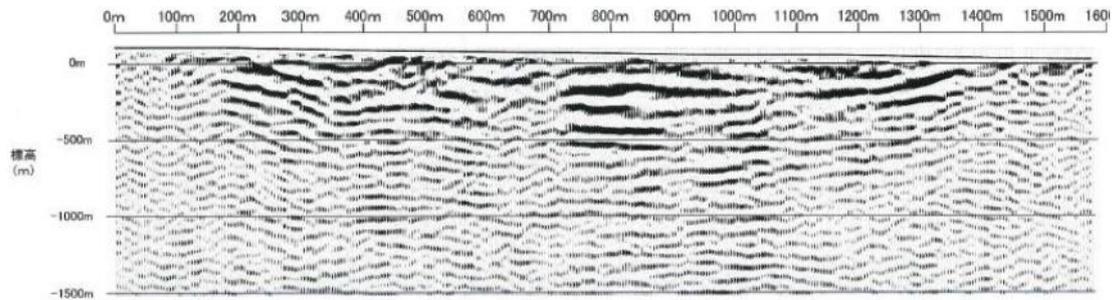
(6) 反射法地震探査

反射法地震探査は、震源車が一定の間隔で起震し反射波を測定して地下構造を探査する方法である。石油探査のために開発実用され、医療での超音波エコー検査に応用活用されている。



反射法地震探査の概念図

下記は被告関電が実施した同調査による反射断面図であり、被告関電は「500m位まで反射面が確認され、その範囲内では特異な構造は認められていない」と言う。



丙28号証 17

しかし、上記反射断面図には、反射波列が歪り、連続せず何か所かで破断し、回折波という特異な波列が見られる。「特異な構造はみられない」とは、到底、言うことができない。

2.1 地下構造の調査(反射法地震探査)

17

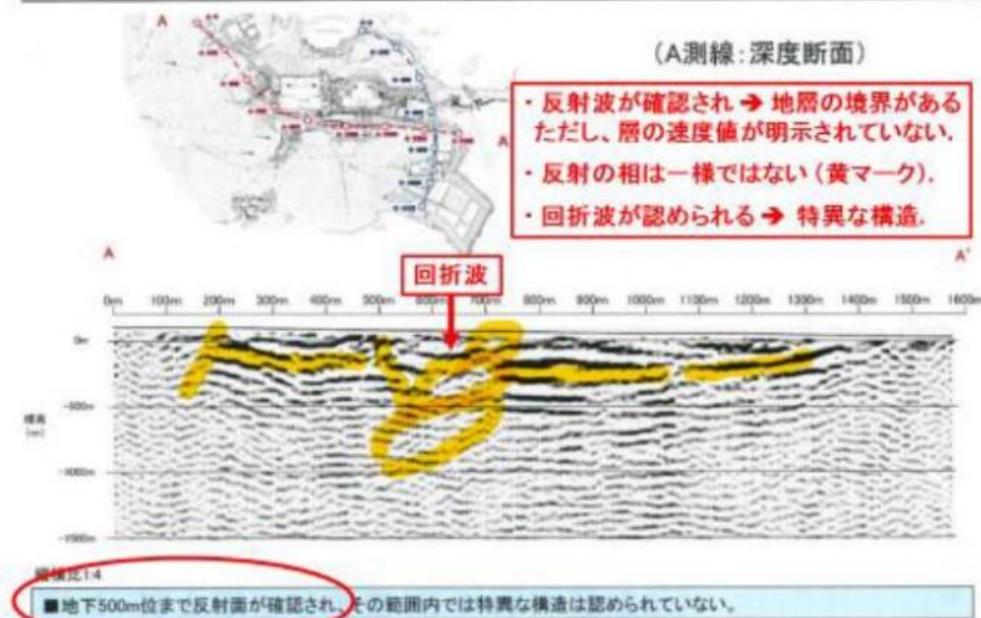


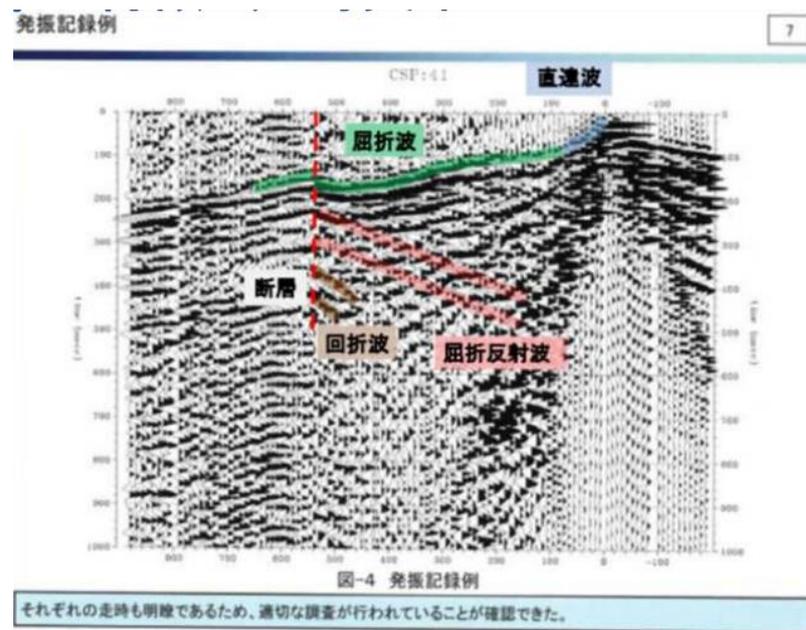
図3. 反射法地震探査による深度断面(丙28号証17ページを引用、加筆).
反射面が確認されていると記しているが、反射を生起した層構造には言及していない。
回折波が認められ、地下で速度や密度が変化していることが示唆される。

