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76準備書面

過小評価された基準地震動

大飯原発の地盤は本当に堅固で地震に対して安全か

（これまでの主張の要点）

2021年2月17日

京都地方裁判所 第6民事部合議はB係 御中

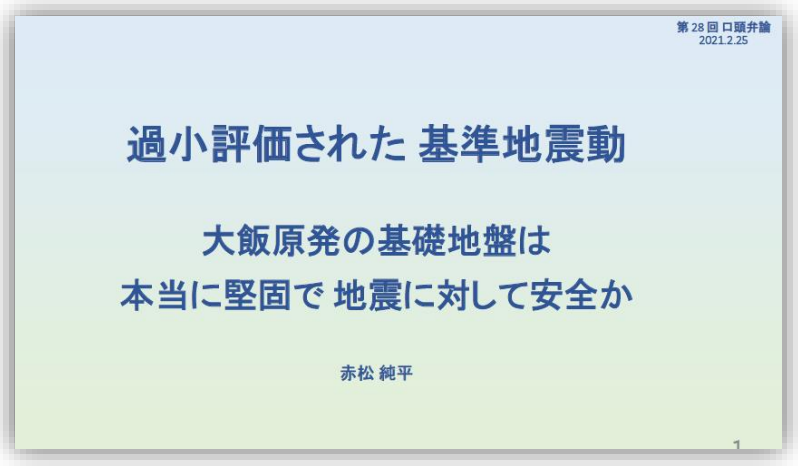
原告ら訴訟代理人

弁 護 士 出 口 治 男

同 渡 辺 輝 人

外

No. 1



原告らは、基準地震動超え地震発生の危険性があると主張している。過去に各地の原発で基準地震動を超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という構造的な原因だからだと指摘している。これに対して被告関電は、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、大飯原発の地域特性が十分に把握できており、本件原子炉敷地は「均質で堅硬な岩盤が広く分布する、地下に特異な構造は認められない」から、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、関電の地震動に関する主張の柱に位置付けられている。

原告らは、赤松純平元京都大学助教授の意見書に基づいて、関電の主張の誤りを指摘してきた。すなわち、被告自身が実施した地盤に関する各種調査データに基づいて、関電が、不都合なデータの隠蔽、データの予断に充ちた恣意的な解釈、結果を誘導する解析処理、作為的な定数設定を行っており、その結果、本件原子炉建屋敷地の地盤は関電が主張するような「均質で堅硬な岩盤が広く分布する、地下に特異な構造は認められない」とは言えず、そのため基準地震動は過少に評価されていることを、以下のとおり主張してきた。

本準備書面は、裁判所の構成が変わったことを受けて、これら主張の要点を述べるものである。

原告第３５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）４月２８日付（赤松意見書、甲３５７）

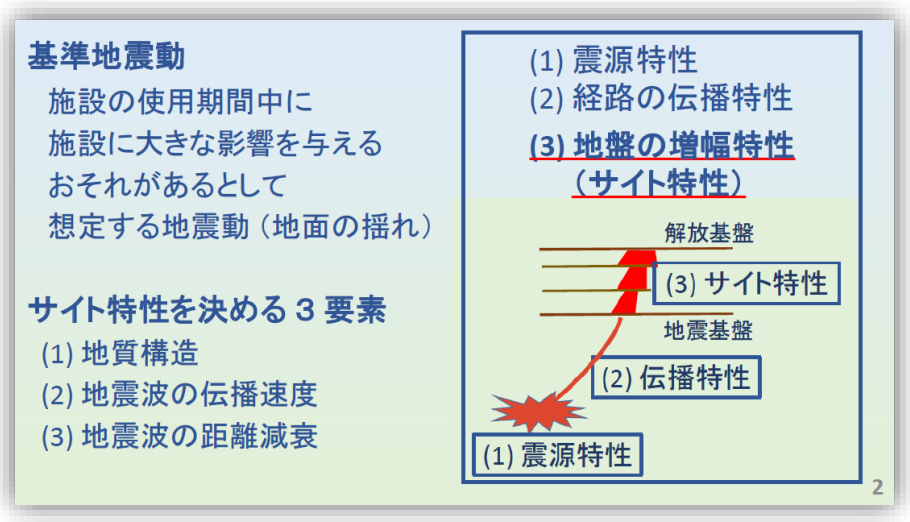
原告第３７準備書面－被告関電は大飯原発の地盤特性を把握していないこと－　２０１７年（平成２９年）７月２０日付

原告ら第４４準備書面－地域特性の補充－　２０１８年（平成３０年）１月１２日付（赤松意見書、甲４２２）

原告第５６準備書面―被告関電第１７準備書面の地域特性の反論への再反論―　２０１８年（平成３０年）８月３１日付（赤松意見書、甲４６７）

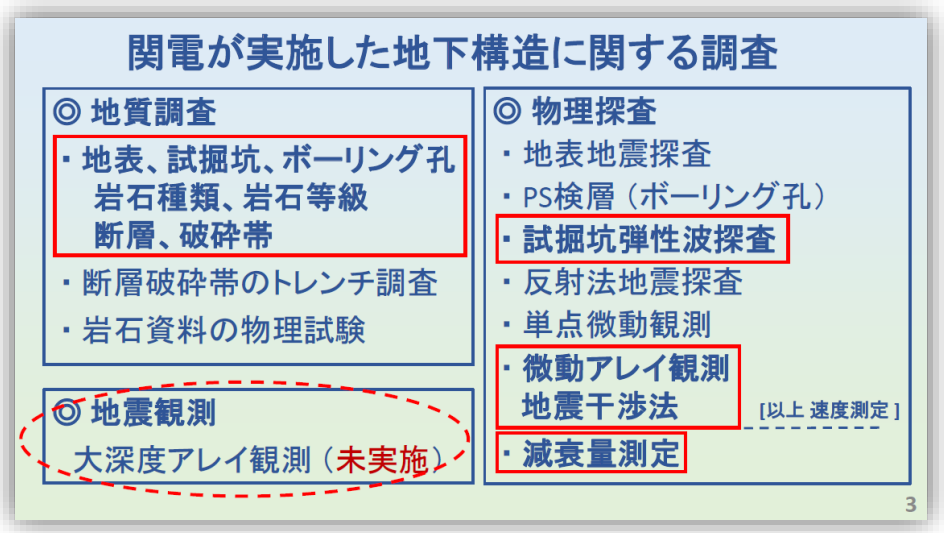
原告第６０準備書面―大阪府北部地震を適用すると１２８０ガルが予測される―　２０１９年１月３１日付（赤松意見書、甲４８１）。
原告第６７準備書面－被告関西電力準備書面（２２）に対する反論等－　２０１９年１１月２２日付
原告第６９準備書面－被告関西電力準備書面（２２）・（２３）に対する反論－　２０２０年２月２６日付
原告第７０準備書面－２０１６年熊本地震を踏まえた主張－　２０２０年２月２６日付（赤松意見書、甲５１４）

