

平成26年（ネ）第126号 大飯原発3、4号機運転差止請求控訴事件

一審原告 松田正 外184名

一審被告 関西電力株式会社

控訴審第32準備書面

－被告主張の地域特性に根拠がないことについて－

2017年（平成29年）6月 日

名古屋高等裁判所金沢支部民事部第1部C1係 御中

一審原告ら訴訟代理人弁護士 島 田 広

同 弁護士 笠 原 一 浩

ほか

（目次）

第1	はじめに	2
第2	乙49の地下構造の調査・評価について	3
1	はじめに	3
2	PS検層	4
3	試掘坑弾性波探査	6
4	反射法地震探査	11
5	微動アレイ探査と地震波干渉法	12
6	減衰定数	17
7	不確かさの扱いについて	17
第3	震源特性	17
第4	伝播特性	18
第5	まとめ	18

第1 はじめに

一審被告は、地震動の想定に地域特性の把握が重要であるとして、「地震動に影響を与える特性である、①震源特性、②伝播特性、③地盤の増幅特性（サイト特性）が重要な考慮要素となる。」「特定の地点における地震動を想定するには地域性の考慮が不可欠」であると主張している。

そして、本件原発の基準地震動も地域特性を考慮して策定したとして「最新の地震動評価手法（「震源特性」と地下構造による地震波の「伝播特性」及び「地盤の増幅特性（サイト特性）」を、地域性を踏まえて詳細に考慮する地震動評価手法）を用いて、検討用地震の地震動評価を行なっている（「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の評価）。さらに「震源を特定せずに策定する地震動」も評価した上で、本件発電所の基準地震動 $S_s - 1 \sim S_s - 19$ を策定している。したがって、本件発電所敷地に基準地震動を越える地震動が到来することはまず考えられないところである。」と主張している。

これに対して一審原告らは、基準地震動を超える地震の発生する危険性があると批判している。過去に各地の原発で基準地震動を越える地震が繰り返し起きており、それは基準地震動が「平均像」に基づいて策定されているからだ指摘している。一審被告は、基準地震動が「平均像」に基づいて策定されていることを認めながら、本件原発の地域特性が十分に把握できており、その地域特性に照らせば、基準地震動を越える地震発生の可能性を否定できると主張している。このように地域特性は、一審被告の地震動に関する主張の柱に位置付けられて

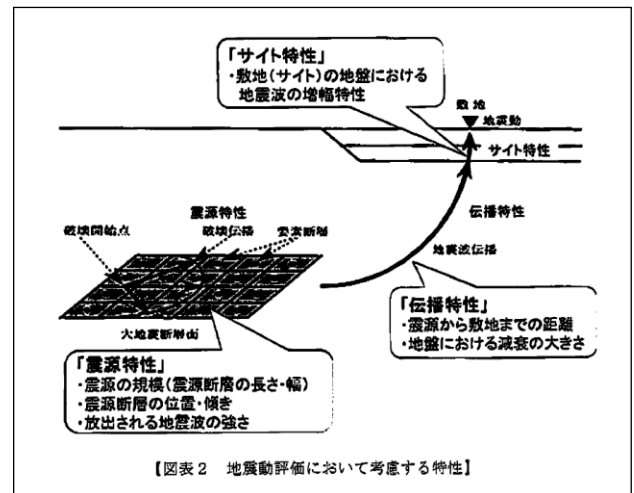


図1 一審被告準備書面準備書面(33)より

いる。

ところが、一審被告は、地域特性のうち、①震源特性と②伝播特性については、具体的な主張立証を何らしていない（現時点で判明している「地域特性」のみで基準地震動を策定すべきでないことは島崎証言から明らかになったとおりであるが、一審被告は「地域特性の重要性」を力説しているにもかかわらず、どのような特性があるのかを主張立証していないのである）。③地盤の増幅特性（サイト特性）については、「大飯発電所の基準地震動について（平成27年1月）」（乙49）を提出し、地下構造の調査の結果、敷地浅部には硬質の岩盤が広がっていること、それ以深においても地下構造には特異な構造は認められなかったと主張をしている。しかし、基準地震動が小さくなる方向で、地盤データを曲げて整理し、隠蔽し、地盤のモデル化がなされている。以下、意見書「大飯発電所の基準地震動の策定における問題点 ―地盤の速度構造（地盤モデル）について―」（甲478、赤松純平）に拠り、一審被告の地域特性論を批判する。

第2 乙49の地下構造の調査・評価について

1 はじめに

乙49号証の「大飯発電所の基準地震動について」の第2項は「地下構造の調査・評価」とされており、一審被告は、ここで主に「③地盤の増幅特性（サイト特性）」を検討している。従って、「地下構造の調査・検討」の内容を順に検討する。

「2.1 地下構造の調査」では、地下構造の調査方法として、P S 検層、試掘坑弾

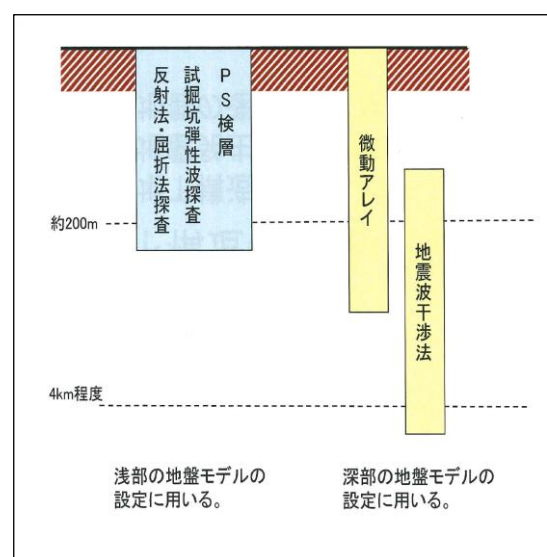


図2 本件原発で用いられた地盤調査方法

性波探査、反射法・屈折法探査、微動アレイ、地震波干渉法の各方法があること、それぞれの調査でどの位の深さまで調査できるかが示されている（図2）。

地震動の振幅は、震動の伝わる速さ（すなわち、伝播速度）の速いところでは小さく顕われ、遅いところで大きく顕われる。従って、基準地震動策定に意味のある地下構造は、地層毎の震動の伝わる速さである。そこで、地下構造の調査では、伝播速度を明らかにすることが重要になる。