甲357号証 10頁

※物理探査学会元理事田村八洲夫氏と同元会長の芦田譲京大名誉教授による

被告関電は、2020年に反射法地震探査とオフセットVSP探査を追加実施した。下図はその発振記録の例である。屈折波の食い違い、反射屈折波、回折波が記録されており、典型的な断層構造であり、断層の落差は60~80mに及んでいる。

被告関電は、この発振記録について「それぞれの走時も明瞭であるため、適切な調査が行われたことが確認できた」としかコメントしていない。



下記図23の上図はトモグラフィー解析結果であり、原子炉の位置を付記したものである。被告関電は、これについても「多少の高低差はあるものの、表層から50m程度で $V_p=4.0$ km/s以上の速度が確認できた」としかコメントしていない。

しかし、 $V_p=4.6$ km/sの基盤岩の沈降は50mの深さに及んでおり、甲596図4のとおり波線集中を生じさせる形状を形成している（同下図）。

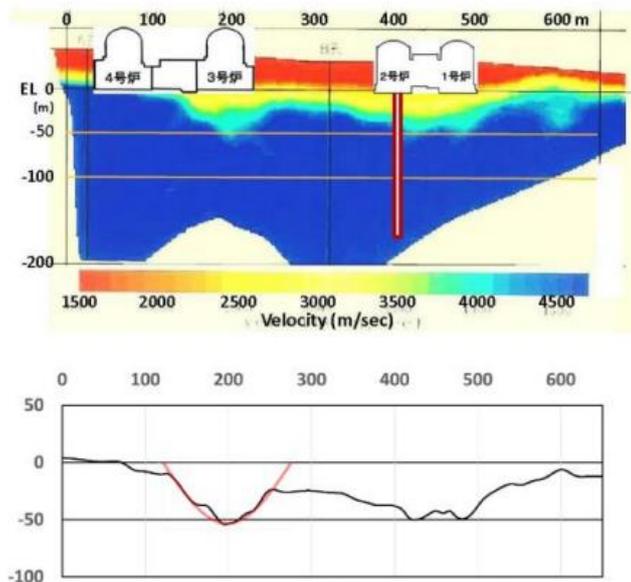
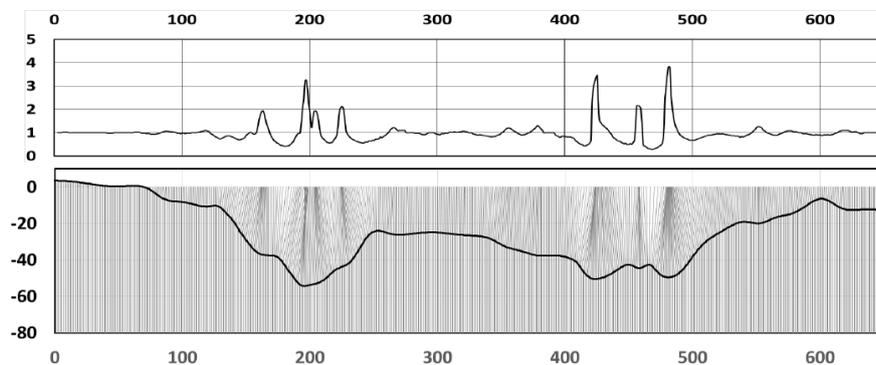


図 23. 上図 トモグラフィー解析による速度断面と O1-3 孔 (400m 付近) の位置.
[8], 8 頁に加筆.

下図 黒線：基盤の沈降プロファイル
赤線：註 1 の不整形地盤モデル (model B 半余弦)

原告第 8 7 準備書面 p 1 7



鉛直入射の場合の波線の屈折 (下図) と波線の集中度 (上図)

甲 5 9 6、p. 4 (図 4)

(7) 被告の主張 (寸法効果)

原告は、上記のとおり被告関電の調査はいずれも原子炉直下で西から東に速度が低下し、地震波を集中させる低速度層の落ち込みが形成されており、深部に低速度層の挟在が認められ、到底、深くなるほどに速度が増加する成層水平構造とは言えず、平均像で基準地震動を策定することに問題ない地域特性とは言えないことを明らかにした。