No.2



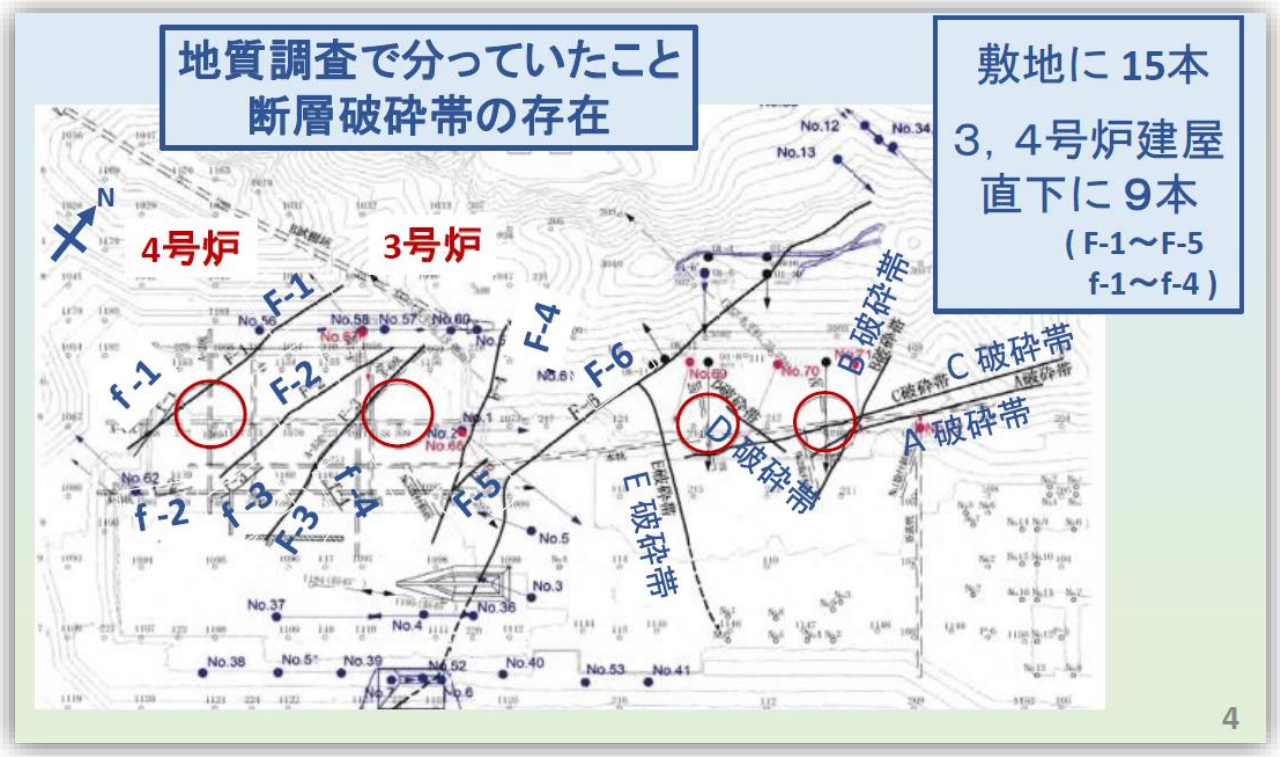
基準地震動とは、施設の使用期間中に施設に大きな影響を与えるおそれがあるとして想定する地震動と定義されている。ある場所が地震でどのくらい揺れるかは、(1) 震源特性、(2) 経路の伝播特性、(3) 地盤の増幅特性（サイト特性）に依る。基準地震動を計算する際は、震源、経路、地盤がいずれも地下深くにあって直に触れられないが、数値計算できるように、自然現象や実構造と矛盾しないようモデル化して、その上で計算している。ここでは、(3)の地盤の増幅特性（サイト特性）について論ずる。即ち、大飯原発の地盤特性はどうなっているか、関電は大飯原発の地盤をどのようにモデル化しているか（関電モデル）、その関電モデルは大飯原発地盤を実構造と矛盾しないようにモデル化できているのか、について論ずる。サイト特性は、(1)地質構造、(2)地震波の伝播速度、(3)地震波の距離減衰の３要素で決まる。