一審被告も「対専式は、「評価地点の地盤のP波速度・S波速度を考慮して地盤増幅率を乗じることで、評価値点の岩盤の堅さに応じた応答スペクトルに補正するようになっており、評価値点の地域性を踏まえて地震動評価を行う」のだと主張するとおり（一審被告準備書面（33）60頁）、原発敷地における伝播速度は、基準地震動の策定に直接影響を及ぼすきわめて重要な要素といえる。

尚、地震動には、S波とP波がある。S波は進行方向に垂直に振動する波動であり、大きな揺れを起こす。P波は進行方向に平行に振動する波動であり、粗密波とも呼ばれる。

2 PS検層

PS検層は、ボーリング孔の中に地震計（受震器）を設置しておいて、人為的に震動を起こして（起震器）、受震器で震動を観測して、震動の伝わる時間から、深さ毎の伝播速度を測定する方法である。

PS検層の方法には以下のとおり、ダウンホール方式、坑内起震受震方式がある。本件原発ができた頃には、ダウンホール方式が使われており、坑内起震受震方式は未だ使われていなかった（図3）。

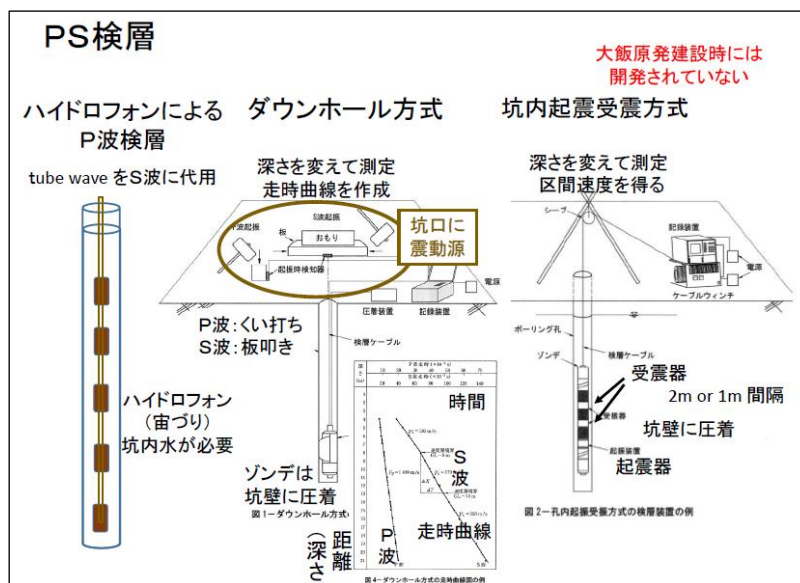


図3 「地盤の弾性波速度検層方法」(地盤工学会)等を参照

一審被告は、P S 検層の調査結果から「ほぼ均質な地盤」「敷地の浅部構造に特異な構造は見られない」と主張するが、この評価は失当である(図4)。

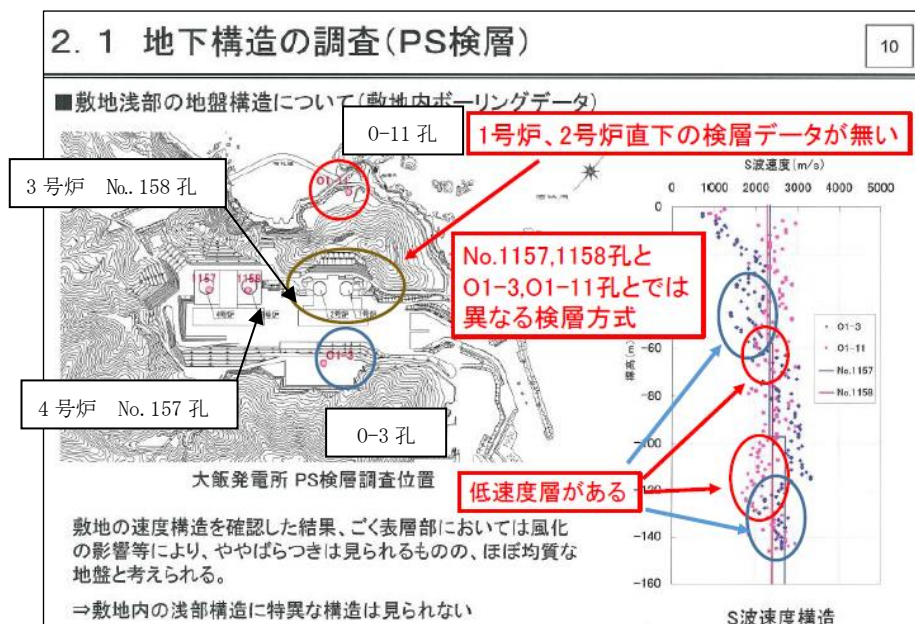


図4 甲478号証11頁より作成

(1) すなわち、図4のとおり、O1-3孔とO1-11孔では、地表付近と深度100m前後付近に低速度層の存在が認められる。「ほぼ均質な地盤」とは言えない。

(2) 乙49号証によれば、P S 検層調査が行なわれたボーリング孔は、3号

炉（No.158孔）と4号炉（No.157孔）の直下と（ダウンホール方式）、原子炉から南東に離れたO1-3孔と北西の海岸のO1-11孔だけである（坑内起震受震方式）。1号炉と2号炉直下では検層調査結果データが示されていない。