これに対して、被告関電は、原告指摘の低速度層や落ち込みの存在自体を否定

することができず、ただそれらがとるに足りない程に小さく基準地震動評価に影響を与えないと主張している（寸法効果と呼んでいる）。S波速度が2200m/sでは、10Hzの波長が220mあり規模の小さい不均質は無視できるという。

しかし、上記PS検層結果は、平均的速度から3割も速度が落ち込んだ低速度層が数十メートルにわたって続いていることを示しており、「小さなスケール」、「寸法効果」と言って無視できるものでない。

しかも、関電はVs2.2km/sによって主張しているが、「寸法効果」は表層または地中に挟在する地層の物性に依拠するので、PS検層などで測定されたS波速度に拠って考える必要がある。さらに、基準地震動は0.1～50Hzの周波数域で評価される上、表層での多重反射は1/4波長則で近似される周波数で発生する。すなわち、層の厚さが波長の1/4の場合、逆に言うと層の厚さの4倍の波長の波は多重反射によって大きく増幅される（周波数で表すと、 $[\text{ピーク周波数}] = [\text{速度}] / [4 \times \text{層厚}]$ ）。

従って、例えば前述の「(2) PS検層」のO1-3孔のように、地表層にVs=1.2km/s、厚さ15mが想定される場合、20Hzの波が、またO1-11孔のようにVs=1.6km/s、厚さ8mであれば、50Hzの波が、多重反射を起こして大きく増幅される。しかも、その周波数をピークを中心として、周囲に幅の広い増幅域が形成される。

また実際、被告関電が無視して切り捨てた低速度層データを復元して計算した増幅率は、図20のとおりであり（厚さ1m毎にPS検層データを復元して増幅率を計算した）、低速度層のデータを無視して切り捨てた関電の増幅率より、図21のとおり、8Hzで関電モデルの1.7倍、20Hzで2.5倍の増幅率となる（原告ら第87準備書面）。

被告関電の「寸法効果」の主張は、具体的データに基づかない定性的主張に終始している。

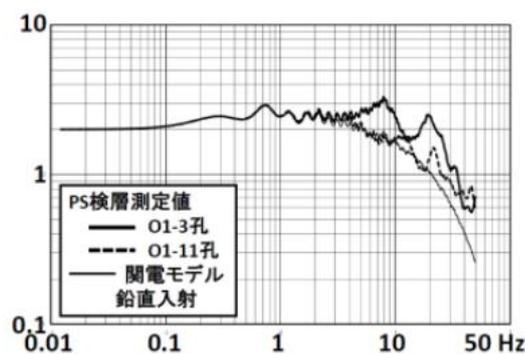


図 20. 関電地盤モデルの上部を PS 検層結果の速度層で置き換えたモデルの震動特性.

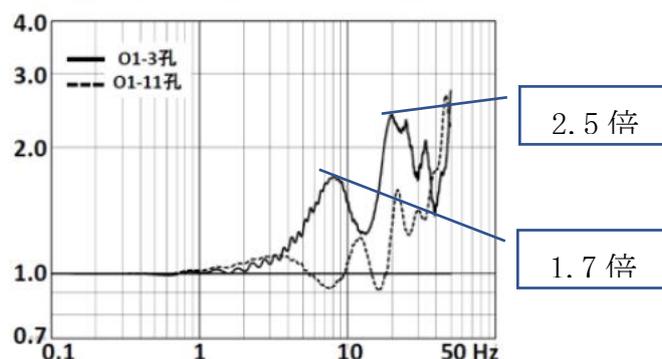


図 21. 関電地盤モデルに対する PS 検層結果モデルの増幅倍率.

原告第 8 7 準備書面

(8) 単点微動観測

ア 車両交通などの人間活動や海洋波浪などの自然現象によって常に発生している人間には感じるできない小さな振動のことを微動と言う。

地表面における微動のうち水平成分 (H) を上下成分 (V) で除して解析すると (H/V スペクトルと言う), 主に表層地盤の S 波速度や層厚が推定できる。ただし、被告関電は、①地盤は表層+基盤の 2 層構造で、②地盤速度は各観測点で概ね一定で表層の厚さのみが変化しているとの仮定の下に、観測 H/V スペクトルを、表層の厚さのみを変化させた理論 H/V スペクトルとつきあわせて適合する表層厚さを求めるという方法で行う。

イ 被告関電は、大飯原発地盤の単点微動観測結果から、表層 $V_s=472\text{m/s}$ 、基盤 $V_s=2.2\text{ km/s}$ で、解放基盤の上面深度は概ね E L (東京湾平均海面) $-25\text{m}\sim +65\text{m}$ 程度で敷地全体にわたって著しい高低差がないことが確認できると言う (上記 4 (6) p 9)。

ウ しかし、単点微動観測結果から、表層及び基盤の速度を精度良く求めることはできない。被告関電は、 $V_s=2.2\text{ km/s}$ の基盤の深さが導かれると言うが、基盤の V_s を 2.2 km/s ではなく 1.6 、 1.8 、 2.0 km/s としてもほぼ同様の深度分布が得られてしまう (図 1 7)。さらに、被告関電が H/V スペクトルから得ら

