

福井原発訴訟(滋賀)を支える会ニュース

2023年12月18日 No.54 連絡先 吉原稔法律事務所 Tel 077-510-5262 FAX 077-510-5263
事務局 E-mail datsushiga@yahoo.co.jp ホームページ <http://www.nonukesshiga.jp/>

内 容

12月7日 第39回口頭弁論 赤松純平先生の原告側証人尋問	1
進行協議の内容	2
赤松先生への尋問内容	2
Ⅰ 経歴、34通の意見書、若狭湾地域の地震の特徴	3
Ⅱ 基準地震動を設定した地盤モデルの問題～サイト特性について～	3
Ⅲ 地震動に対する地盤のすべり安定性	16
Ⅳ 赤松先生の法廷での感想	18
記者会見・報告集会	19
今後の大津地裁での原発裁判の予定	20

12月7日 第39回口頭弁論 赤松純平先生の原告側証人尋問

関電の調査データに基づき「基準地震動は過小」と証言
「この裁判の結論に直結する重要な証言が得られた」井戸弁護団長

次回3/21午前11時から被告側反対尋問

12月7日、福井の関電原発7基の運転差し止めを求めた本訴(2013年12月24日提訴)第39回口頭弁論が大津地裁で行われました。

午前11時から原告代表も参加した進行協議が行われた後、午後1時15分から法廷での弁論、午後5時前から記者会見・報告集会を行いました。

今回は、本訴訟の最大の争点である基準地震動に関する赤松純平先生の原告側主尋問であり、関電側の反対尋問は次回3月21日に原告側の尋問時間と同じ180分間で行われることになっています。

赤松先生の証言内容は、関電の測定デー

タに基づき、解釈の問題点の指摘や関電が使用しなかったデータを用いての独自の解析結果を示したものであり、その要点は以下のとおりです。

まず、基準地震動を算定する関電の地盤モデルについて、以下のような問題を指摘して基準地震動が過小評価となっているとしました。

①関電は、鉛直方向の地震波の速度分布の結果から、「ほぼ均質」「特異な構造は見られない」とし、地震波を増幅する低速度層があることを無視している。

②関電は、「地下構造は水平方向に連続的」であるとしているが、データを精査すると、

基盤が落ち込む不整形がある。この基盤岩沈降域では、波線集中による地震動増幅が起こるが、関電はこうしたことを全く考慮していない。

③関電は、地震波の減衰について、減衰定数を周波数によらず一定としており、5Hz以上の周波数領域では地震波の増幅率は1以下としている。つまり、5Hz以下の地震波は増幅されるが、5Hz以上では減衰している。しかし、中央防災会議の減衰に関する考え方では5Hz以上でも減衰しないとされている。このため、中央防災会議の考え方による地震波の増幅率は、関電モデルに対して10Hzで1.5倍、20Hzでは2～2.5倍大きい。

④若狭地域の地震の特徴は、原発のような剛な構造物への影響が大きい高周波成分が卓越しているが、③の指摘のとおり関電はこのことを考慮していない。

⑥関電データを精査すると、地盤の増幅率については、各原発で多少の差はあるが、関電の地盤モデルに比べて数十%以上、特に10Hz以上の高周波数領域では数倍以上となる。

次に、基礎地盤の地震力に対するすべり安定性について、次のような点から規制委員会の審査ガイドの要請を満たしていないとしました。

①原子炉建屋の基礎地盤は、亀裂を多く含むC_{II}級が多く含まれるにもかかわらず、ほとんどすべてを堅固なC_{II}級として置き換え、すべり安全率が大きくなるような設定をしている。

②岩石の引張強度を岩盤の引張強度として、岩盤の引張強度を大きく設定している。

③関電の検討結果では、例えば大飯では、4号炉直下で数十mにわたって断層破碎帯に沿ってせん断強度に達し、引張応力が発生しているが、局所的として周辺への進行性破壊等についての検討を怠っている。

④審査ガイドは、地盤の異方性(方向によって物理特性が異なること)、不均質性、不連続性などを適切に考慮することを要請しているが、関電はこれを怠っている。

⑤基準地震動が過小評価であるため、すべり安定性は過小評価となっている。

【進行協議の内容】

11:00から行われた進行協議の内容は以下のとおりです。

準備書面について

今回、大飯、高浜の極近傍地震動問題への反論として被告準備書面(72)が提出されました。これについて、原告側は、次回期日の一週間前までに反論を提出するとなりました。

被告は今回の書面に含まれなかった美浜の極近傍地震動の問題の反論を次回期日の一週間前までに提出するとなりました。

次回3月21日(木)の日程

10:00～進行協議

11:00～12:00 反対尋問

12:00～13:15 休憩

13:15～14:15 反対尋問

14:15～14:25 休憩

14:25～15:25 反対尋問

15:25～15:35 休憩

15:35～16:30 再主尋問、補充尋問

2月8日(木)11:00～12:00 進行協議

原告側の今後の対応の見通しなどについて協議する予定です。

6月、9月の期日として

6月20日(木)、9月17日(木)が設定されました。

【赤松先生への尋問内容】

法廷では井戸弁護団長が尋問を行いました。赤松先生は、これまで34通の意見

書を提出しており、今回の尋問に向けて、それらを5つに統合した意見書を提出していますが、尋問ではそれをさらに要約したものが説明資料として用いられました。

尋問では、経歴や意見書などについて確認した後、各原発の基準地震動に関わる地盤の問題と地震力に対する地盤のすべり安定性などについて質問が行われ、赤松先生からの証言が得られました。

I 経歴、意見書、若狭の地震の特徴

(1) 経歴

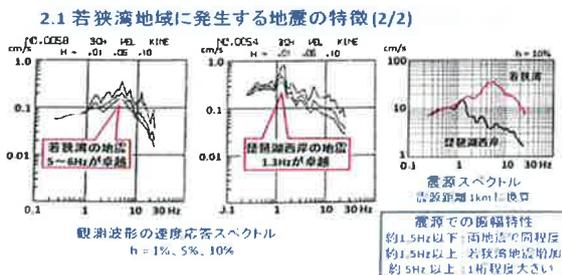
赤松先生の経歴がこの問題の証人としてふさわしいことが確認された。

- ①基準地震動の算定に用いられる、入倉・三宅式の入倉氏は、京大防災研の三年先輩の教授であり、赤松先生が助教授として研究分野を分担した。また、三宅氏の博士論文の審査は、入倉氏が主査、赤松先生が副査となり行った。
- ②高浜、美浜原発の敷地の物理探査を実施した。
- ③愛媛津島で予定されていた原発敷地地盤の調査を実施。逆転層などができてきたためか、そこでの計画は実施されなかった。
- ④敦賀では、地震波の減衰、Q値に関する調査を行った。

(2) 34通の意見書について

関電の主張内容を見ると科学的でなく、科学者の良心に基づいて書いたとした。

(3) 若狭湾地域の地震の特徴



各原発に共通する問題として、若狭湾地域の地震の特徴は、上図に示すとおり他地域に比べて高周波成分が卓越していることが指摘された。これは、後の証言で明らかにされたが、関電は、高周波数域では地震動が減衰するという減衰定数を用いており、中央防災会議の減衰に関する考え方などに比べて高周波数域の地震波が特に小さくなるというものであり、若狭湾地域の地震を過小評価することにつながっている。

II 基準地震動を設定した地盤モデルの問題～サイト特性について～

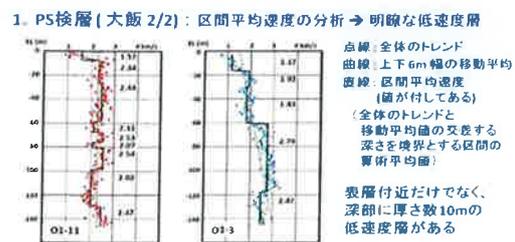
1 大飯原発

1-1 実際と異なる地盤モデル



赤松先生が指摘した地盤モデルの問題の第一は、上図に示すとおり原発最下部からは厚さ36.5mの低速度層（軟らかい地盤）があるにもかかわらず、調査で第2層として整理した岩盤上に原発を設置しているとしたことであり、調査結果無視と地震波の増幅率を小さくすることにつながっていたとした。

1-2 速度の測定位置による変化と低速度層の存在



関電は、鉛直方向速度分布の結果から、「ほぼ均質」「特異な構造は見られない」としているが、上図に示すとおり、速度分布は測定場所によっても異なり、S波1速度で2km/s以下の明瞭な低速度層が存在している。

1-3 3号炉側の低速度層

関電は、解放基盤面²のP波、S波速度をそれぞれ4.3km/s、2.2m/sと設定しているが、下図に示すとおり低速度が観測された場所は3号炉側に多く、P波、S波それぞれの平均値と比較しても3号炉側に低速度層があるが、こうした地域性は考慮されていない。

2.1 屈折法地震探査(大飯)



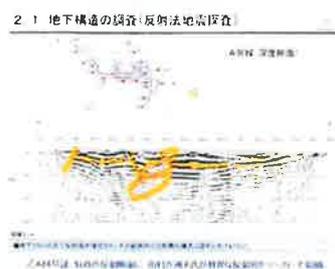
関電の評価
解放基盤のP波速度: 4.3km/s
S波速度: 2.2km/s
(2.44, 9~10頁)