3号炉敷地は4号炉敷地よりもS波速度が小さく、南西から北東方向に向かってS波速度が小さくなっている。3号炉のさらに北東方向に、2号炉があり、1号炉がある。2号炉、1号炉敷地のS波速度は、3号炉敷地のS波速度よりさらに小さくなっていると考えるのが相当である。

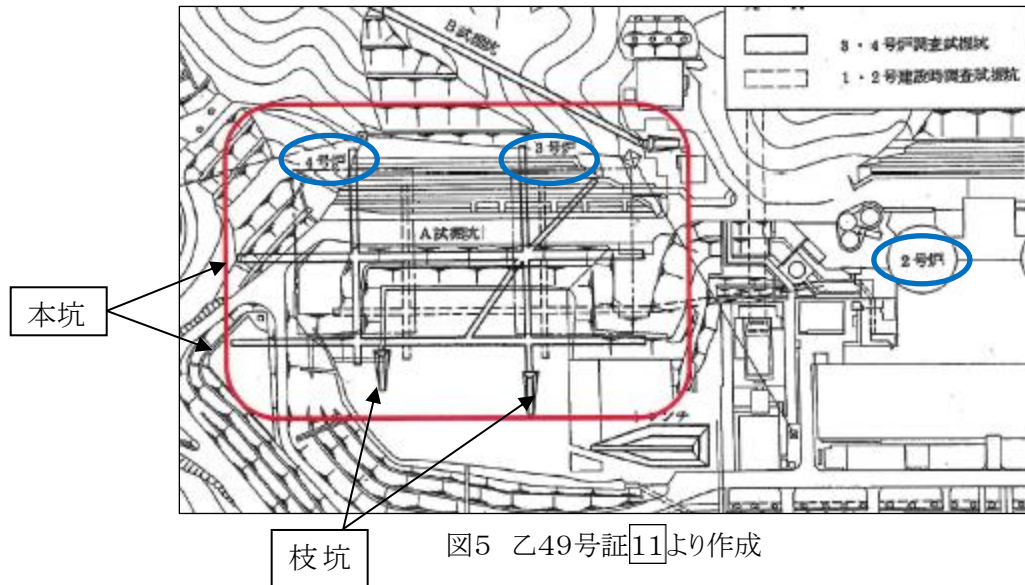
本件原子炉敷地のわずか2箇所（O1-3孔、O1-11孔）のP S検層調査データだけでも低速度層の存在が判明し、さらにその中間地点にも低速度層が広がっていると考えられるのにその部分のデータが明らかにされていないことは、敷地全体の地盤が「ほぼ均質」であるかのようにいう一審被告の主張に、重大な疑問を生じさせるものである。

（3）なお、本件原子炉建設時になされた3号炉（No.158孔）と4号炉（No.157孔）直下のP S検層では、深度150mまで一様に2km/sを上回るデータが示されているが、乙49の11枚目（右上の□の中に「10」という数字が書かれた頁）を見ると、O1-3やO1-11と異なり、古いダウンホール方式で実施されたためか細かな深度ごとの測定となっておらず、挟在している低速度層は検出できないから、低速度層の存在を否定する根拠にならない。

3 試掘坑弾性波探査

試掘坑弾性波探査とは、原子炉敷地に幾筋も掘られた横穴（試掘坑）内に、適当な間隔で地震計を置き、別の場所で発破や起震器などで人為的に震動を起こして、震動の伝わり方を測定して弾性波（地震波に同じ）の伝わる速さ（伝播速度）を調べるものである（図5）。1本の坑道内では地震計は直線状に配置

されている(測線と称する)。この測線上やその延長線上で震動を与える屈折法探査と、測線から離れた別の坑道内で震動を与えるファン・シューティングと呼ばれる探査方法があり、これらを組み合わせて岩盤の地震波伝播速度を推定する。



一審被告は、試掘坑弾性波探査調査結果(図6, 7)から解放基盤のS波速度を2.2 km/sと評価しているが、一審被告のこの評価は失当である。

- (1) 1号炉と2号炉の敷地では試掘坑弾性波探査調査は実施されていない。以下に述べるとおり、3号炉敷地は4号炉敷地よりもS波速度が小さく、南西から北東方向に向かってS波速度が小さくなっている。3号炉の北東方向に、2号炉があり、1号炉がある。2号炉、1号炉敷地のS波速度は、3号炉敷地のS波速度よりさらに小さくなっている可能性がある。従って、1号炉、2号炉敷地の試掘坑弾性波探査調査が実施されていないことは問題であり、3号炉及び4号炉敷地の試掘坑弾性波探査結果を評価する際には慎重でなければならない。