れるとする深度分布は、反射法地震探査屈折法解析の速度断面図と 30m 近く食い違う (図 19)。

エ 被告関電は「著しい高低差がない」と言うが、90m に及ぶ高低差を著しい高低差がないということはできない。

オ 以上、単点微動観測結果についての被告関電の主張は失当である。

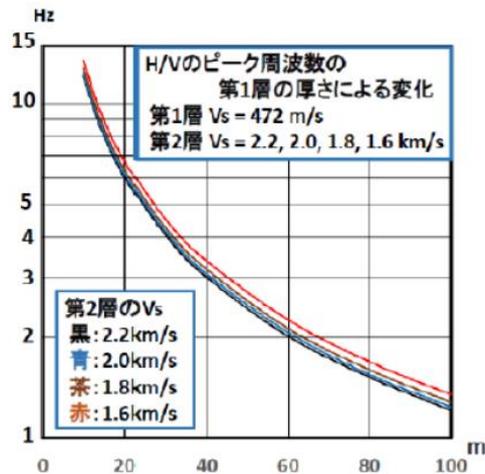


図 17 H/Vスペクトルのピーク周波数と表層の厚さの関係。
関電の2層モデルで、下層のVsを2.2~1.6km/sとした場合、
同一のピーク周波数に対して、岩盤の深さはほとんど変わらないことが分る。
H/Vスペクトルのピーク周波数は、基盤岩の速度には依存しない。

図 1 7

原告第 4 4 準備書面 p 1 7

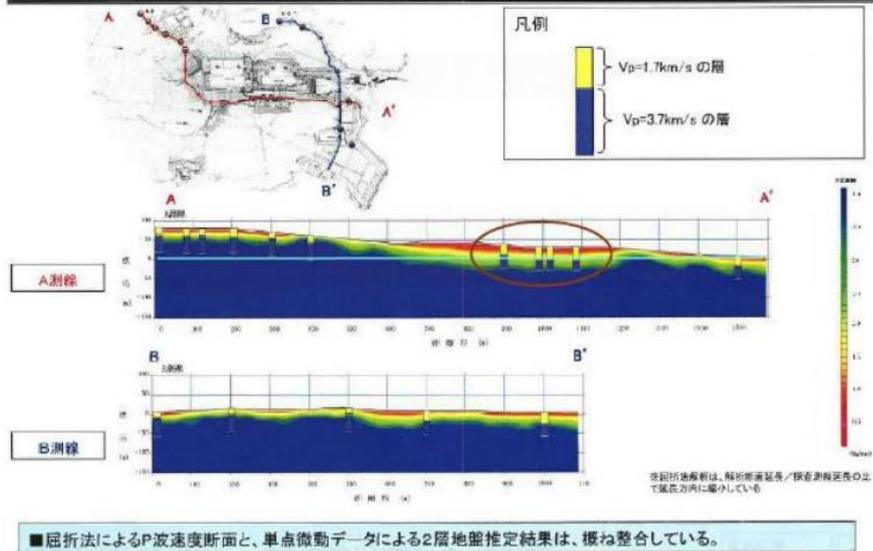


図 19 反射法地震探査屈折法解析による速度断面とH/Vスペクトル解析結果との齟齬。茶色丸印で示した原子炉建屋付近では、両者の違いが顕著である。H/V解析で基盤のVs=2.2km/sとしたことによる齟齬である。(乙A24、58頁を引用加筆)

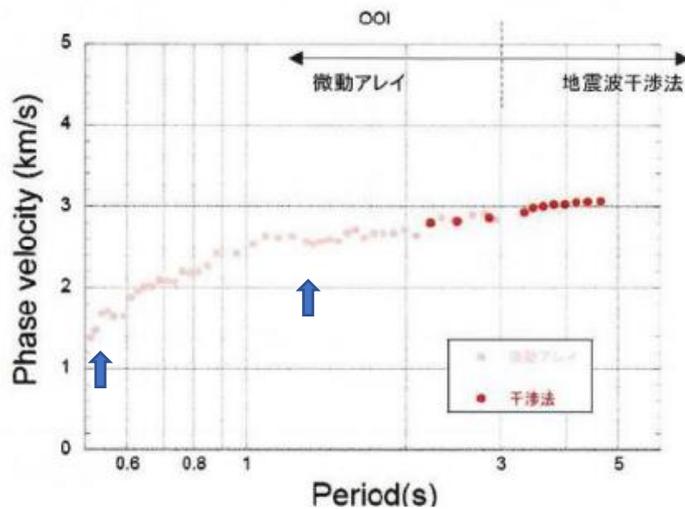
図 1 9

同 p 1 8

(9) 地震干渉法と微動アレイ観測

地震干渉法と微動アレイ観測は、本件原発敷地周辺に複数の地震計を設置して常時微動を観測して得られた位相速度(周波数毎の速度)を、地盤構造が水平成層構造であるとの仮定の下にインバージョン解析(逆解析)して、地盤の速度構造を明らかにする手法である。位相速度が周波数によって変化する性質、すなわち、低周波(長周期)の地震波は深部のS波速度を、高周波(短周期)の地震波は浅部のS波速度を反映することを利用して、主としてS波速度の深さ分布を推定する。