関電の評価の不当性
平均値は3号炉側と4号炉側で違う
P波速度:
3号炉側: (4.218 ± 0.814)km/s (N=30)
4号炉側: (4.526 ± 0.498)km/s (N=38)
全体: (4.390 ± 0.669)km/s (N=68)
S波速度:
3号炉側: (2.017 ± 0.369)km/s (N=30)
4号炉側: (2.239 ± 0.273)km/s (N=38)
全体: (2.141 ± 0.335)km/s (N=68)

1-4 断層の存在を示唆

下図は田村八州夫氏が特異な反射列をマーカーで指摘したものであり、断層の存在が示唆されている。

3.1 反射法地震探査 大飯



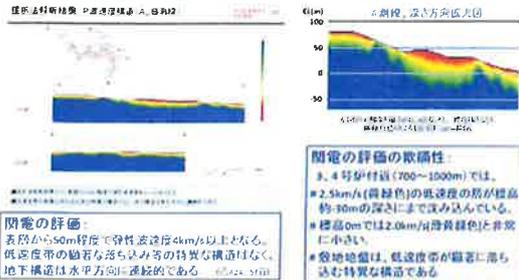
関電の評価:
地下500m位まで反射面が確認され、その範囲内で特異な構造は認められない。

関電の評価の欺瞞性:
断面図は下記の特徴があり、断層の存在を示唆している。
①反射波列のうねり
②反射波列の途断
③回折波の出現

1-5 低速度帯の顕著な落ち込み

次図の右側の図は左側に示された速度断面図を拡大したものである。関電は低速度帯の顕著な落ち込み等はなく、水平方向に連続的としているが、この拡大図で見ると低速度帯が顕著に落ち込む特異な構造といえ、水平方向に連続的ではない。

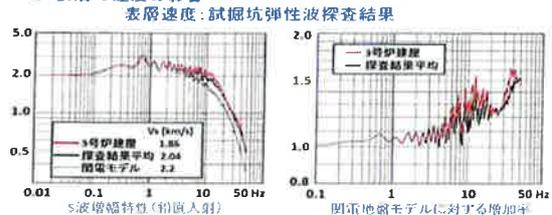
3.2 屈折法解析 大飯



1-6 0m~-36.5mの低速度層の影響

(1)で、関電は原発が岩盤上に置かれているとしていることを指摘したが、実際の地盤は標高0~-36.5mに低速度層、つまり軟らかい層があることを明らかにした。下図はそのことが地震の増幅率に及ぼす影響について検討したものである。関電モデルと比べて、増幅率は0.2Hz以上の周波数域で増加し、低速度層がある3号炉のモデルでは、6~20Hzで1.3~1.5倍、30~50Hzで1.5~1.6倍の増幅率となる。

1.3 表層の速度の影響

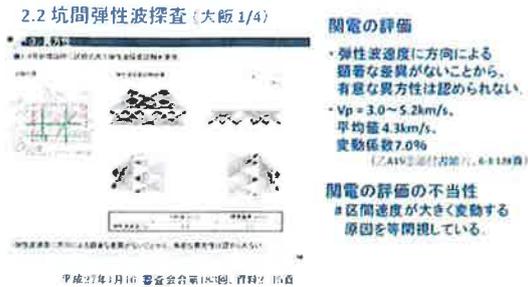


* 関電モデルと比べて、増幅率は0.2Hz以上の周波数域で増加
* 3号炉モデルでは、6~20Hzで1.3~1.5倍、30~50Hzで1.5~1.6倍の増幅率

¹ P波、S波: 震源から離れた位置で最初に観測されるのがP波(Primary Wave)、続いて観測されるのがS波(Secondary Wave)。一般に硬くて亀裂の少ない岩盤ほど伝播速度は大きくなる。P波は体積変化(膨張~収縮)、S波は横滑り~捻れの変形が伝わる。波が到達した地点は、波の進行方向に対して、P波では同じ方向に、S波では直角方向に揺れる。地震時、地盤上では、波は下方からほぼ鉛直に伝わってくるので、P波では縦方向に、S波では横方向に揺れる、そのため、P波は縦波、S波は横波と便宜的に称されている。

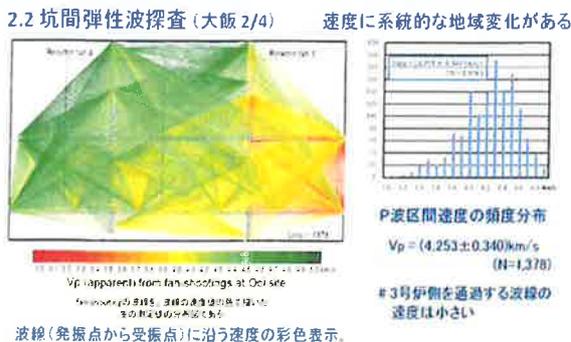
² 解放基盤面: 原発敷地において一定以上の固さをもつ地中の地盤の上部を仮想的にはぎとった表面であり、耐震設計の地震動はここで定義される。

1-7 速度には方向による顕著な差



関電は、上図の坑道間弾性波探査の結果から、弾性波³速度には方向による顕著な差異がなく、有意な異方性は認められないと評価している。しかし、測定された P 波速度は $3.0 \sim 5.3 \text{ km/s}$ と大きく変動しており、その原因を調査せずに異方性がないと主張している。

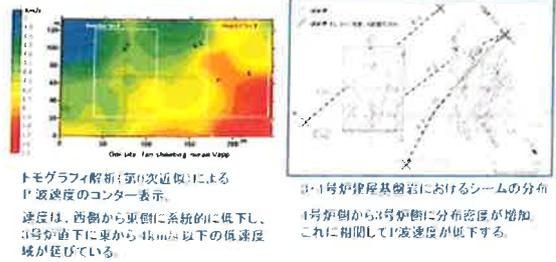
下図は、関電データから読み取った波線に沿う速度値を色分けして表示したものである。図の左上 (西側) は、 $5 \sim 4 \text{ km/s}$ の青色から黄色が多く、右下 (東側) は $4 \sim 3 \text{ km/s}$ の黄色から赤色が多いことが明瞭であり、速度が場所によって異なることは明らかである。



1-8 速度とシーム(亀裂)分布の相関

次の図は P 波速度の等値線図である。西側から東側に系統的に低下している。右側

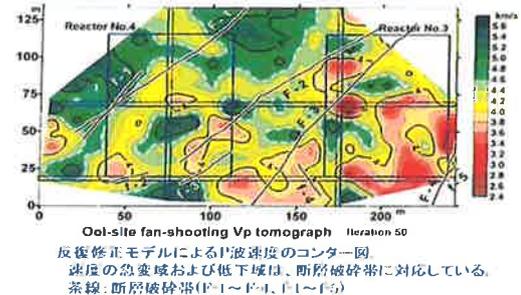
2.2 坑間弾性波探査 (大飯 3/4) 速度とシーム(亀裂)の分布の相関



の図は、シーム (岩盤の亀裂) の分布図であり、速度とシームの分布密度は高い相関があることが明瞭であり、岩盤に亀裂が多いほど、速度は低下している。

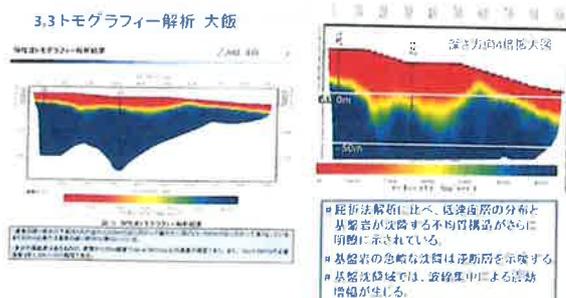
1-9 速度と断層破碎帯との相関

2.2 坑間弾性波探査 (大飯 4/4) 速度と断層破碎帯の相関



上図は精度を高めて処理した P 波速度の等値線図である。斜めの線が f-1、F-1、F-2 などの断層破碎帯であり、速度の急変、低下域は断層破碎帯と概ね一致している。

1-10 トモグラフィ解析による地下構造の評価



³ 弾性波: P 波、S 波など、媒体の弾性的性質により伝播する波を総称して弾性波という。弾性波探査は、岩石の動弾性的性質の差異によって弾性波の伝播速度が異なることを利用して、地下に分布する地層を速度によって判別するもの。

上図は、トモグラフィー解析⁴による弾性波速度の断面図であり、基盤岩が沈降する不均質構造が明瞭に示されている。この図からも低速度帯が顕著に落ち込む特異な構造であること、水平方向に連続的とはいえないことが明らかである。