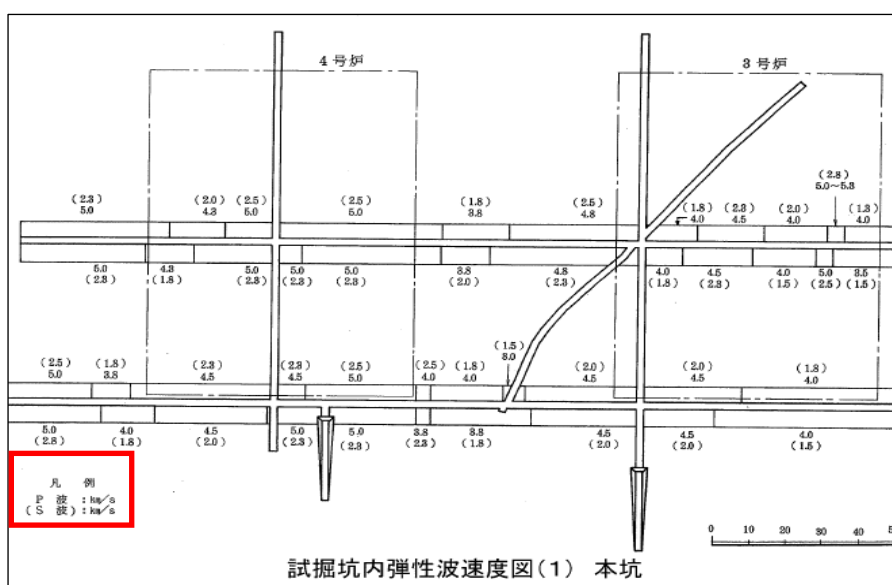


図6 乙49号証 12

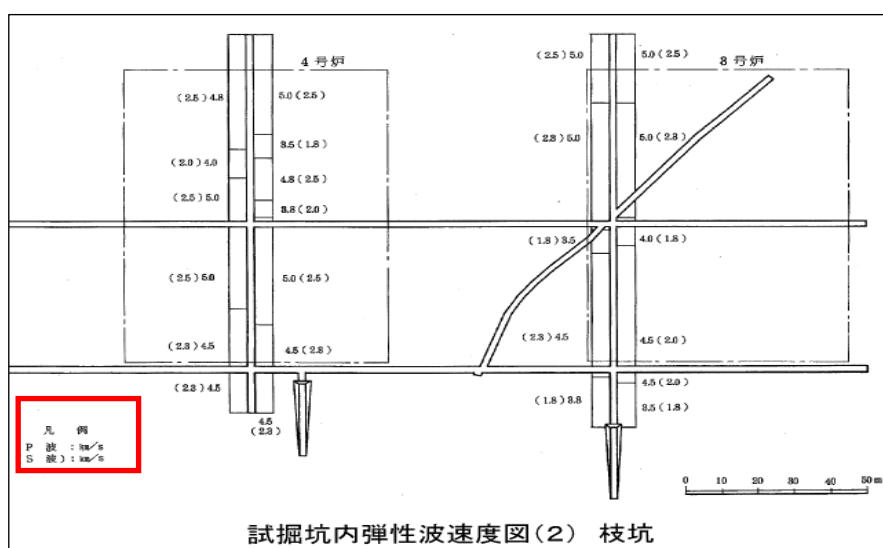


図7 乙49号証 13

(2) S波速度

- ア 調査結果のS波データ68組（本坑12と枝坑13）の算術的平均値は $2.141 \pm 0.335 \text{ km/s}$ であり、3号炉、4号炉全体としても一審被告主張の 2.2 km/s は過大である。
- イ この過大評価は、3号炉において特に著しい（図8）。調査結果のS波データ68組のうち、4号炉側（左側）は速度が速いデータが多く（2.239

±0.273km/s)、3号炉側(右側)は速度の遅いデータが多い(2.017±0.369km/s)。一審被告は3号炉、4号炉全体のS波速度を2.2km/sと表示しているが、3号炉側データの算術平均は、一審被告主張の2.2km/sの約1割も小さく、明らかに過大評価(したがって地震動の過小評価)がなされている¹。さらに、1標準偏差の不確定性を考慮するなら、3号炉の基盤ではS波速度は1.648km/sであり、したがって振幅は1.33倍増幅される。すなわち、被告関電は、解放基盤のS波速度を調査結果より大きく設定することによって、基準地震動を1～3割小さく評価している(以上、甲478の2pの2.2項参照)

ウ また、試掘坑弾性波探査調査の結果によれば、68組のデータを並べると、単一の山ではなく、1.8km/sと2.3km/sの二つの山を形成しており(図9)、本件原発の敷地が「ほぼ均質な地盤」とは異なるといえる。

¹ なお、地震動の振幅は、S波速度に加えて、基礎地盤の密度にも影響を受ける。つまり、振幅は、インピーダンス(密度×速度)に影響を受け、インピーダンス比が小さいほど地震動の増幅率が大きくなる。通常、地盤の密度は、S波速度が遅いほど、小さいから、振幅はさらに大きくなる。甲478の2.2項(2p)参照。