No.3　関電が実施した地盤構造調査



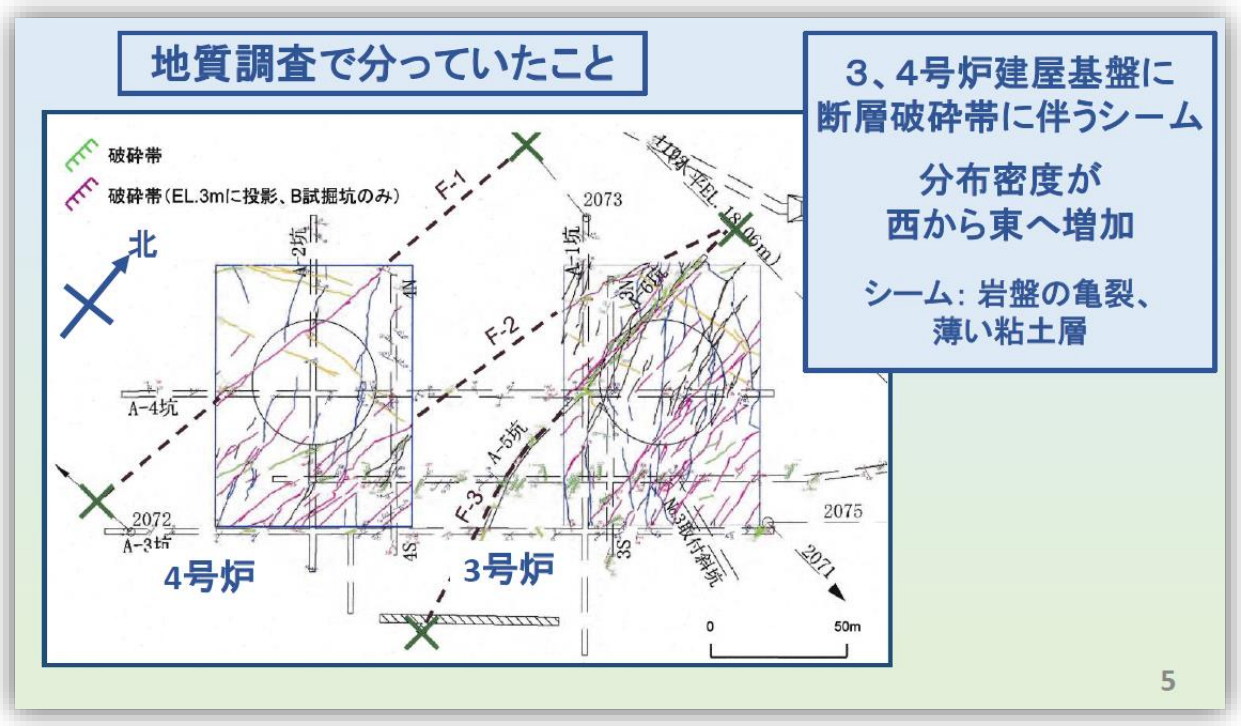
関電が実施した敷地の地盤に関する調査は、地質調査、物理探査など多岐にわたっている。以下に、赤枠で囲った項目について述べる。

No.4　地質調査で分かっていたこと①



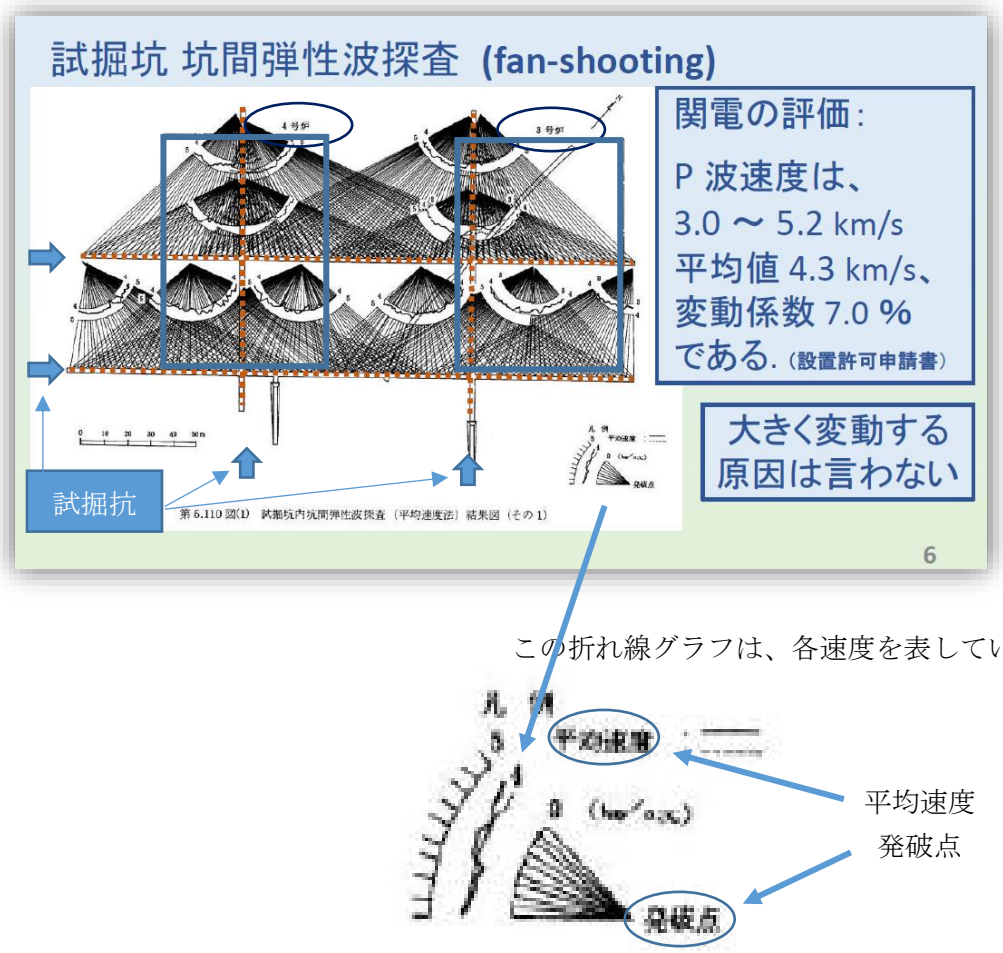
3、4 号炉建設前の地質調査で、敷地には 15 本の断層破砕帯があり、その内 9 本（F-1～F-5、f-1～f-4）は 3、4 号炉の建屋直下を走っていることが分かっていた。

No.5　地質調査で分かっていたこと②



地質調査で分かっていたもう一つの重要ことは、3、4 号炉建屋直下を走る断破砕帯に付随してシーム（岩盤中の亀裂、割れ目のこと、粘土化している亀裂もある）が無数に存在し、その分布密度が 4 号炉側から 3 号炉側、西から東へ系統的に増加していると言うことである。