1-11 トモグラフィー解析の発信記録

3.3 トモグラフィー解析 大阪：発信記録の特徴と走時異常

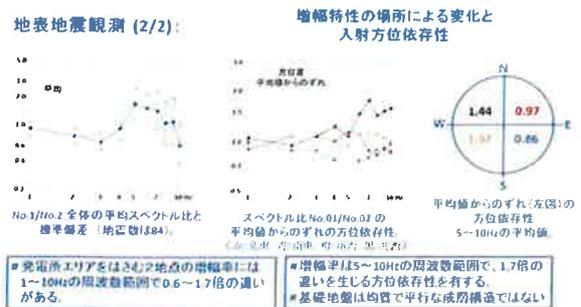


上図左は、トモグラフィー解析の発信記録であるが、関電は「それぞれの走時も明瞭であるため、適切な調査が行われていることが確認できた。」としている。しかし、ここに表れている異常については何も言及していない。

これについて、田村八州夫氏は、上図右のとおり屈折波の食い違い、反射屈折波、回折波が記録されており、典型的な断層構造を示していること、断層は落差 60～80m に及ぶものであることを指摘している。

1-12 地震波の場所による変化と入射方位依存性について

⁴ トモグラフィー解析：屈折法解析では、速度層をいくつか仮定して行われるが、弾性波トモグラフィーでは速度層の仮定を用いず、波線の通過情報を用いて速度分布を推定する。解析はすべて計算機を用いて、計算走時が観測走時にあうようにモデルを変化させて収束計算を行っており、より詳細な地下の速度分布情報を得ることができる。トモグラフィーとは物体の切断面を画像にする技術のこと。
⁵ 走時、走時曲線：震源から観測地点まで伝わるまでに要する時間を走時（そうじ）と呼び、震源から観測地点までの距離と走時の関係とを表したグラフが走時曲線で、縦軸に走時をとり、横軸に各観測点の震央からの距離をとる。地震波は通常、一定の速度で伝わるため、走時曲線はほぼ直線になるが、P波速度が急に変わる断層などがあれば折れ曲がる。



関電は、電力中央研究所が、原発敷地地盤を挟んで 7 地点行った地震波増幅特性の調査結果から「平均基準化スペクトルは方位に依らず概ね一致し、次元仮定が妥当であることが支持された」としている。つまり、地震波の増幅は場所により一定であり、入射方位依存性はないというのである。

上図は、電力中央研究所のデータを整理したものであるが、左の図は、調査地点 No.1 と No.2 の全体スペクトル比を示したものである。関電の評価が正しければ、この比は 1 になるのであるが、0.6Hz～10Hz の周波数範囲で 0.6～1.7 倍の差があり、増幅特性は場所によって異なることが示されている。真ん中の図は、平均値からのずれの方位依存性を示したものであるが、5～10Hz の周波数範囲で最大 1.7 倍の差が生じており、明らかに増幅率は地震波の入射方位依存性があることがわかる。このことから、関電のいう「基礎地盤は均質で平行な成層構造」ではないことが明らかである。

1-13 破碎帯の規模と分布

破碎帯の規模と分布

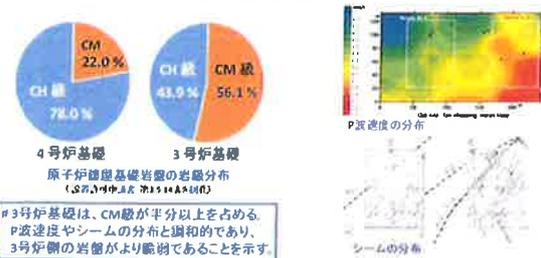


敷地には、15本の破碎帯があり、そのうち9本は3、4号炉の直下にある。これらは、すべて活動性はないと評価されているが、地盤の増幅特性への影響についてはほとんど議論されていない。

建屋基礎岩盤には、規模の小さい破碎帯（シーム、亀裂）が多数存在し、シームの分布密度の違いが地震波速度の系統的な違いを引き起こしている。

1-14 岩盤の岩級区分と場所的变化

基礎岩盤における岩級の場所的变化



岩盤は風化・破碎の程度によって硬さや強度が異なり、岩級区分では A 級が最も堅固で以下、B 級、C_H、C_M、C_L、D 級と脆弱となっていく。

上図は、4号炉、3号炉下の C_H 級と C_M 級の比率を示したものであるが、3号炉側の岩盤がより脆弱であることを示したものであるが、上右図の P 波速度やシームの分布と調和的である。

1-15 地質断面図における岩級区分

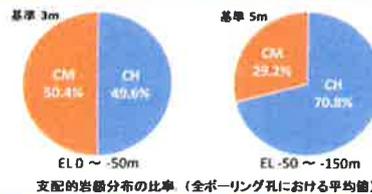
岩級分布 (3/8) 地質図(鉛直断面)に描かれた岩級分布



上図は地質図に描かれた岩級分布であるが、元資料の地質柱状図と全く異なり大部分が C_H 級の岩盤とされている。その理由は、基準区間内で分布割合の多い岩級をその区間の岩級とするという、いわば、小選挙区制で当選者を決めるような方法で岩級区分をしたというのが関電の説明であるが、これは岩盤全体が堅硬であると誤認させるようなやり方である。

しかし、次の図に示すように、標高 0～50m では、「支配的」岩級は C_M 級であり、標高 -50m～-150m では約 3 割の基準区間で C_M 級が支配的であるにもかかわらず。上図に示した地質断面図ではそのことが反映されていない。

岩級分布 (8/8) 基準区間の支配的岩級区分(小選挙区制 3/3)



標高 0～-50m では「支配的」岩級は C_M 級である。
 # 標高 -50～-150m では約 3 割の基準区間で C_M 級が支配的である。
 # 地質断面図の岩級分布は、支配的岩級区分に依っていない。

1-16 岩盤の劣化

地質柱状図には、岩盤の堅硬度の指標となる最大コア長、RQD などが記載されている。

最大コア長は、1m の区間でひび割れずに採取されたコアの最大長さ、RQD (Rock Quality Designation) は、ボーリングコア

長 1m 中に含まれる 10cm 以上の棒状コアの長さの合計を割合%で示したものである。いずれも岩級区分との相関が高く、敷地の北西側から南東側への岩盤の劣化が標高 150m の深さに及んでいることを示している。

1-17 地盤モデル作成の経緯・特徴

1.1 関電地盤モデル作成の経緯・特徴



上の左側の表は標準地震動計算用の地盤モデル（関電モデル）であるが、右側の観測記録の逆解析結果（インバージョンモデル）を次のように変更している。

- ①インバージョンモデルの第一層は土質堆積層としてカット。
- ②地震基盤が深さ 3km となるよう、第 13～15 層をカットし、第 16 層を標準地震動モデルの第 12 層とした。

関電モデルの問題点は次のとおりである。

- ①第一層 P 波、S 波速度は逆解析の初期条件で与えたものであり、深さとともに単調に増加するという設定は観測記録を無視したものである。
- ②密度が全層で 2.7g/cm³ は物理的にあり得ない条件である。
- ③減衰定数、第一層 3%、第二層以下 0.5% という設定値は過大である。

1-18 地盤の密度分布の影響について

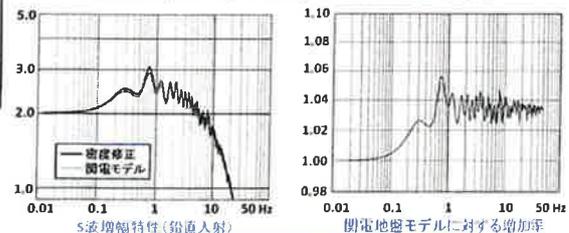
地盤の密度と速度は相関関係にあり、密度が大きいほど速度は大きくなる。1-17 で示した表では、関電は、P 波速度 4.6～

6.1km/s で密度はすべて 2.7g/cm³ としている。地震波の振幅は密度と速度の積の比によって変化するが、この 2.7g/cm³ という値は P 波速度として関電が設定した速度の上限に近い 6km/s 付近の値である。つまり、大きめの密度値を用いるにことにより増幅率を小さくしているのである。

下図は、各層の密度を関電の計算式により P 波速度から求め、増幅率への影響を検討したものである。

数%であるが、広い周波数帯にわたって関電モデルより増幅率が増加する。

1.2 密度分布の影響: 各層の密度を Vp に対応させて検討
 $\rho \text{ (g/cm}^3\text{)} = 1.2475 + 0.399 \cdot Vp - 0.026 \cdot Vp^2 \text{ (km/s)}$ (関電04)



1-19 減衰定数の問題点とその影響

関電モデルの地盤の減衰特性については次のような問題がある。

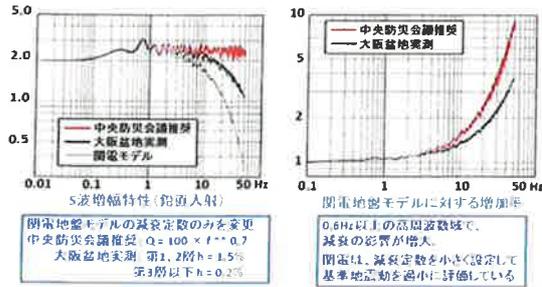
- ①速度の不均質に関する論文を恣意的に引用して、減衰定数を大きくしている。
- ②調査中にボーリング孔が崩壊するという脆弱な岩盤地点での調査結果を用いて減衰定数を大きくしている。
- ③このように、大きい減衰定数を用いて、基準時地震動を過小に評価している