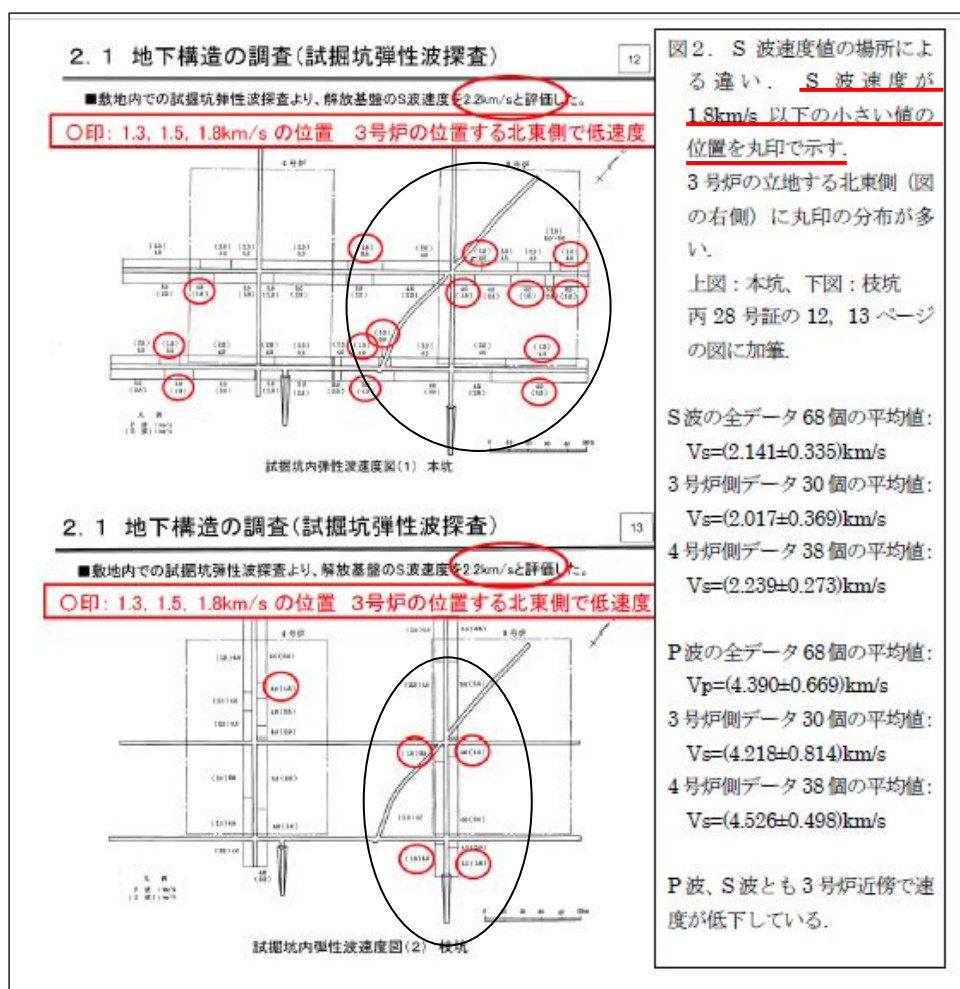


図8 甲478号証9頁より作成

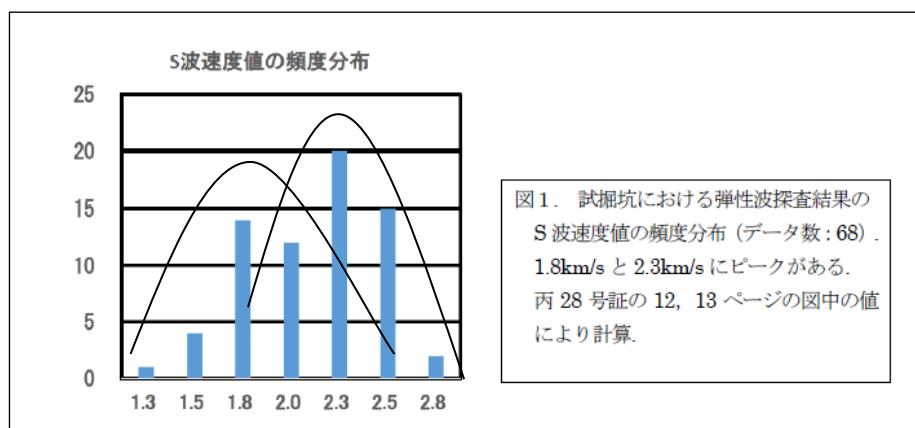


図9 甲478号証9頁より作成

(3) P波速度

一番被告は、P波速度について、特段の評価をコメントしないまま、「地

下構造の調査・評価」のまとめ部分である「地盤速度構造（地盤モデル）の評価」で、地盤表層のP波速度を「4.6km/s」としている。S波速度と同じく過大評価である。試掘孔弾性波探査結果の算術的平均は4.390km/s±0.669km/sであり、4.6km/sより小さい。さらに3号炉敷地のP波速度は4.218±0.814km/s、4号炉敷地は4.526±0.498km/sであって、3号炉敷地のP波速度が明瞭に小さい。

4 反射法地震探査

反射法地震探査とは、探査測線上に密な間隔で多数の地震計を設置し、探査測線に沿って震源車が一定の間隔で起震して、地下の不均質構造(速度の異なる地層や断層など)によって反射してくる地震波(反射波)を測定して地下構造を探査する方法である(歴史的には、医療分野で広く用いられている超音波エコー検査は、石油探査のための反射法地震探査のデータ処理技術が応用されたもの)。

一審被告は「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ない」と主張している(図10)。

しかし、同調査結果を分析すれば、震度断面図からは層境界の不連続部分が認められる(図11)²。

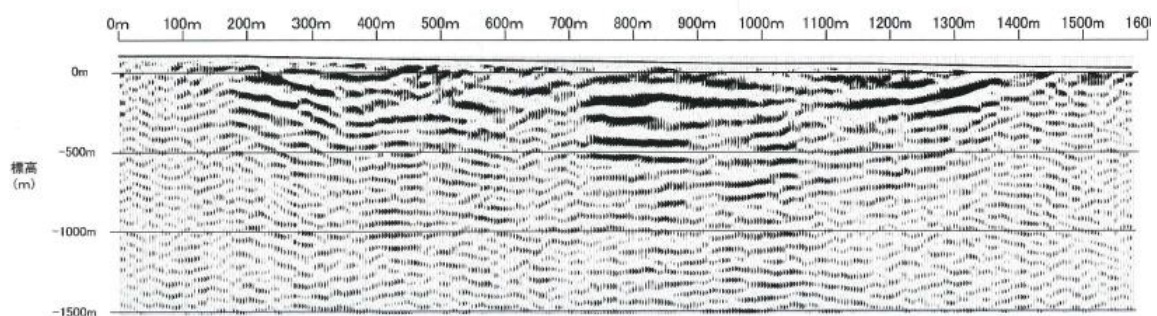


図10 乙49号証 17

² なお、深度断面に記載されるはずの速度値が記載されていない点も不自然である。

2. 1 地下構造の調査(反射法地震探査)