本件原発敷地の地震干渉法と微動アレイ観測で以下の位相速度(周波数毎の速度)が観測された。観測位相速度は、周期0.5秒で1.4km/s程度、長周期に向かって増減を繰り返しながら増加し、周期4~5秒で3.0km/s程度である。周期0.57秒付近と1.4~1.5秒付近はその前後に比べて明瞭な速度の低下が認められる。この周期の波を支配する深さの地層の速度値がその上下の地層の速度値より小さいこと、すなわち低速度であることが示唆される。



甲 422 図 22

この位相速度を逆解析して地盤の速度構造を明らかにする。

上記のとおり解析には、地盤が水平成層構造であることが仮定されている。

被告関電は、上記位相速度を逆解析するに当たり、第1層 $V_s=0.5\text{km/s}$ 、 $V_p=2.0\text{km/s}$ 、第2層 $V_s=2.2\text{km/s}$ 、 $V_p=4.6\text{km/s}$ （尚、関電作成の元の表は4.8となっているが誤記と思われる）、以下、各層の速度を 0.1km/s ずつ増やすことを条件に、各層の層厚を求め（図 23）、その結果が図 24 である。第1層と第2層の速度を極端にジャンプさせている。

地盤モデルの検討

106

- 第1層に $V_s=0.5\text{km/s}$ の表層を考慮し、層厚 $0.01\sim 0.1\text{km}$ の範囲で探索する。
- 第2層以深は、サイトでのボーリング結果や既往の分析結果から、 $V_s=2.2\sim 3.6\text{km/s}$ までを 0.1km/s ごとに S 波速度を設定し、層厚を $0.01\sim 2.0\text{km}$ の範囲で探索する。
- 逆解析は山中 (2007) によるハイブリッドヒューリスティック探索を用いた。

No.	P波速度 (km/s)	S波速度 (km/s)	層厚 (km)	密度 (g/cm ³)
1	2.0	0.5	0.01 - 0.1	2.05
2	4.8	2.2	0.01 - 2.0	2.7
3	4.7	2.3	0.01 - 2.0	2.7
4	4.8	2.4	0.01 - 2.0	2.7
5	5.0	2.5	0.01 - 2.0	2.7
6	5.1	2.6	0.01 - 2.0	2.7
7	5.2	2.7	0.01 - 2.0	2.7
8	5.3	2.8	0.01 - 2.0	2.7
9	5.4	2.9	0.01 - 2.0	2.7
10	5.5	3.0	0.01 - 2.0	2.7
11	5.6	3.1	0.01 - 2.0	2.7
12	5.7	3.2	0.01 - 2.0	2.7
13	5.8	3.3	0.01 - 2.0	2.7
14	5.9	3.4	0.01 - 2.0	2.7
15	6.0	3.5	0.01 - 2.0	2.7
16	6.1	3.6	0.01 - 2.0	2.7

図 23 位相速度の逆解析に用いる初期値。

第1層から第2層に速度値はジャンプしており、地表近くで測定されている低速度層を無視している。

速度は深さ方向に単調に増加させ、層厚だけを探索して、地下の低速度層には対応しない設定。

(第2層の $V_p=4.8\text{km/s}$ は 4.6km/s の誤り。) [丙196、108頁を引用]

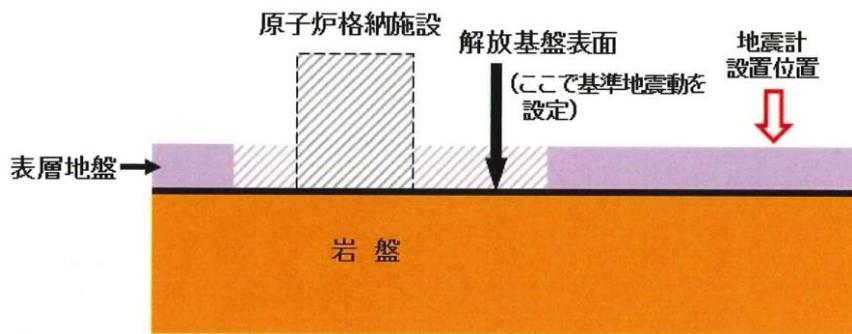
地盤モデルの検討

■今回選定された地盤モデルの諸元は以下のとおりであり、 $V_s=3.6\text{km/s}$ 層は深さ4.0kmと評価された。

No	P波速度 (km/s)	S波速度 (km/s)	密度 (g/cm^3)	層厚 (km)	上面深度 (km)
1	2.0	0.5	2.08	0.08	0
2	4.6	2.2	2.7	0.18	0.1
3	4.7	2.3	2.7	0.19	0.3
4	4.8	2.4	2.7	0.14	0.5
5	5.0	2.5	2.7	0.14	0.6
6	5.1	2.6	2.7	0.13	0.7
7	5.2	2.7	2.7	0.04	0.9
8	5.3	2.8	2.7	0.04	0.9
9	5.4	2.9	2.7	0.14	0.9
10	5.5	3	2.7	0.11	1.1
11	5.6	3.1	2.7	1.83	1.2
12	5.7	3.2	2.7	0.31	3.0
13	5.8	3.3	2.7	0.29	3.3
14	5.9	3.4	2.7	0.14	3.6
15	6.0	3.5	2.7	0.28	3.8
16	6.1	3.6	2.7	-	4.0