下図は、関電モデルの減衰定数の影響について検討するため、中央防災会議が推奨している減衰定数などと比較して増幅率がどのように異なるかを示したものである。

関電モデルは、中央防災会議推奨の定数と比較して 0.6Hz 以上の高周波数域で影響が拡大してきており、結果的に標準地震

動過小評価につながっている。

1.4 減衰定数の影響



1-20 不整形地盤による波線集中

1-5、1-10で基盤岩の落ち込み構造があることを示したが、凹部の上部では地震波が集中する。入射角にもよるが、鉛直下方からの入射では、波線の集中度密度は3~5倍、エネルギー密度は9~25倍となる。この影響を受ける周波数範囲は、10Hz以上である。

1-21 深部低速度層の影響

関電は、地盤の不均質性のスケールが地震波の波長に比べて小さい場合、地震波の増幅に大きな影響を与えないとしている。しかし、低速度層の深さや位置を変えて検討を行ったところ、深部低速度層の影響は3Hz以上の周波数域で増幅作用が大きいことが明らかになった。

1-22 地盤増幅率のまとめ

1. 地盤モデルと地盤増幅率について - まとめ (1/2)

影響する項目	データ	影響する帯域	図電モデルに対する増加倍率
密度分布	関電換算式	0.6 Hz以上	3~5%
伝播速度	試験坑調査	6Hz以上	1.2~1.5倍(0~20Hz) 1.5~1.6倍(30~50Hz)
減衰定数	KiK-net 実測値	数Hz以上	1.4倍(10Hz), 1.7倍(20Hz)*
	中央防災会議調査結果	数Hz以上	1.6倍(10Hz), 2.3倍(20Hz)*
基盤沈降	トモグラフィ結果	10Hz以上	3~5倍(基盤沈降幅・局所的)
深部低速度層・湧層	O1-3孔PS検層結果	7Hz以上	1.7倍(7~10Hz)**、2倍以上(20Hz付近)
	O1-11孔PS検層結果	10Hz以上	1.2倍(10~15Hz)、1.5倍(20Hz付近)

◎ 関電の実施した調査結果によれば、地盤の増幅率は関電の地盤モデルの数10%以上、特に10Hz以上の高周波数域では数倍以上である。
◎ 各項目による影響は重畳する。

地盤増幅率についての検討結果をまとめると上の表のとおりであり、関電の検討

結果に比べて増幅率は数十%以上となり、特に10Hz以上の高周波数領域では数倍以上である。

2 高浜原発

2-1 地形・地質の特徴

原子炉建屋は、山地斜面の標高50m付近を掘削整地して建てられている。

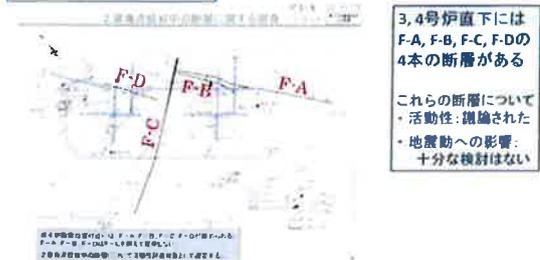
下図は、4号炉を通る北東-南西方向の地質断面図である。原子炉基礎地盤は、60mにおよぶ切土により整地され、それにより上載圧が除去され、応力解放による物性値の低下や地震波速度の低下を引き起こしている。

地形・地質の特徴(2/5)



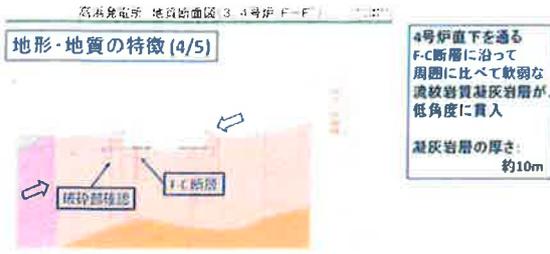
また、次の図に示すとおり3、4号炉直下にはF-A、F-B、F-C、F-Dの4本の断層があり、これらの活動性についての議論が行われたが、地震動への影響についての十分な検討は行われていない。

地形・地質の特徴(3/5)



次ページの図は、3号炉と4号炉の直下をとおりF-C断層に沿って周囲に比べて軟弱な厚さ10mの流紋岩質凝灰岩層が低

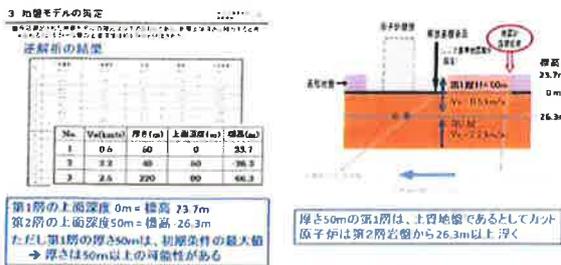
角度に貫入していることを示したものである。



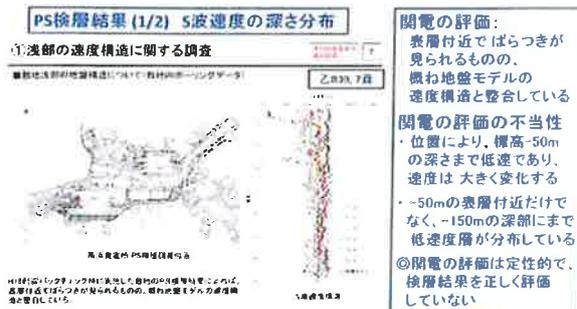
2-2 地盤モデルの問題

次の図は、原発設置地盤を示したものであるが、関電モデルでは原発は岩盤上に設置されていることになっているが、50mの層厚があった土質地盤 23.7m削っただけであるので、低速度層である土質地盤層が26.3mあることを示している。

微動アレイ観測 (2/2) 基盤岩から離れて宙に浮く原子炉



2-3 速度の測定位置による変化と低速度層の存在



上図は、S波速度の深さ方向の分布を示したものである。関電は、表層付近でバラツキがみられるものの、概ね地盤構造の速度モデルと一致していると評価している。しかし、この評価は以下のように不当であ

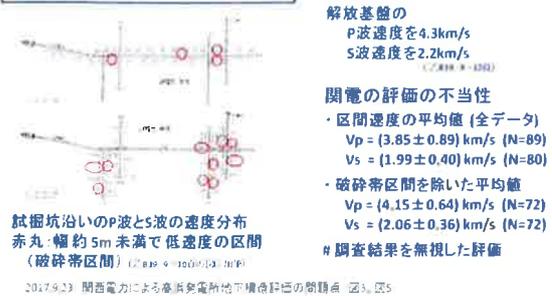
る。

- ①位置により標高-50mの深さまで低速であり、速度は大きく変化する。
- ②-150mの深部まで低速度層が分布している。

2-4 低速度の区間があることを無視

下図は試掘坑沿いのP波、S波の速度分布で低速度の区間があることを示したものである。関電はこの調査結果を無視してP波速度を4.3m/s、S波速度を2.2km/sとしている。

試掘坑内屈折法地震探査 (1/2)

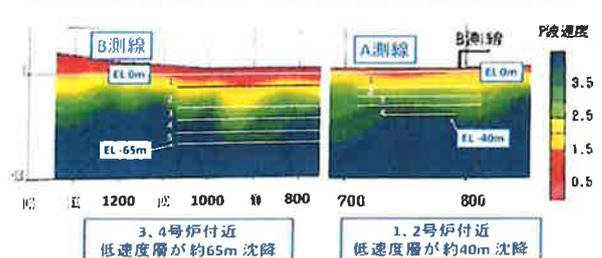


2-5 低速度層の落ち込み

関電は、表層から50m程度で弾性波速度4km/s以上の地層が出現する、低速度層の顕著な落ち込み等の特異な構造はなく、地下構造は水平方向に連続的であると評価しているが、下図に示すとおり関電の評価は調査結果を無視したものである。

- ①2.5km/s未滿の地層は-40m付近まで沈み込んでいる。
- ②Vp=4km/sの層は、-60m以深である。
- ③急峻な落ち込みのある起伏に富んだ複雑な構造である。

表層の速度の影響 (1/2) 反射法地震探査屈折法解析の結果

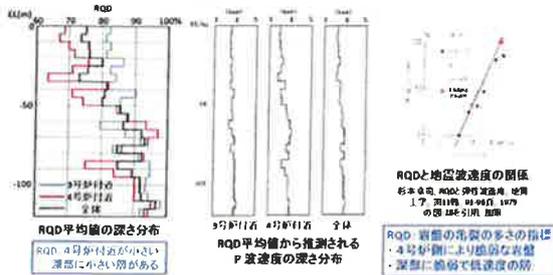


2-6 RQD に見る岩盤の評価

関電は、「RQD の平均値は 80%以上を示しており、岩質は硬質であり、基礎岩盤は非常に安定」と評価している。

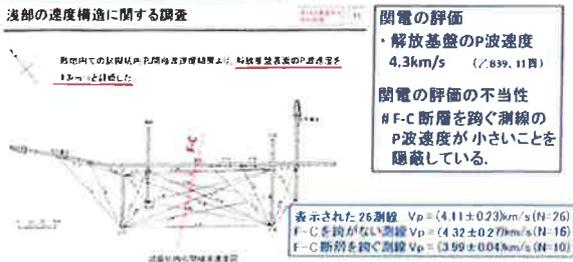
しかし、4号炉側に脆弱な岩盤があることや深部に脆弱で低速度層があることなどが読み取れ、関電の評価は自らの調査結果を無視している。