17

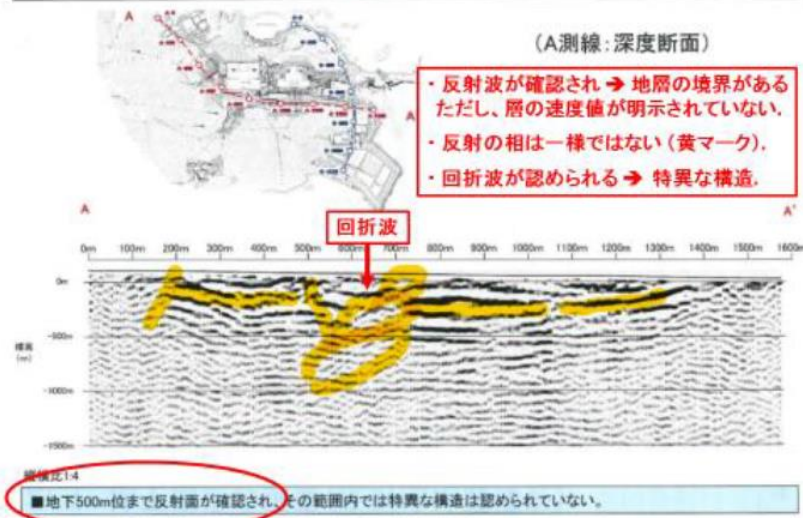


図3. 反射法地震探査による深度断面(丙28号証17ページを引用、加筆).
反射面が確認されていると記しているが、反射を生起した層構造には言及していない。
回折波が認められ、地下で速度や密度が変化していることが示唆される。

図11 甲478号証10頁

5 微動アレイ探査と地震波干渉法

地震が無くても地面は常に揺れている。微動アレイ探査は、この人が感じないくらい微小な揺れ「微動」を、高感度地震計を図12のように並べて観測して、微動の伝播性状から地下構造(速度構造)を推定するものである。

重要なのはS波速度であるが、P波速度も求まる。対象周期範囲は、対象とする深さによるが乙49号証では0.5秒以上を対象にしている。

■微動アレイ探査 測定概念図

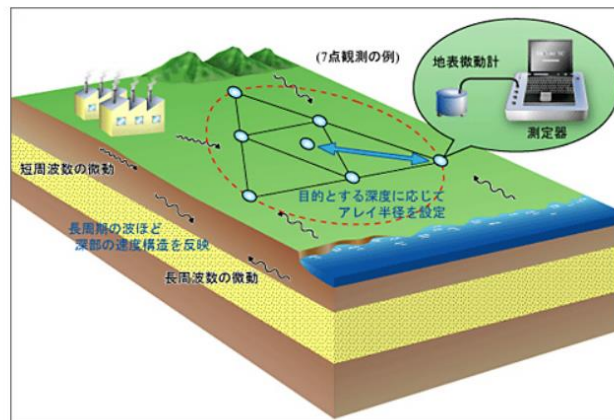


図12 (株式会社日本地下探査HPから)

2. 1 地下構造の調査(敷地内微動アレイ)

■大飯発電所敷地内で半径約600m・300mの微動アレイ観測を行う。

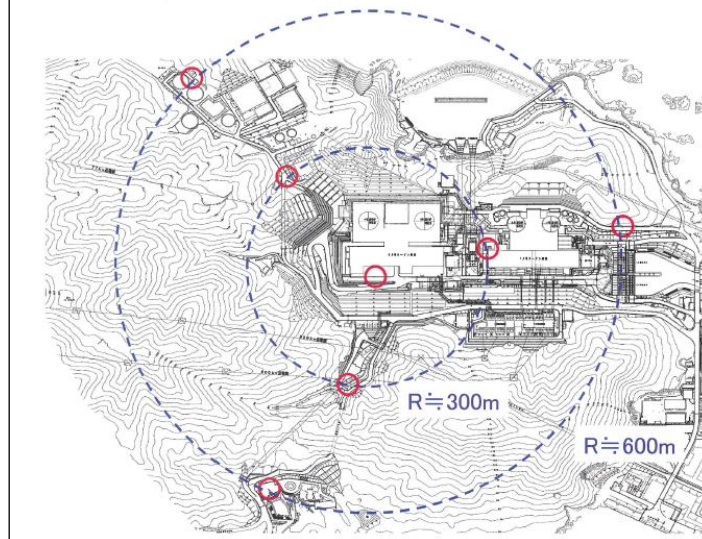


図13 乙49号証 20

地震波干渉法は、以下のような方法である。地表面は海の波浪などにより常に震動している(脈動と呼ばれる)。この震動を広い範囲に配置した多数の地震計で長期間(例えば数ヶ月間)計測し、異なる地点での記録に数学的な処理(相互相関)を施すことにより、地点間の震動の伝播様式を抽出する。

微動アレイ探査と地震波干渉法から、周期毎の伝播速度(位相速度)が明らかになる(図14)。

2. 1 地下構造の調査(地震波干渉法)

24

■微動アレイによる位相速度と地震波干渉法(参照点付きF-Kスペクトル解析)による位相速度は、周期2〜3秒付近でよい連続性を示す。
⇒微動アレイによる位相速度(短周期側)と地震波干渉法による位相速度(長周期側)を目的関数としたジョイントインバージョン解析により、速度構造を推定する。

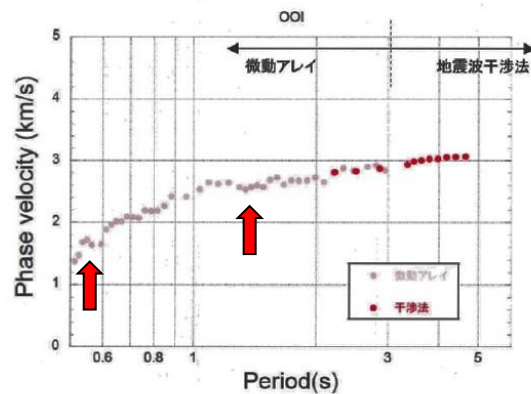


図4. 微動アレイ観測と地震波干渉法によって得られた位相速度 (丙28号証24ページを引用)。
周期0.57秒、1.4〜1.5秒付近に速度の低下が認められ、低速度層の存在が示唆される。

図14 甲478号証10頁より作成

一審被告は、この伝播速度(位相速度)を解析して(ハイブリッドヒューリスティック探索による解析)下記の速度構造を推定している(図15, 16)。

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

Vs=0.5、Vp=2.0の層があるのに…

図15 乙49号証27より作成

2. 1 地下構造の調査(地盤モデルの評価)