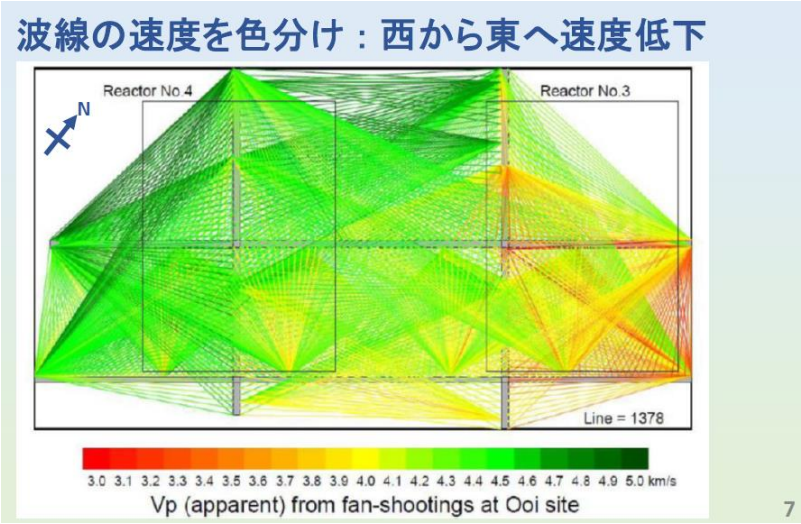
No.6　試掘抗弾性波探査の結果の図（fan-shooting）



原子炉建設前に、試掘坑坑間弾性波探査が実施されており、上図はその結果を表示したものである。坑間弾性波探査とは、原子炉建屋の基礎付近に横坑を掘削し、その坑道内に 100 台余りの地震計を並べ、別の坑道で発破をかけて、発破点から地震計までの平均の地震波速度を計測する方法である。波線（発破点から地震計までの波の経路）の形が扇に似ているので fan-shooting と称している。

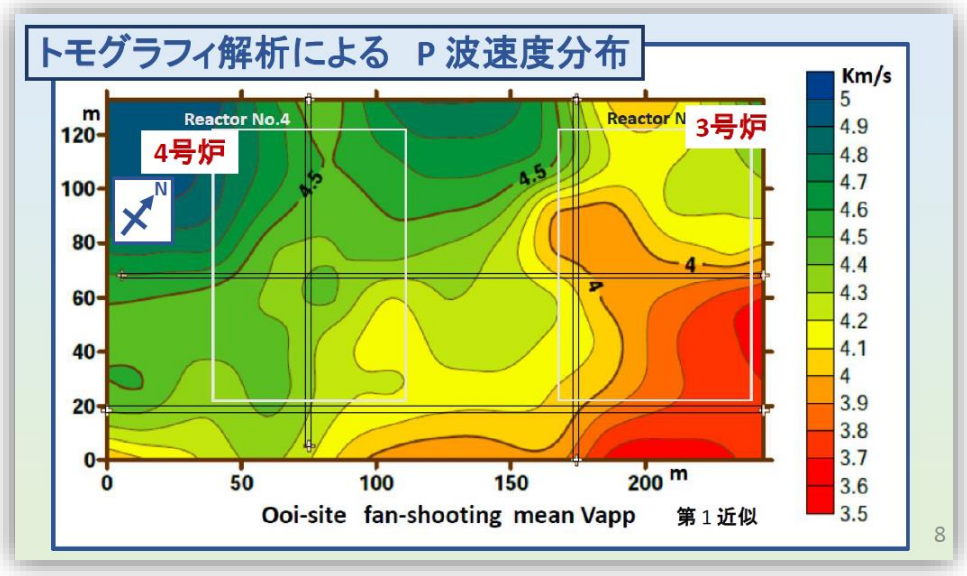
関電は、上記試掘坑弾性波探査結果から、「P 波速度は 3.0km/s～5.2km/s で平均値 4.3km/s、変動係数 7.0%である」と報告するのみである。基盤岩の速度変化としては異常に大きいにもかかわらず、速度が何処でどう変化するのか、またその原因などには触れようとしていない。

No.7　試掘坑弾性波探査の結果から P 波速度を色付けした図



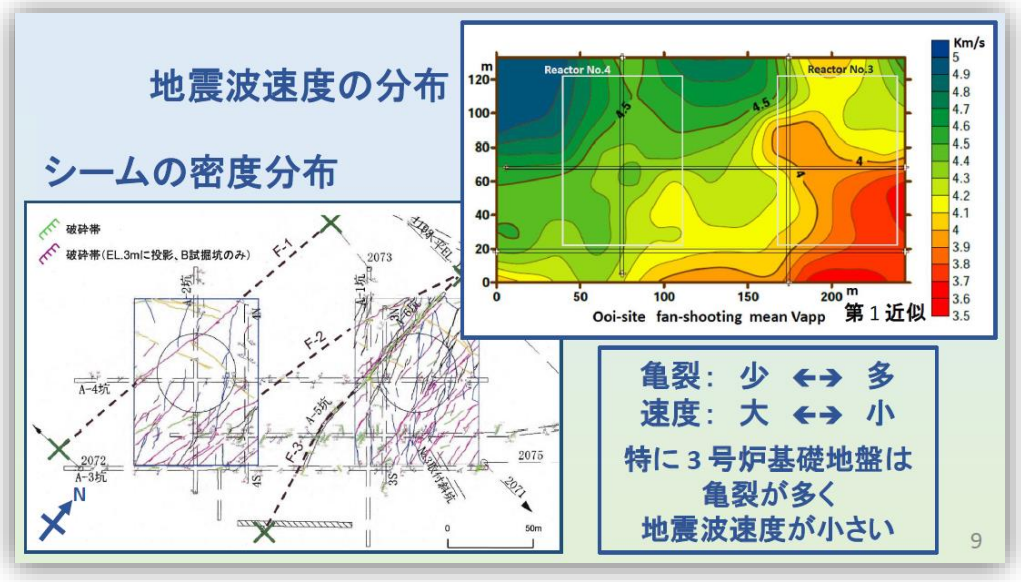
上図は、fan-shooting の全ての波線を、その速度値で色づけしたものである。波線に沿う平均速度は、左上の緑色から、右下に黄色、赤色へと 5km/s から 3km/s へ系統的に低下している。