ボーリング孔地質調査結果の評価(1/2) RQDとP波速度の深さ変化



2-6 解放基盤の P 波速度の評価

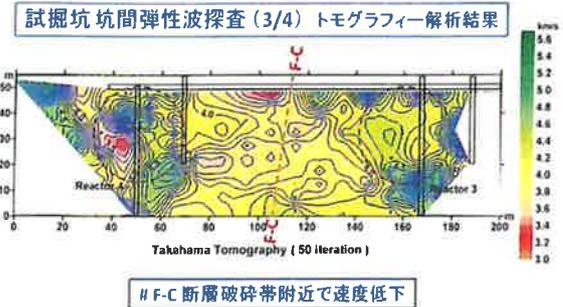
試掘坑坑間弾性波探査(1/4)



関電は、試掘坑内坑間弾性波探査の結果、解放基盤の P 波速度を 4.3km/s としているが、前ページの図に示す表示された 26 測線全体の速度平均は 4.11km/s であるが、F-C 断層をまたがない測線の平均は 4.32km/s であるのに対し、F-C 断層をまたぐ測線の平均は 3.99km/s である。

下の速度の等値線図はトモグラフィ解析によるものであるが、F-C 断層付近で P 波速度は 3.2km/s まで低下しており前記の指摘と一致している。また、この等値

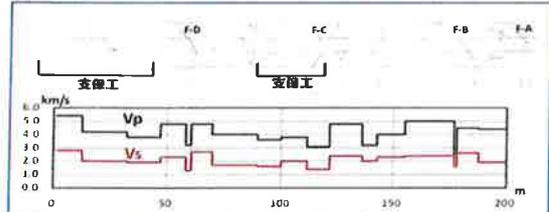
線図を見ても、場所による速度の変化が大きく、均質という関電の地盤構造の考え方とは真逆であることを示している。



2-7 速度と断層破碎帯及びシームの分布

試掘坑内屈折法地震探査(2/2)

試掘坑に沿う速度と断層破碎帯及びシームの分布との関係



シームの分布密度の大きい場所、破碎帯の位置で速度は小さい
上図：試掘坑地質展開図(本稿)。(Z0107, 第3.5.24図を編集)
下図：試掘坑弾性波探査速度図(本稿)。(Z039, 9頁を図化)

上図の上側の図は、試掘坑地質展開図として、断層とシームの密度を示している。下側の図は、試掘坑の弾性波速度を示している。シームの分布密度の大きい場所、断層破碎帯の位置で速度は小さくなっている。

2-8 反射法地震探査⁶結果について

反射法地震探査(1/2)



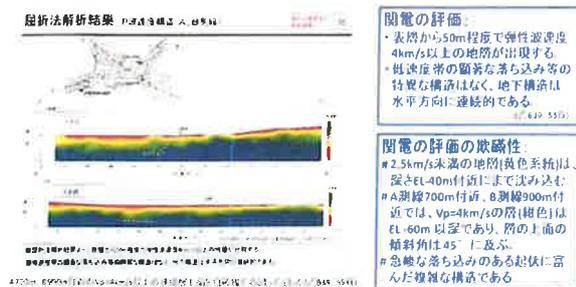
⁶ 反射法地震探査：地表で衝撃波または連続波を発生させ、地下の反射面から反射して地上に戻ってくる反射波を、地表に展開した受振器で測定し、解析して地下反射面の深度分布、地下構造を探索する方法。

関電は斜交する二つの測線で反射法地震探査を実施した。前ページの図は、A測線の深度断面図であるが、関電は「1000m以深まで複数の連続する反射面が観測され、その範囲内で特異な構造は認められない」と評価している。しかし、右側の図に示したように反射列には、傾斜、沈み込み、断裂があるなどの特異な構造が認められる。

B測線でもA測線と同様、明瞭な不整形地盤構造がみられる。

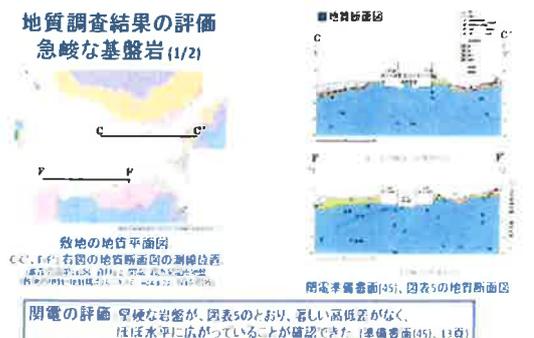
2-9 屈折法解析の結果について

反射法地震探査 屈折法解析 (1/2)



上図は関電が実施した屈折法解析による速度の深度断面図である。関電は、表層から50m程度で弾性波速度4km/s以上の地層が出現する、低速度帯の顕著な落ち込み等の特異な構造はなく、地下構造は水平方向に連続的である、と評価している。しかし、同図を詳細に見ると、2.5km/s未満の地層は深さ40m付近まで沈み込んでいること、A測線700m付近、B測線900mでは、 $V_p=4\text{km/s}$ 層は60m以深であり、層の上面の傾斜角は45°に及んでいる。このように、地盤は、急峻な落ち込みのある起伏に富んだ複雑な構造であり関電の評価には欺瞞がある。

2-10 急峻な基盤岩



関電は、上図右の地質断面図を示し、堅硬な岩盤が、著しい高低差なく、ほぼ水平に広がっていることが確認できたとしている。しかし、この断面図は、上図左の平面図に示されるように造成前の谷筋に平行な測線で描かれたものである。

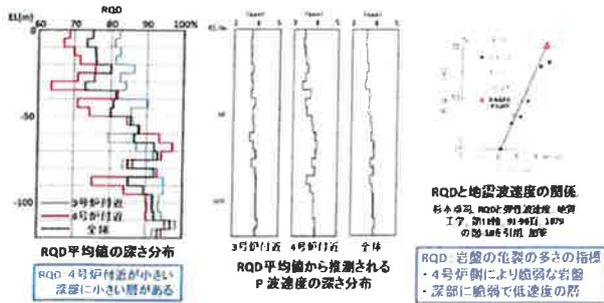
下図は、谷筋を横断する測線の地質断面図である。これによると、岩盤は水平ではなく3、4号炉とも約30°の傾斜で山側から谷側に落ち込んでいることがわかる。



2-11 ボーリング孔地質調査結果

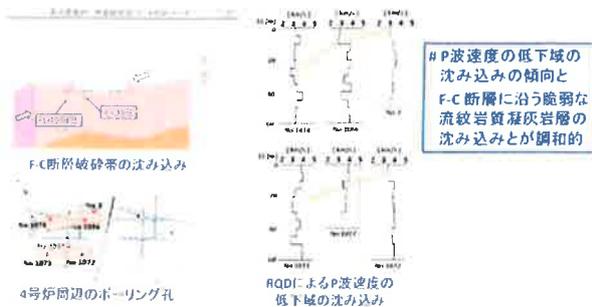
次の図は、ボーリングコアの亀裂の多さを示す指標RQDの深さ方向の分布を示したものである。これによると、4号炉側はより脆弱な岩盤であること、深部に脆弱で低速度の層があることがわかる。

ボーリング孔地質調査結果の評価(1/2) RQDとP波速度の深さ変化



下図は、F-C断層とRQDの分布を示したものであるが、P波速度の低下域の沈み込み傾向とF-C断層に沿う脆弱な流紋岩質凝灰岩の沈み込みが調和的である。

ボーリング孔地質調査結果の評価(2/2) F-C断層とRQD分布

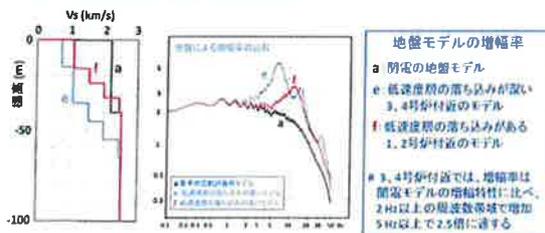


2-12 表層の低速度層の増幅率への影響

上図は、表層の速度層の増幅率への影響について、関電モデルと比較したものである。

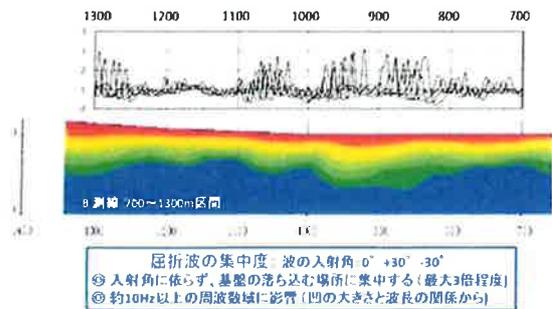
とくに低速度層の落ち込みが深い3、4号炉付近のモデルでは、2Hz以上の周波数帯で関電モデルより増幅率が大きくなり、5Hz以上では2.5倍に達する