図 24 逆解析により求められたモデル (インバージョン・モデル)。
深さ 4km までの 16 層から成り、表層は厚さ 80m、 $V_s=0.5\text{km/s}$ である。 [丙196、108頁を引用]

被告関電は、上記逆解析結果のうち、第 1 層は表層だからと言って全部 (0.08km=80m) 取り除き、解放基盤面は第 2 層 ($V_s=2.0\text{km/s}$ 、 $V_p=4.6\text{km/s}$) の堅硬な岩盤、それ以深は 0.1km/s ずつ速度が増す水平成層構造だとする地盤モデルを策定できると言う (関電モデル)。

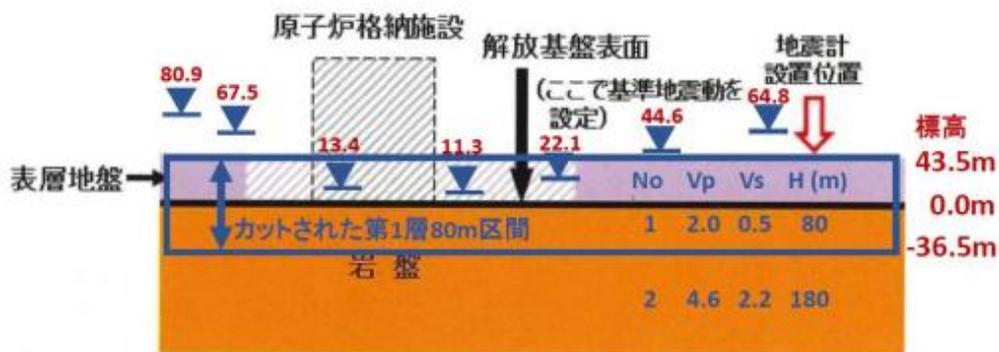


【図表 6 本件発電所の解放基盤表面の模式図】

ア 関電モデルは水平成層構造とされているが、もともと地震干渉法・微動アレイ観測結果を逆解析する手法は、水平成層構造であることを仮定して解析しているのであって、仮定をもって結論としており、ごまかしと言うほかない。また、水平成層構造である関電モデルは、他の調査結果 (P S 検層や試掘坑弾性波探査等

他) と整合しない。

- イ 被告関電は、深くなる程に速度が単調に増加することを前提とするが、観測位相速度には山谷があり単調増加しておらず低速度層が挟在することが示唆されている上、低速度層の落ち込みや挟在を示す他の多くの調査結果とも整合しない。
- ウ 被告関電は、原子炉建屋を設置している基礎岩盤 (=標高 0m) を解放基盤面と想定しており、 $V_s=2.2\text{km/s}$ 、 $V_p=4.6\text{km/s}$ の堅硬な岩盤だと主張する。しかし、逆解析結果は、 $V_s=0.5\text{km/s}$ 、 $V_p=2.0\text{km/s}$ の表層の厚さは 80m であり、地震計設置の平均標高 (すなわち第 1 層上面の標高) は 43.5m であるから、 $V_s=2.2\text{km/s}$ の第 2 層岩盤上面の標高は -36.5m であることを示している。標高 0m の想定解放基盤面は表層内の深さ 43.5m に位置することになる。 $V_s=2.2\text{km/s}$ 、 $V_p=4.6\text{km/s}$ の堅硬な岩盤は、想定解放基盤面からさらに 36.5m 掘進まなければ露出しない。原子炉建屋の基礎岩盤 (解放基盤) は $V_s=2.2\text{km/s}$ 、 $V_p=4.6\text{km/s}$ の堅硬な岩盤だとする関電モデルは逆解析結果とは整合しない。
- エ 以上、被告関電の地震干渉法・微動アレイ観測結果の解析及び同解析に基づく関電モデルはいずれも失当である。



【図表 6 本件発電所の解放基盤表面の模式図】

地震計設置位置は表層地盤表面、図では水平に記されているが、標高11～81mの範囲に分布、平均の標高は43.5m。第1層(層厚80m、上面の標高43.5m、下面の標高-36.5m)は土質地盤であるとしてカット → 原子炉格納施設は $V_s=2.2\text{km/s}$ 層から、36.5m宙に浮いてしまった。第1層と第2層との中間の速度層を無視した解析による齟齬が露呈している。