No.8　試掘抗弾性波探査の結果を解析し P 波速度分布を示した図



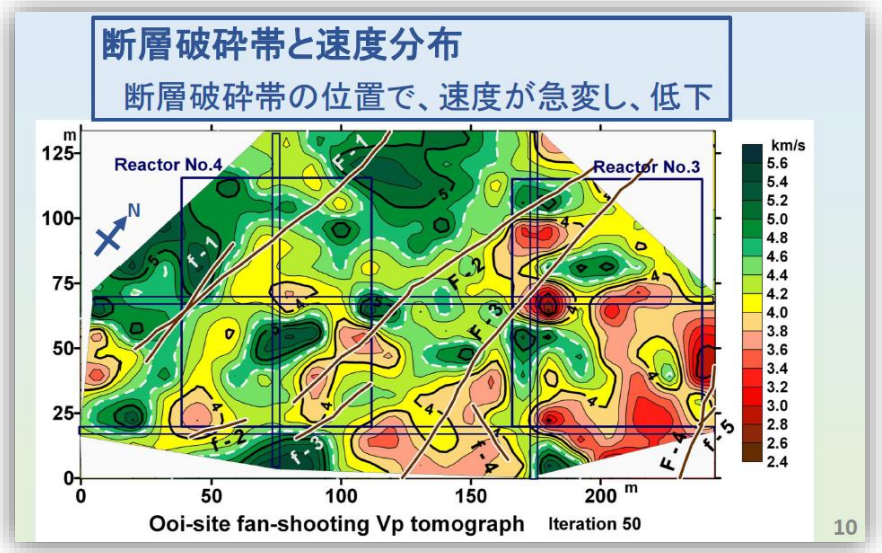
上図は、fan-shooting のデータからトモグラフィ解析によって求めた速度分布のコンター図である。トモグラフィ解析というのは、地盤内部の速度分布を推定する技術であり、医学分野の X 線 CT スキャンに似たものである。トモグラフィ解析では、反復修正して精度を上げるが、この図は第 1 近似の図である。4 号炉側の 4．5 km/s から 3 号炉側の 3．5 km/s へと低下しており、また図の左下、4 号炉の南でも低下している。

No.9　速度分布とシーム分布の比較



速度の分布とシームの分布を比較して見比べると、４号炉側から３号炉側に、シーム（岩盤の亀裂）が増加して基盤岩が脆弱化すると、地震波速度の低下として現われていることが理解できる。

No.10　試掘抗弾性波探査の結果の、精度を上げた速度分布図

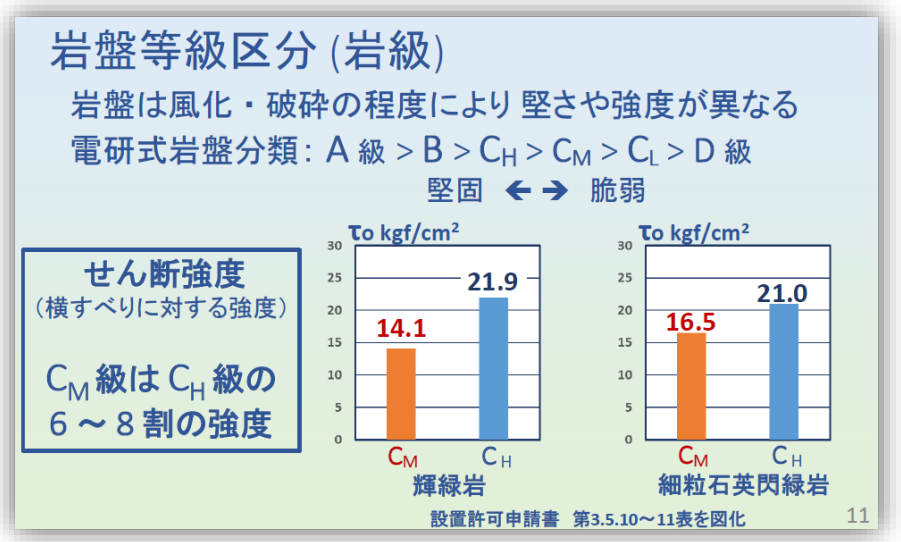


上図は、近似の精度を高めたトモグラフィ解析の結果を示したものである。西から東へ速度が低下する全体的な傾向に加え、パッチ状の不均質構造が浮かび上がっている。９本の断層破砕帯が茶色の線で示されているが、速度の急変する場所、速度の小さい場所は、断層破砕帯の位置に対応していることが理解できる。関電自身が実施し

た試掘抗弾性波探査の調査結果は、原子炉建屋の敷地地盤には、断層破砕帯に関連する顕著な速度異常を示しているのである。

ところが関電は、これには口をつぐんで「均質で堅硬な岩盤が広く分布する、地下に特異な構造は認められない」と主張し、それを前提とした関電モデルを策定して、それで基準地震動を計算している。

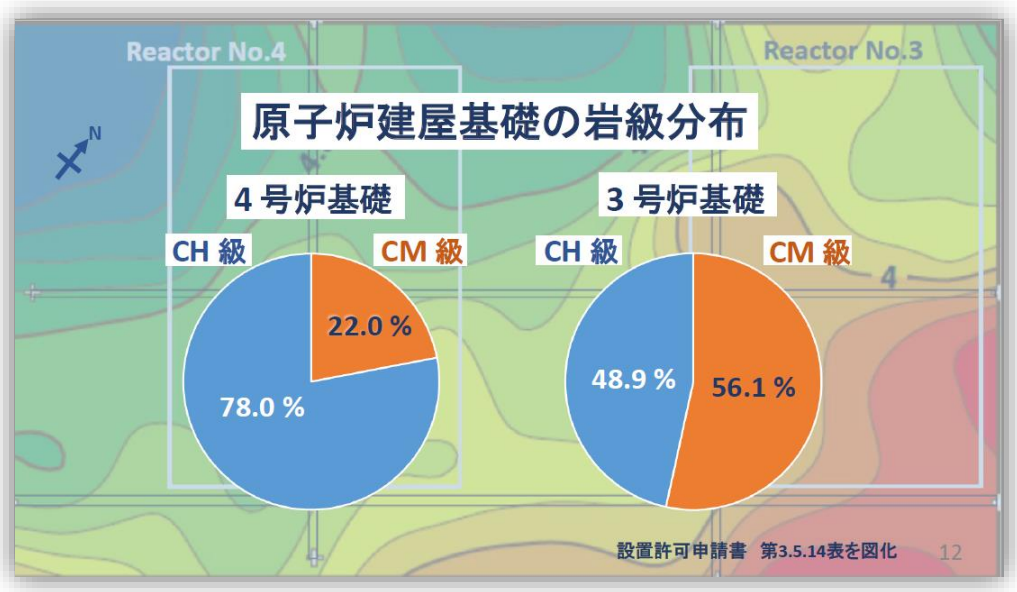
No.11　岩級分類



岩盤は風化や破砕の程度により 堅さや強度が異なるので、これを評価するために岩盤の等級区分を調べる。関電は、電研式分類によっている。変質を受けていない新鮮で緻密な A 級から、亀裂が粘土化しあるいは風化した脆弱な D 級までに分類されており、C 級はさらに、高（CH)、中（CM)、低（CL）に細分されている。本件原子炉建屋基礎は概ね CM 級と CH 級とされている。