表層の速度の影響(2/2) 増幅率の違い



2-13 基盤岩落ち込みの影響

基盤の落ち込みの影響(3/3) 屈折波の集中(B測線)

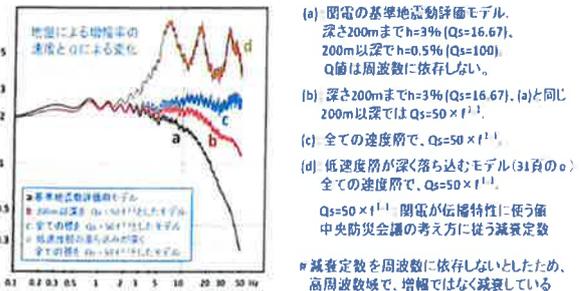


2-9で基盤岩が落ち込んでいることを示したが、上図は屈折波の集中度を示したものであり、10Hz以上の周波数帯で最大3倍程度の集中が起こることを示している。

2-14 減衰定数の影響

関電モデルでは、減衰定数を周波数に依存しないとされたため、高周波数域で、増幅ではなく、減衰しており、基準地震動の過小評価につながっている。

減衰定数の影響



2-15 高浜原発サイト特性のまとめ

2. サイト特性について 一まとめ

- 調査結果に基づく地盤モデルの増幅特性は、関電の基準地震動評価用の地盤モデルに比べて
 - ・ 基盤の速度が深さ10mにわたって遅いため、5Hz以上の周波数域において、増幅率は2~2.5倍程度増加する。
 - ・ 基盤が幅約100m、深さ60~70mも沈み込む不整形であるため、地震波の集中が生じ、沈降域の地表面では10Hz以上の周波数帯域で、最大3倍程度の振幅増加が生じる可能性がある。
- ・ 関電モデルの減衰定数は周波数によらず一定であるので、5Hz以上の周波数域で増幅率は1以下(減衰)である。中央防災会議の考え方に従う減衰定数では、高周波数域で減少しないため、増幅率は関電モデルに対して10Hzで1.5倍、20Hzでは2~2.5倍程度増加する。
- ・ これらの要因による増幅率の増加は、重畳して現れ、サイト特性の不確かさとなる。

3 美浜原発

3-1 地形・地質の特徴

地形・地質の特徴 (1/3) 断層破砕帯



断層破砕帯の分布
 3号炉およびその近傍に
 9本の断層破砕帯
 (橙色矢印)
 B、B(北)、C、D、E
 II-S-3、II-S-4
 F-M1-1、F-M3-9
 周囲の岩盤より脆弱な
 ドレライト貫入岩脈
 (水色矢印)

地質水準断面図(標高+20m)
 橙色矢印:断層破砕帯、水色矢印:ドレライト貫入岩脈
 D、Eは3号炉を通る地質構造断面図の測線。

3号炉およびその近傍に9本の断層破砕帯があり、「将来活動する断層ではない」とされているが、地震時の地盤震動特性への影響は全く考慮されていない。

次の図は、D-D'、E-E'断面図である。

3号炉の直下にはB、C、D、E断層破砕帯と3層の脆弱なドレライト貫入岩脈がある。

地形・地質の特徴 (2/3) 断層破砕帯



鉛直断面図(標高+50m ~ +200m)
 3号炉直下: B、C、D、E断層帯
 3層のドレライト貫入岩脈

次の図は、D-D'の地質断面図であり、関電は、「原子炉直下には概ねCM級以上の岩盤が基礎直下より確認されている」と評価しているが、破砕帯に沿ってD級、CL級が深く沈み込み、ドレライト貫入岩脈に沿ってCH級内にCM級が広がっていることを無視している。D級、CL級の地震波速度は地盤モデルの表層速度より

地形・地質の特徴 (3/3) 岩級分布



岩級区分図 桃: D級、橙: CL級、黄: CH級、青: (H)級
 与差図中の赤丸: 大深部ボーリング、M3-11、3号炉の位置

岩級分布と地震波速度

・破砕帯に沿って
 D級、CL級が深く沈み込む。
 ・ドレライト貫入岩脈に沿って
 CH級内にCM級が広がる。
 ・D級、CL級の地震波速度は
 地盤モデルの表層速度
 ($V_p=4.0\text{km/s}$, $V_s=1.65\text{km/s}$)
 より小さい。

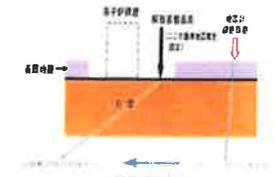
岩級	平均速度	標準偏差
D級	3.8	0.2
CL級	3.5	0.2
CH級	4.0	0.2
CM級	4.0	0.2

岩級別地震波速度

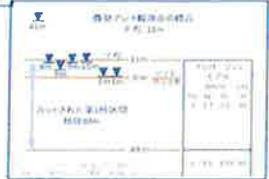
小さい。

3-2 地盤モデルの問題

機動アレイ観測 地盤モデル作成 (3/3)



閉電の土質 機動観測の地盤計は本らしい地盤に
 設定され、原子炉は $V_s=1.65\text{km/s}$ の解放基盤に
 設定されている。第1層(図の紫色の部分)は、
 土質地盤であるのでカットする



標高・階層を記載したインバージョンモデル
 第1層(土質層) 上面標高+11m、厚さ80m
 第2層(解放基盤) 上面標高-69m
 第3層をカットすると
 原子炉は第2層岩盤から69m宙に浮く

閉電準備書面(38)、図表61(25頁)

上図は、原発設置地盤を示したものであるが、関電モデルでは原発は岩盤上に設置されていることになっているが、80mの層厚があった土質地盤11m削っただけであるので、低速度層である土質地盤層が69mあることを示している。実際ある岩盤のレベルから69m宙に浮いた状態といえる。

3-3 速度の測定位置による変化と低速度層の存在

関電は「敷地全体にわたって硬質な岩盤を確認」としているが、下図に示すとおりPS検層による鉛直方向の速度分布は場所による違いが大きいが、バラツキの原因や振動特性への影響は検討されていない。

PS検層結果

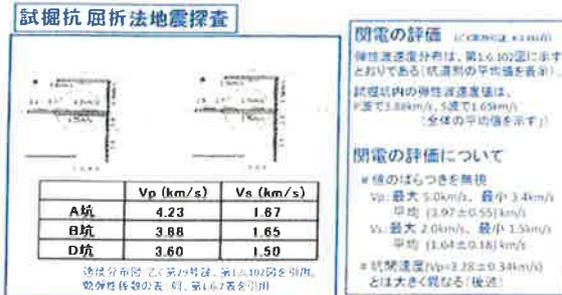
1. 2 浅部地下構造の評価(PS検層)

観測地:浅部の速度構造、敷地内ボーリングデータ



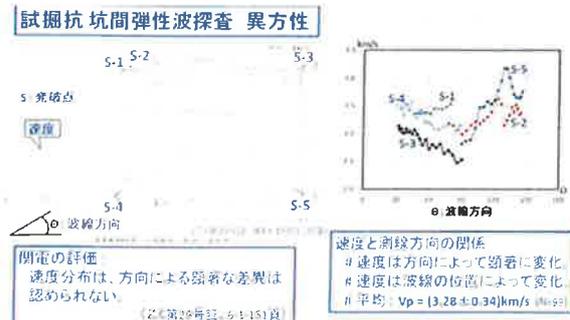
PS検層結果
 P波速度、S波速度とも
 標高-150mの深さまで
 場所による違いが大きい。
 EL+40m: $V_p=2\sim3.5\text{km/s}$
 $V_s=0.5\sim3\text{km/s}$
 EL-40m: $V_p=2.2\sim3.5\text{km/s}$
 $V_s=1\sim3\text{km/s}$
 EL-130~-150m: 速度低下
 閉電の評価:敷地全体に
 わたって硬質な岩盤
 (左図示様)

次の図は試掘坑屈折法地震探査の結果を示したものである。関電は、P波で3.88km/s、S波で1.65km/sとしているが、下図の右に示したようにバラツキを無視している。

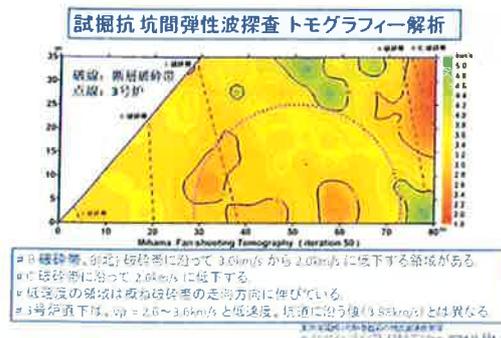


3-4 異方性について

下図は、地表探査による基盤の速度と形状である。関電は速度分布は方向による差は認められないとしているが、右側の図に示したように速度は方向によって顕著に変化しており、位置によっても変化している。