インバージョンモデルから表層を取り除いた基準地震動評価モデルの標高

▼:地震計位置、赤字は各観測点の標高、表層地盤表面の標高は平均 43.5m

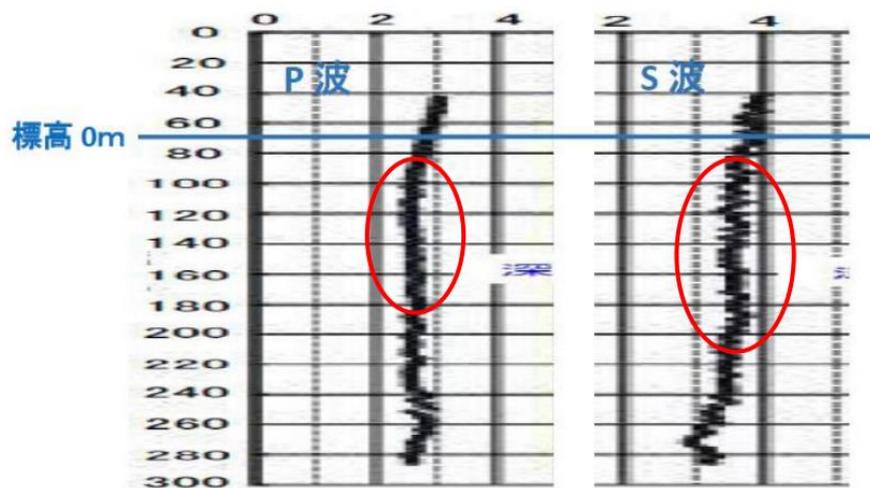
$V_s=0.5\text{km/s}$ の表層(層厚 80m)を取り除くと、 $V_s=2.2\text{km/s}$ の解放基盤面は標高 -36.5m となる。

被告関電準備書面(17)の図表 6(22 頁)を引用して加筆。

(10) 基礎地盤における地震波減衰特性 (Q値) について

被告関電は、敷地でのボーリング孔を用いた振動実験の結果、標高-180mまで $h=3\%$ 、それ以深 $h=0.5\%$ を用いている (丙28p42、 $h=1/(2Q)$)。浅部の実験では、地盤構造の不均質による散乱減衰を仮定しており、不均質構造の大きさと波長の関係に規定されるはずであるのに、周波数とは関係なく $h=3\%$ としている。また、深部の 0.5% はその根拠が明らかでない。

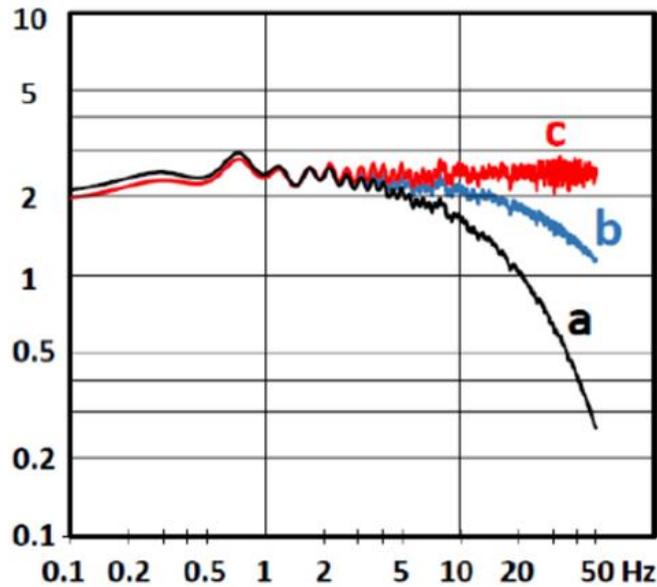
ボーリング孔の孔口に振動源をおいた振幅減衰の結果による相対振幅図 (下図) は傾きが明瞭でなく、被告関電主張の減衰係数を評価できない (図38)



ボーリング孔を用いた減衰定数(Q値)測定 (図36) の振幅分布の拡大図。
深さは地表からの値であり、70mが標高0mに相当する。
左:P波、深さ100~180mで振幅増加、180~240mでほぼ一定。
右:S波、深さ100~200mで振幅一定あるいは増加。
このようなデータから精度よく減衰定数を評価することは困難と思われる。

図38

Q値設定には確定した評価方法がなく、中央防災会議・東海地震に関する専門調査会は、「 $500\text{m/s} < V_s < 3000\text{m/s}$ のQ値の解析例が少ないので、 $V_s > 3000\text{m/s}$ の場合の平均的なQ値である $Q=100 \times f^{0.7}$ 」を用いている。本件でも中央防災会議の推奨する考えに従うと、関電が用いているQ値 ($=50f^{1.1}$) を用いる場合と比較して、減衰率は10Hz以上の周波数帯域で被告関電の半分程度になる (図39)。



- a: 関電の基準地震動評価モデル
- b: 表層はaと同じ、第2層以下 $Q_s=50f^{**1.1}$
- c: 全層で $Q_s=50f^{**1.1}$

減衰定数(Q値)の違いによる地盤増幅率の変化.