岩級の違いによる物理特性の違いは、例えば、試掘坑内における岩盤試験によるせん断強度（横すべりに抗する強さ）は、１．３～１．６倍の違いがあり、CM 級は CH 級の６～８割の強度しかない。

No.12　岩級分類　原子炉建屋敷地の岩級分布

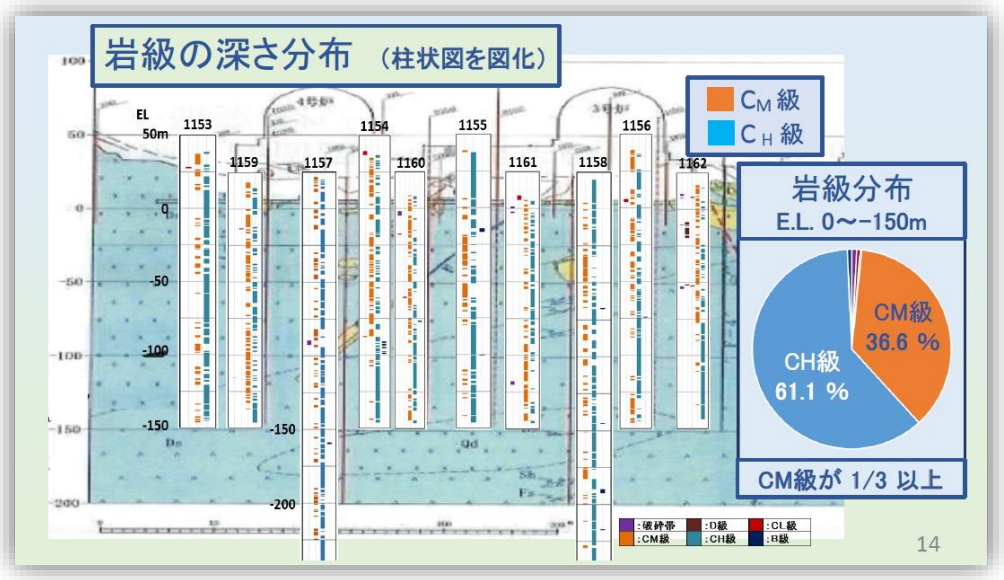


上図は、原子炉建屋基礎の岩盤中に CM 級と CH 級がどの程度の比率で分布するかを、関電の設置許可申請書のデータを基に、円グラフにして示したものである。橙色で示されている脆弱な CM 級が、4 号炉で 22.0%、3 号炉で 56.1%と半分以上を占めている。P 波速度の分布の傾向とよく似ている。

No.13　岩級分類（深さ方向の岩級分布）

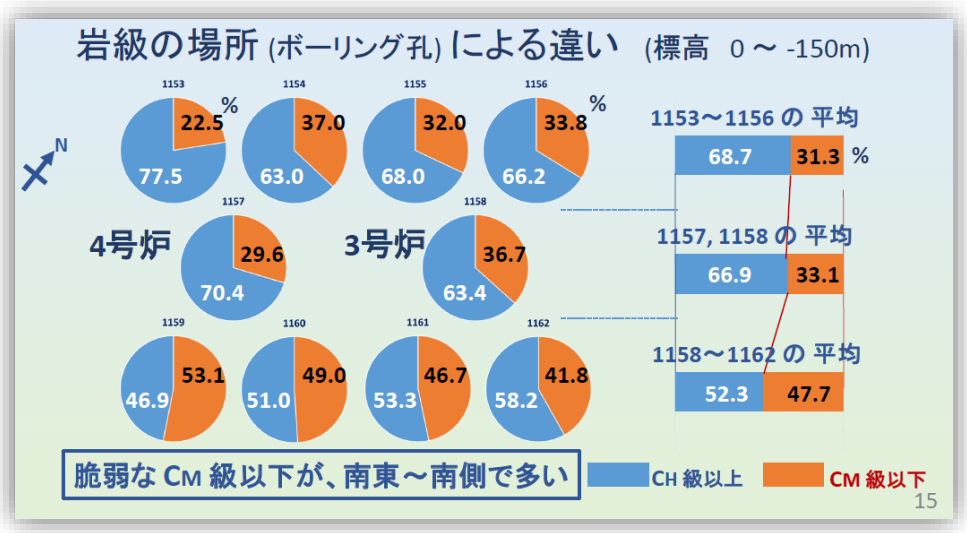
次に、深さ方向の岩級分布を見る。上図の赤い点は、ボーリング柱状図が開示されているボーリング孔の位置を示している。

No.14　岩級分類（深さ方向の岩級分布）



上図は、ボーリング柱状図の岩級区分を、CM 級を橙色に、CH 級を水色に色分けした図である。１５０m の深さまでのボーリング孔が８本、３００m までが２本である。脆弱な CM 級が、深部にまで、厚さが５０m に達するほど、密に分布していることが示されている。右の円グラフは１５０m の深さまでの１０本を平均した岩級分布であり、平均すると CM 級以下の脆弱な岩盤が全体の３８%を占めていることが示されている。