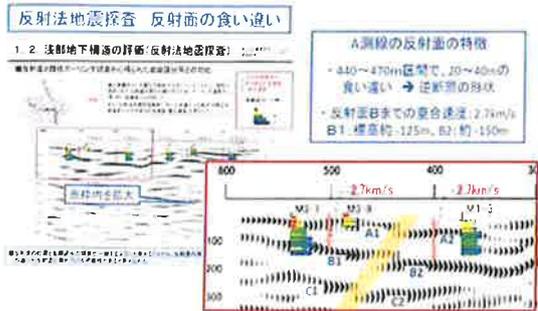
3-5 トモグラフィー解析



地震波速度が破碎帯に沿って大きく低下していることを明瞭に示している。

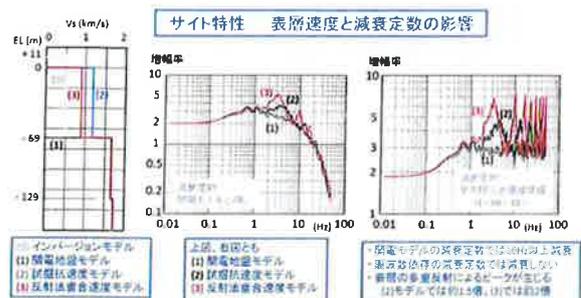
3-6 反射法地震探査における反射面の食い違いは典型的な逆断層

下図の拡大図で、A1とA2、B1とB2、C1とC2で20~40mの反射面の食い違いを示しており、典型的な逆断層の形状である。



3-7 表層速度と減衰定数の影響

下図は、表層速度と減衰定数の影響について検討したものである。中の図は、左図の表層速度の設定値で3つのモデルについて、減衰定数を関電モデルと同じとして増幅率を算定したものの、右図は減衰定数を中央防災会議推奨値にして増幅率を算定したものである。関電モデルでは10Hz以上の周波数域で減衰が生じるが、周波数依存の減衰定数では減衰はしない。



3-8 鉛直アレイ地震観測⁷

関電は、2014年の滋賀県北部で発生し

⁷ 鉛直方向に配列された地震計による観測

た地震についての観測記録で各深度における増幅はほとんど見られなかったとしている。

下図では、上向きの矢印が1,067mの深さ、下向きの矢印が84mの深さの応答スペクトルを示しているが、最大で3倍の増幅があることを示している。

さらに、関電は84mから0mまでの増幅を不問にしている。



(9) 美浜原発のまとめ

サイト特性について ーまとめー

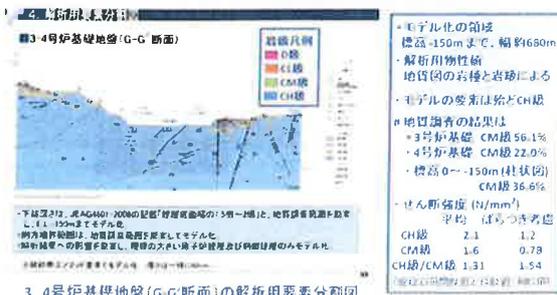
- 関電の基準地震動を策定するための地下構造モデルは、インバージョンモデルの第1層を除去し、標高-69mの第2層以下を地盤モデルとしている。宙空になった標高0~-69m区間に、試験抗強性波探索と反射法地震探索の結果を適用して、関電モデルとの違いを調べた。
- サイト特性は、表層の多重反射によって、3Hz以上の周波数域にピークが生じ、関電モデルに対して、試験抗モデルでは約1.5倍、反射法速度モデルでは約2倍増加する。
- サイト特性は、関電モデルの減衰定数では、10Hz以上で、急速に減衰し、入射地震動より振幅は大幅に減衰する。
- 大深度地中アレイ地震観測では、地盤による3倍もの振幅増加が記録されたが、関電はこれを無視して地盤による増幅作用はないとした。地震観測による地盤モデルの妥当性の検証が行われていない。

III 地盤のすべり安定性

1 大飯原発

1-1 基礎地盤のモデル化の問題

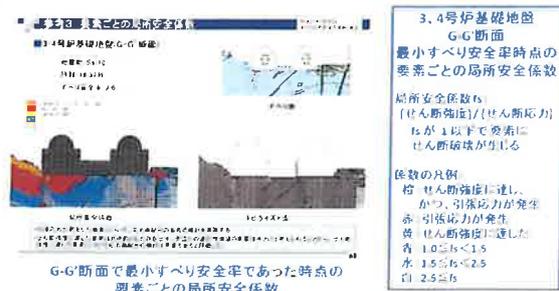
下図は大飯原発 4号炉基礎地盤の解析



用要素 (以下、要素という。) 分割図である。この図では、ほとんどの要素が CH 級として分類されているが、地質調査の結果は、3号炉基礎では、CM 級 56.1%、4号炉基礎では CM 級 22.0%、標高 0~150m では CM 級 36.6%であった。CH 級と CM 級のせん断強度の比は CH/CM=1.31 であり、関電は地質調査の結果を無視した岩級分布のモデルを作成して岩盤の強度を大きく設定している。

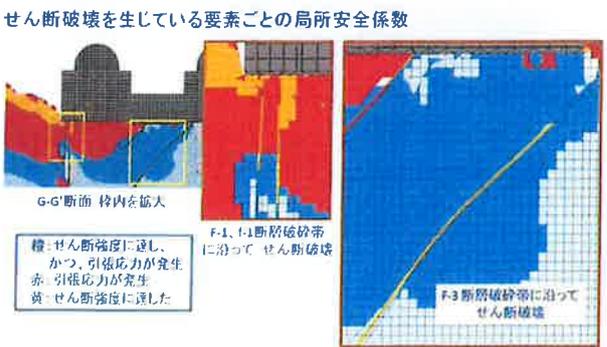
1-2 要素ごとの局所安全係数

関電は、大飯 3、4号炉について、6つのすべり面を設定して、最小すべり安全率が基準の 1.5 を超え、2.6 であったので安全としている。



上図は、最小すべり安全率が発生した時の要素ごとに計算された局所安全係数を示したものである。これによると、4号炉直下に、引張応力の発生した領域が広がっており、左の斜面から4号炉直下のF-1断層破碎帯周辺に、せん断強度に達し、かつ、引張応力が発生した領域が広がっている。

関電は、せん断強度に達した要素は局所的にしか存在せず影響は小さいとしてこ



れ以上の検討を行っていない。

前ページの図は、せん断破壊が生じている領域を拡大したものである。関電は数十mにも及び破壊域を局所的として影響を無視している。

1-3 要素ごとの引張強度



上図は、要素ごとの引張強度を示したものである。関電は引張応力がCH級岩盤の引張強度以下であるから安全性に影響を及ぼさないとしている。

しかし、この判断は以下のとおり間違っている。

①安全率算定のフローから逸脱し、せん断破壊の有無の問題を引張強度にすり替えている。

安全率算定フローでは、せん断強度ゼロの判定は、せん断応力がせん断強度に達し、かつ、すべり面に垂直な引張応力が生じた場合であり、関電が行っているような引張破壊の有無ではない。

③岩石の引張強度を岩盤の強度としている。

関電が用いている74kg/cm²は、岩盤の強度ではなく岩石の強度である。岩盤の強度は、CH級で2.7~11.0kg/cm² CM級で1.7~7.1kg/cm²程度である。

1-4 異方性の無視

速度の異方性があるにも関わらず、関電の解析ではこれを考慮していない。

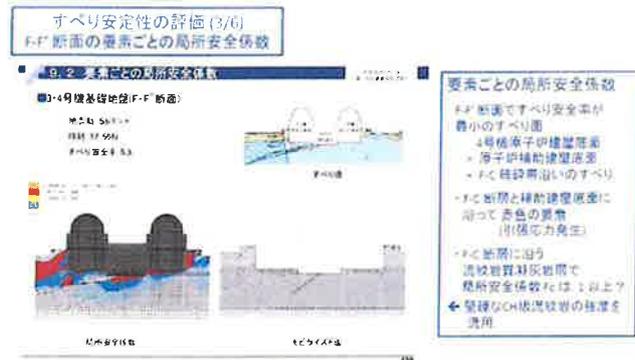
1-5 基礎地盤のすべり安定性について のまとめ

基礎地盤のすべり安定性について (まとめ)

- (1) 原子炉建屋基礎の岩層分布は、亀裂を多く含むCM級が多く分布しているにも拘わらず、2次元FEMにおいて殆ど全ての岩層を堅固なCH級としてモデル化し、すべり安全率を大きくしている。
 - (2) 岩石の引張強度を岩盤の引張強度であると詐称し、岩盤の引張強度を大きく設定することにより、破砕帯などの弱面に沿うすべり破壊の危険性を隠蔽している。
 - (3) すべり面に沿ってせん断破壊が生じ、破壊要素が局所的に集中しているにも拘わらず、要素毎のせん断強度の判定結果を明示せず、周辺への進行性破壊等についての検討を怠っている。
 - (4) 基礎岩の速度の異方性の影響を考慮していない。
 - (5) 基礎地震動が過小評価であるため、すべり安定性は過小に評価される。
- ◎ 上記により、大阪原発の基礎地盤の地震力に対するすべり安定性の評価は、原子力規制委員会の審査ガイドの要請を充たしていない。