- a: 関電の地震動評価モデル(図26) 深さ180mまで $h=3\%$ ($Q=16.67$)、それ以深 $h=0.5\%$ ($Q=100$)
 - b: 深さ180mまでは関電と同じ減衰定数、それ以深は中央防災会議の考え方 $Q=50f^{**1.1}$
 - c: 全層にわたって中央防災会議の考え方 $Q=50f^{**1.1}$ (f: 周波数、**:べき乗)
- 中央防災会議の考え方に従えば、高周波数での増幅率は大きくなる。
従って基準地震動は大きく算定され、安全側の評価をすることになる。

図 3 9

さらに、2018年大阪府北部地震によって求められた大阪盆地の減衰係数は標高-200mまで $h=1.5\sim 2\%$ 、それ以深では $h=0.2\sim 0.3\%$ に過ぎず、本件原発敷地の減衰係数が大阪盆地の減衰係数より2倍も大きいこととなってしまふ。しかし、本件敷地地盤は岩盤であるのに対して、大阪盆地の地盤は軟弱な土質地盤であり、明らかに矛盾している。

以上、被告関電は、減衰定数 h を大きく設定して、基準地震動を過小評価している。

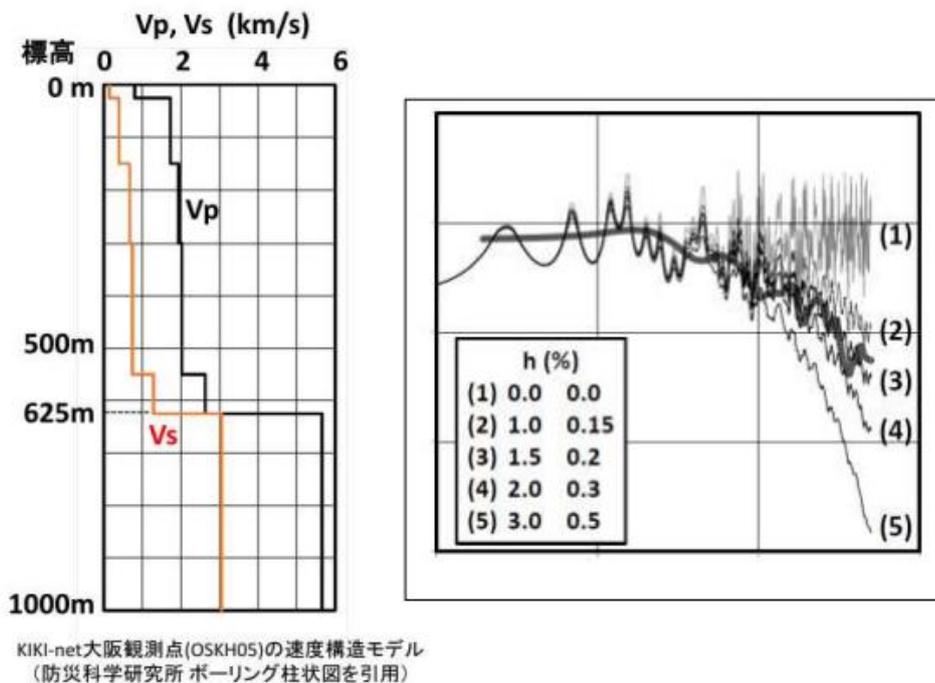


図 3. 左図:大阪観測点の速度構造モデル (防災科学研究所ボーリング柱状図)
 右図:SH 波の [地表] / [地中] のスペクトル比(太線)と地盤増幅特性.
 (1)~(5):地盤構造モデルによる SH 波増幅特性、入射角 50°.
 減衰係数 h 左:深さ200mまで、h 右:200m以深.
 大阪観測点の土質地盤の h は(3)~(4)、大阪の「関電地盤モデル」の h は (5).

甲 4 8 1 p 6

4 大飯原発敷地の地盤構造の評価について まとめ

- (1) 物理探査の結果、地質調査結果、および地震観測の結果は、地盤構造が、均質で堅硬な岩盤ではないことを示している。
- (2) 解放基盤の地震波速度は関電の評価値より小さく、これを $V_p=4.6\text{km/s}$ 、 $V_s=2.2\text{km/s}$ とモデル化することは出来ない。
- (3) 断層破碎帯とそれに伴う岩盤の亀裂により、岩盤は 4 号炉側から 3 号炉側に向けて劣化して岩級が低下し、それを反映して地震波速度が低下する。
- (4) 基礎岩盤における岩級劣化の場所による変化は、標高-150m の深部にまで及んでいる。
- (5) 基礎岩盤には沈降域があり、原子炉建屋付近は不整形地盤である。

5 大飯原発の基準地震動について まとめ

- (1) 地盤モデルが、調査結果より堅固で均質な構造であるとされているため、ま

た地盤構造の不確かさを考慮していないため、地盤による増幅率は過小に評価されている。

(2) 震源特性が 平均的な地震像に依拠して策定されており、また 若狭湾沿岸地域で発生する地震の特性を考慮していないため、起り得る解放基盤での強震動が過小に算定される。

(3) 以上により、基準地震動は過小評価である。

以上