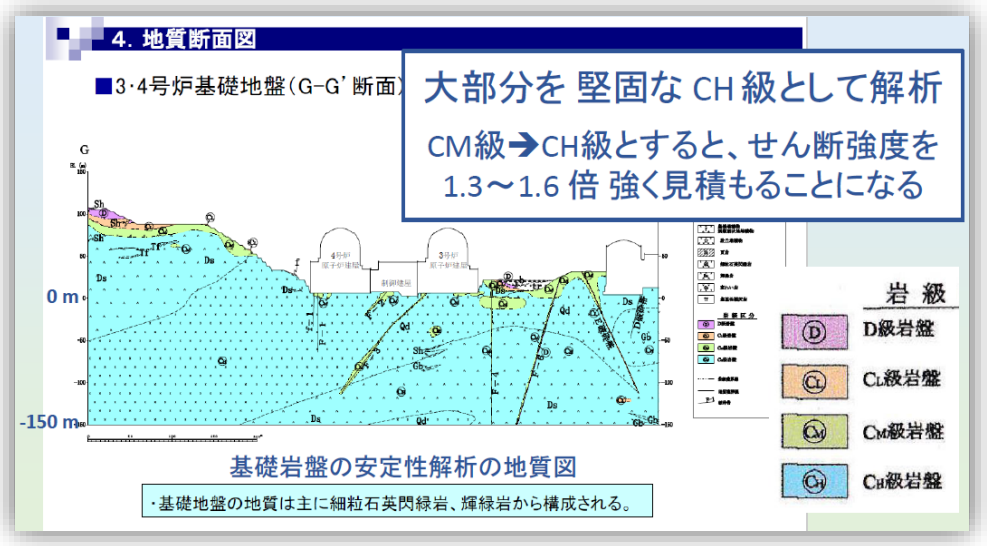
No.15　岩級分類（場所による岩級分布）



上図は、ボーリング孔ごとの、CM 級以下と CH 級以上の分布割合を示す図である。ボーリング孔の場所の違いによって、CM 級以下が 22%から 53%まで変化している。

また、4 号炉直下よりも 3 号炉直下の方が CM 級が多い。右側の棒グラフは、炉心の北側、炉心位置、南側の岩級分布の平均の割合を示している。深さ１５０m までの範囲では、脆弱な CM 級以下が、炉心の北側で約 3 割、南側では半分近くにまで増加している。脆弱な CM 級の不均質な分布が、深部にまで及んでいる。

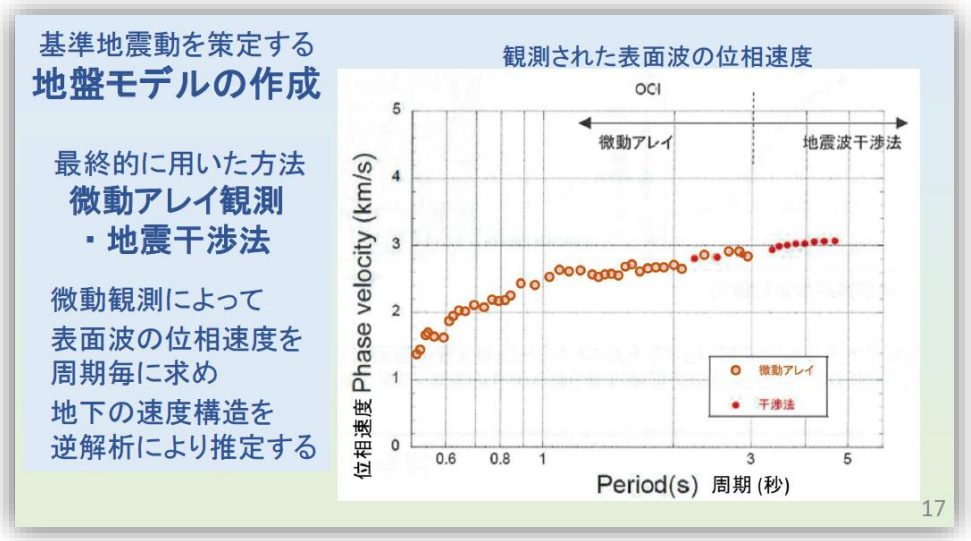
No.16　岩級分類　歪曲された調査結果



上図は、関電が原子力規制委員会に岩級に関する調査結果を報告した地質断面図である。CM 級を黄緑色、CH 級を水色に表しているところ、深さ１５０m までの大部分を水色で塗って、堅固な CH 級だと説明している。調査の生データとは全く違った説明である。上記のとおり、CH 級は CM 級より、せん断強度で１．３～１．６倍大きい。関電は、その分岩盤を堅固であると詐称していることになる。

関電は、本件原子炉建屋敷地には「均質で堅硬な岩盤が広く分布する、地下に特異な構造は認められない」と主張し、そのような関電モデルを策定して、それで基準地震動を計算している。しかし、関電主張の地盤構造は、関電自身が実施した調査結果と異なるものとされている。

No.17　関電モデル　微動アレイ観測・地震干渉法とは

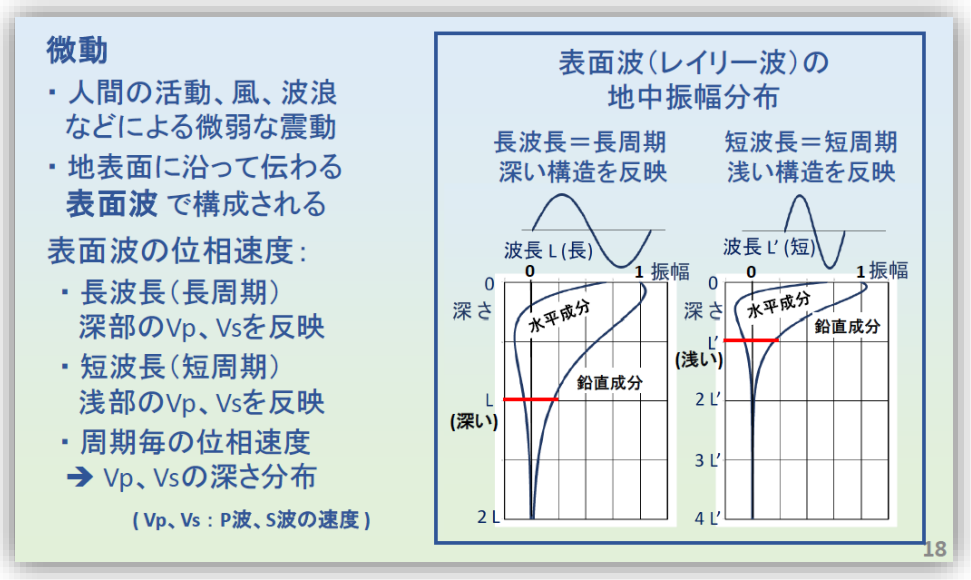


関電は、様々な調査を行ったが、最終的には、地盤モデルを微動のアレイ観測・地震干渉法という調査結果に依って策定し（関電モデル）、基準地震動を計算している。

微動とは、人間の活動、風、波浪などによる微弱な震動で、地表面に沿って伝わる表面波で構成されている。微動アレイ観測・地震干渉法は、まず、地面の表面の微動を観測し、周期毎の速度を求める。上図は、本件で観測された周期毎の速度である。横軸は周期、縦軸は速度である。例えば、周期 0.5 秒程度の速度は 1.4km/s であり、周期 3 秒以上では速度が 3km/s へと増大している。