26

■前ページの条件により得られた上位50個までの最適解から、その平均モデルに最も近いケースを地盤モデルとして選定した。

被告関電の地盤モデルでは
 $V_s=0.5$ 、 $V_p=2.0$
の層は
ないものとされ
ている

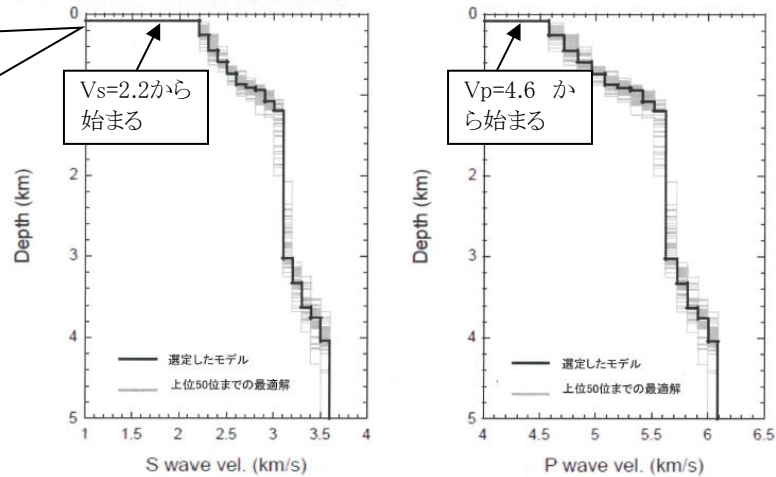


図16 乙49号証26より作成

- (1) 一審被告は、地下深くなるほどP波速度、S波速度が単調増加しているという前提で、位相速度を解析して、速度構造を推定している。

しかし、位相速度分散曲線には山谷があり（赤い矢印）、深くなるにつれて単調に増加しているわけではない。そうであるのに、一審被告は、単調増加と決めつけて解析しており、低速度層の挟在が無視されている。恣意的に解析されたとの批判を免れない。

- (2) 一審被告は、上記解析で、第1層 $V_s=0.5\text{km/s}$ の次の第2層はいきなり $V_s=2.2\text{km/s}$ までジャンプさせており、 $0.5\sim 2.2\text{km/s}$ の速度層の存在を無視して解析している。しかし、反射法地震探査結果によれば「地下500m位まで反射面が確認され」とされており（図17）、反射面があるということは、性質の異なる層とりわけ伝播速度の異なる層が存在することを明らかにするものである。一審被告解析結果は、この調査結果と矛盾している。

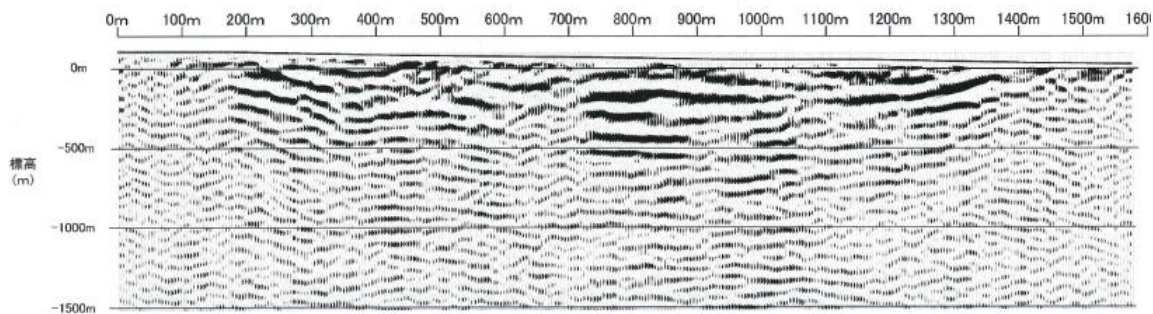


図17 乙49号証 17

- (3) 一審被告は、第2層のS波を2.2km/s、P波を4.6km/sとする。S波速度は試掘抗弾性波探査調査結果から設定されたものであるが、P波速度は示されていない。68組の観測データの算術平均は4.6km/sではなく、 $4.44 \pm 0.53 \text{ km/s}$ である。P波を4.6km/sとするのは過大かつ恣意的である。
- (4) 一審被告は、様々な調査結果を踏まえたとして、地下構造の結論として上記の地盤モデルを示している。

しかし、低速度帯の挟在が無視され、地表から80mにわたって広範囲に存在する $V_s=0.5 \text{ km/s}$ 、 $V_p=2.0 \text{ km/s}$ の層が、理由が示されないまま削除されている点で、一審被告が示した上記地盤モデルは、実際の地盤の状態と整合せず、不当に堅固さが過大評価されたものとなっている。

- (5) 一審被告の上記モデルによる理論分散曲線と、解析結果そのままのモデルによる理論分散曲線とを比較すれば(図18)、一審被告が示した地盤モデルが以下に現実とかけ離れているかが、一目瞭然となる。

すなわち、上記モデルによる理論分散曲線は、観測された位相速度(乙49号証24頁)とは周期1秒以下で差異が大きくなり、著しく異なった位相速度を示すことが理解できる。一審被告は、自ら調査して得た観測結果に適合しない架空の地盤モデルで基準地震動を過小評価しているといえる。