2 高浜原発

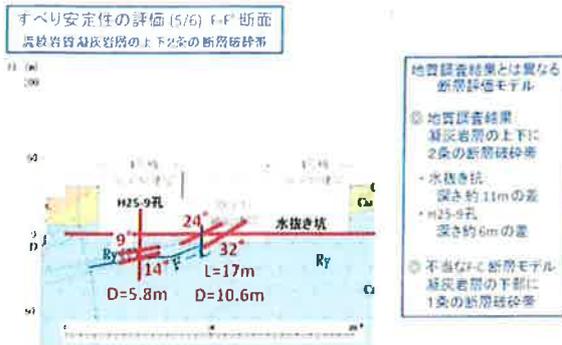
2-1 断面の要素ごとの局所安全係数



上図は、F-F'断面で、すべり安全率が最小であった場合の局所安全係数を示したものである。すべり面は、4号炉底面、原子炉補助建屋底面、F-C断層破砕帯沿いで設定されている。F-C断層破砕帯と補助建屋底面に引張応力が発生している。

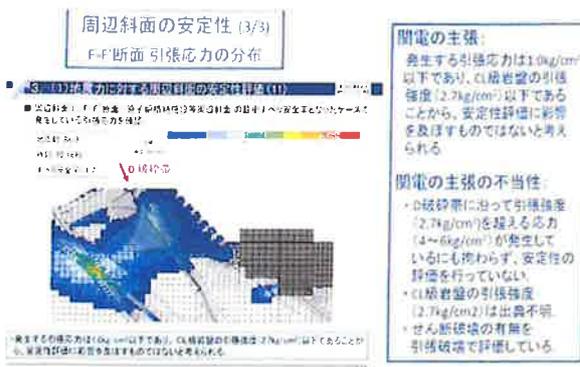
関電は解析にあたって、CH級より脆弱な流紋岩質凝灰岩のせん断強度としてCH級流紋岩の強度を流用している。

2-2 地質調査と異なる断層評価モデル



地質調査の結果、凝灰岩の上下に2条の断層破砕帯があることが確認されているが、関電は上部の破砕帯を無視している。

3 美浜原発～斜面の安定性の評価の問題点について指摘～



上図は、周辺斜面に働く引張応力の分布を示したものである。関電は、引張応力は1.0kg/cm²以下であり、CL級岩盤の引張強度2.7kg/cm²以下であることから安定性の評価に影響を及ぼすものではないとしている。しかし、この主張は以下の点で問題がある。

- ①D 破砕帯に沿って4～6kg/cm²の応力は発生しているのに評価を行っていない。
- ②CL 級岩盤の引張強度 2.7kg/cm²の根拠が不明である。
- ③せん断破壊の有無を引張強度で評価している。

IV 赤松先生の法定での感想

尋問の最後に井戸弁護団長からの求めに応じて、赤松先生は以下のように感想を述べた。

東北大震災の後、大飯原発が基準に適合しているか、審査会合が14日間にわたって開催された。その時の関電の対応は、基準の最低をたぐるような形で対応していた。その議事録を見ると、調査資料について、恣意的、独断的な解釈が行われていることや、不都合なデータは出さない、データはあっても見える形にはしない、そういう関電の姿勢には大変驚いた。

今日指摘したように、これだけたくさん問題があるのに規制員会で議論されてこなかったということも審査のあり方の問題が表れている。

裁判所は専門家ではないので、データを解析することはないが、科学的とはいえない判断が行われているという点をしっかり見てほしい。



訂正

前号での「名古屋の(行政)訴訟団から」の記事中「压力容器の中性子脆化問題を中心にして原発老朽化問題研究会を設置して意見書を裁判所に提出した。」とした部分は誤りであり、「井野博満氏ら原発老朽化問題研究会による意見書を裁判所に提出した。」に訂正します。

記者会見・報告集会

【井戸弁護団長のコメント】

全国で30ぐらいの原発裁判が行われていますが、この地盤の問題に取り組んでいるのは大津と京都だけです。いずれも赤松先生が、ブレーンとなって意見書を書くことによって、取り組むことができているのです。他で取り組んでいないのは、非常に専門性が高く、わからないからです。私も赤松先生からいろいろ話を伺い、そんな問題があるのかと少しずつ勉強させていただき今日に至っているのです。他でも同様の問題があると思いますが、取り組めていないのが現状です。

今日は、法廷で先生の経歴を述べていただきましたが、この問題でこれほど適任の方はいない。理論面、実務面すべて把握しておられる。裁判で被告側がまずついてくるのは、どこの学会に所属してどんな論文を書いているのか、理論だけで実務を知らないのではなど外形的な点です。赤松先生についてはつくところがない。まさにどんぴしゃのところを長年研究されてこられて、原発の敷地の調査も実際にされてきている。次回どんな反対尋問を関電側がするかわかりませんが、定番の反対尋問はできないので向こうの弁護士も苦慮しているのではないかと思います。

地盤の問題は、基準地震動に直結する問題ですので全国的にも認識を高めていく必要があります、今日はそのためのいいきっかけになったのではないかと思います。

事前にリハーサルを行ったのですが、最初は4時間かかりました。3時間で申請を行い、裁判所はそのまま認めてくれたのですが、4時間で申請すればよかったと思いました。削れるところは削って、先生には要領よく答えていただくということをお願いして今日は3時間ぴったりで終わることができました。

関電がどんな反対尋問をするかにもより



ますが、この証言内容に対して裁判所も棄却できないだろうと思います。そういう意味ではこの裁判の結論に直結する重要な証言をいただいたと思っています。今日はありがとうございました。

【赤松先生の発言】

裁判というのはこういう世界なのだというのを改めて感じました。

関電の準備書面を見てこれは科学ではないと思い意見書を書いたのですが、書きすぎました。

井戸先生が非常に簡潔にまとめてくださったのでやれましたが、それがなかったら今日のようにはできなかったと思います。

また、井戸先生がこの問題を非常に理解されて、うまい尋問を考えてくださった。そういう意味では私の方が感謝するような今日の尋問だったと思います。

【質疑応答】

Q1.赤松先生の専門領域をひとつだけあげると応用地震学でよいか？

A.今日の証言内容からいうとそれでよい。

Q2.今日の証言は3原発の地盤の脆弱性についての証言ということによいか？

A.私は関電のデータに基づいて解析した。関電がいう地盤が安定しているというのは違うということを行った。関電の解釈についての評価と関電が分析していないデータをき

ちんと解析してまとめた。

Q3.p.4 右上図の図の左と右がこのように違うのはなぜか？

A.右の図は縦方向を 4 倍に拡大して鉛直方向の地盤構造の変化を見やすくしたものであり、解析したものではない。見せ方の問題。

Q4.他にも見せ方で問題がある箇所は？

A.ファンシューティングに関する図面。関電は p.5 左上の図を出しているだけ。P.5 左下のよう整理すると速度の違いがあることが明確になるし、地盤の亀裂との関連も何もいわない。

(井戸弁護士補足)

先ほど、原発の地盤が脆弱かという質問があったが、他の原発に比べると、岩盤の上にあるので脆弱とは言えない。しかし、その中にもいろいろ問題があり、それをきっちり把握して基準地震動に反映しなければならぬのにそれを怠り、都合のいい地盤構造モデルをつくって基準地震動を評価していることが問題だとしている。

岩盤の強度区分で、脆弱な C_M級の岩盤が全体の 38%を占めているのにも関わらず、ほとんどがより堅固な C_H級とされている点なども問題だ。これは、基準区間内で分布割合の多い岩級をその区間の岩級とするいわば小選挙区制のような考え方だ。

えるか？

A. 地震動の増幅率は C_M級の方が大きいので基準地震動に影響を与える。それから、地盤のせん断強度も C_M級は C_H級に比べて小さいので C_M級をすべて C_H級の岩盤に置き換えることは、すべり安全性において規制基準の要求を満たなくなる可能性が大いにある。

Q6.原発は壊れるものということは行政が認めているということについて。

A. (井戸弁護士から) 福島事故が起こったので、事故は起こらないとはもう言えない。しかし、福島事故では 15000TBq の放射能の放出に対して、新規基準では 100TBq 以下としている。避難計画も 100TBq 以下としている。福島の 15000TBq 規模で健康被害はなかったのに 100TBq 以下なら健康被害は起こらないし、すぐに帰還できるという論理を構成し原発の依存度を増やそうとしている。

それに対抗するためには被曝問題、福島で健康被害はないのかについて正しく認識、立証することだ。福島では、小児放射線ガンが 400 人近くでているが、それは被曝とは関係ないとして処理されようとしているのだが、この問題を正しく認識することが大切だ。



Q5.C_M級と C_H級の構造物への影響はどう考

今後の大津地裁での原発裁判の予定

2月8日(木) 11:00~12:00 進行協議

3月21日(木) 10時~進行協議

11時~第40回口頭弁論 赤松先生への関電側反対尋問

13時15分~ 反対尋問再開、反対尋問終了後原告側最終尋問、裁判所の尋問

6月20日(木)

9月19日(木)