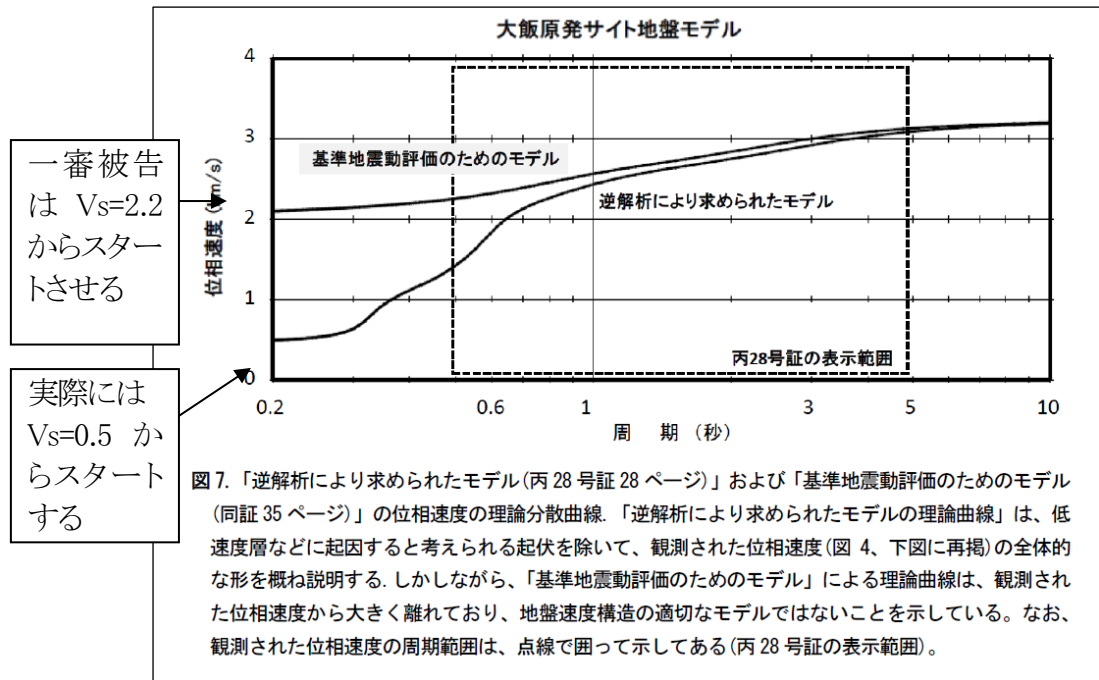


図18 甲478号証12頁より作成

6 減衰定数

一審被告は、地盤特性に関して、速度構造について部分的な検討を行なっているものの、基準地震動評価に重要な減衰定数については全く説明がない。

一審被告は、敷地地盤の減衰特性を明確にすべきである。

7 不確かさの扱いについて

以上のとおり、地盤特性(サイト特性)は立地条件への適合性を判断するために調査されるものであるが、技術上の諸問題があるため、不確かさのあることを免れない。従って、地盤構造モデルは単一のモデルで検討するのではなく、不確かさを考慮して、例えば1標準偏差の範囲でどのように結果が変わるか検討する必要がある³。

第3 震源特性

一審被告は、断層モデルの設定において不確かさがあるとして断層モデル

³ 本書面 9p や甲 478 の 2p2.2 項を参照

の形や傾き、アスペリティの分布など、形状に関するパラメーターを触っているものの、地域特性を考慮するためには応力降下量など地震発生層の物性に依拠する物理量を検討する必要があるところ、そのような検討を一切していない。

この点、若狭湾で発生した地震は（1985.11.27、M5.1、最大震度Ⅲ）、他地域で発生する地震に比べ高周波数の震動が卓越し、地域に被害を惹起し、本件原発1号炉を自動停止させた事実がある（甲479）。この事例は、応力降下量の地域性に関するデータの蓄積が不十分であるので、なおのこと不確かさを量的に検討すべきであることを示している。

第4 伝播特性

一審被告は、基準地震動の計算において、波動の減衰に関わる伝播特性として $Q=50f^{1.1}$ を用いていると図表註に記載している（乙49の42頁）が、この式を採用する根拠が示されていない。さらに、Q値の推定値は偏差が大きいので、偏差値を考慮して計算する必要がある。

第5 まとめ

- 1 一審被告は、敷地の解放基盤として $V_s=2.2\text{km/s}$ の堅固で様な岩があると主張しているが、開示されたデータはかかる主張と矛盾している。調査結果の隠蔽、データ解釈の誤認、さらには恣意的な作為による堅固さを誇張した地盤のモデル化がある。このようなモデルを使って評価された基準地震動は過小評価であり、かかる過小評価された基準地震動を元に設計された本件原発の危険性は明らかである。
- 2 一審被告は、「平均像」に基づく基準地震動を合理化するために、基準地

震動の策定において、震源特性、波動の伝播特性、敷地の地盤特性（サイト特性）の地域性をそれぞれ考慮したと述べ、本件原発において平均像から大きく外れるような強震動が生じることは考えられないと主張してきた。

しかし、上記のとおり、地盤特性については恣意的なモデル化を行っており、震源特性と波動伝播特性については、自ら力説するところの地域性すら考慮していない。また、基準地震動策定において、不確かさ（不確定性）を考慮するとして、断層の形、傾き、アスペリティーの分布、あるいは短周期レベルを1.25倍にするなど、主に断層の形状に関するパラメータを操作するのみで、震源特性に関わる応力降下量、波動伝播特性に関わるQ値などの物性の不確かさは考慮していない。

3 したがって、地盤特性（サイト特性）、伝播特性、震源特性の地域性を考慮することこそが安全確保の要である旨主張していた一審被告自らが、実は地域性を十分調査、考慮せず、架空の「地域性」モデルをつくりあげて基準地震動を過小評価していたことが、甲第478号証によって明らかになったといえる。

4 甲第478号証の指摘は、前回期日で証言した島崎邦彦氏が指摘した、本件原発の基準地震動策定に入倉・三宅式を用いると過小評価になるという論点とは異なる観点からなされたものであるが、一審被告の基準地震動策定は、この観点からも科学的知見に反することが示されたといえる。

改めて、基準地震動の安全性について、徹底的な審理を尽くすことが本件訴訟の重要な課題となったというべきである。

以 上