そして、この周期毎の速度から、地下の P 波、S 波の速度の深さ分布を推定する。

No.18　関電モデル　微動アレイ観測・地震干渉法とは



表面波の周期毎の速度から、P 波と S 波の深さ分布がなぜ推定できるのか。

表面波は、見かけ上、海や池の水面を伝わる水の波に似ているものであるところ、上図に示すように、周期の長い（波長の長い）波は深いところまで揺するので、深いところの速度を反映し、周期の短い（波長の短い）波は浅いところまでしか揺すらないので、浅いところの速度を反映する。

この特徴に着目して、周期毎の速度を逆解析という手法で解析することで、深さ毎の速度を導くのである。

No.19　関電モデル　微動アレイ観測・地震干渉法の２つの限界

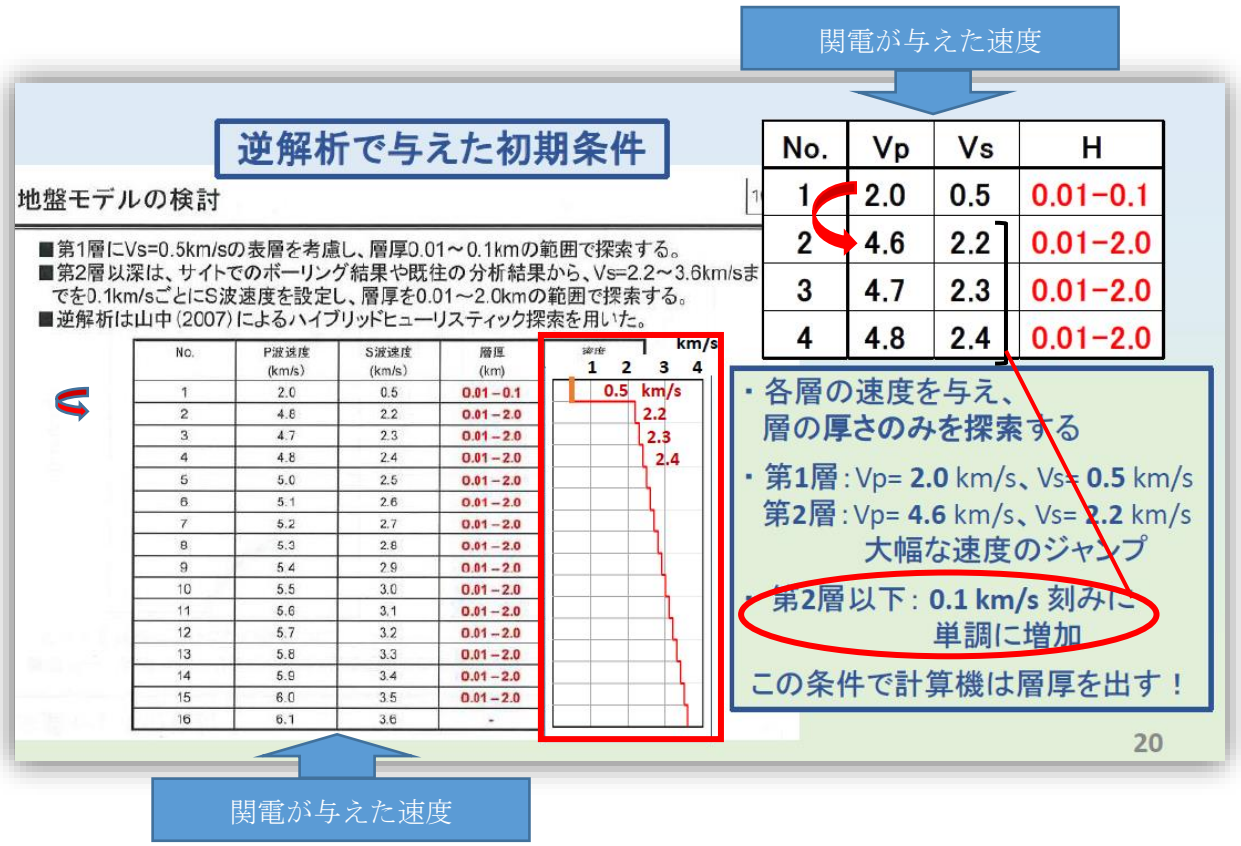
ただし、周期毎の速度から深さ毎の速度を推定するには、2 つのことに留意しなければならない。

一つ目は、微動アレイ観測・地震干渉法という調査手法の限界であるが、地盤を水平成層構造であると仮定して解析することである。実際に地盤が水平成層構造であれば問題は生じないが、水平成層構造でない場合にも微動アレイ観測・地震干渉法は水平成層構造であるとしか答えを出さない。要するに、微動アレイ観測・地震干渉法では、地盤が水平成層構造か否か、判断できないのである。従って、この結果から、本件地盤が水平成層構造との結論を導くことは誤りである。

二つ目は、本件で関電は、各層の速度を与えて、その速度層の厚さのみを推定するという方法を採用している。従って、速度の与え方いかんで、実際の速度構造とは違った速度構造が推定される場合があるので注意が必要である。

尚、図は、関電のアレイ観測の観測点配置図である。大飯サイトの地形の特徴として、観測点の標高は 11.3～80.9m、平均 43.5m であることにも注意する必要がある。

No.20　関電モデル　速度の与え方（二つ目の問題）



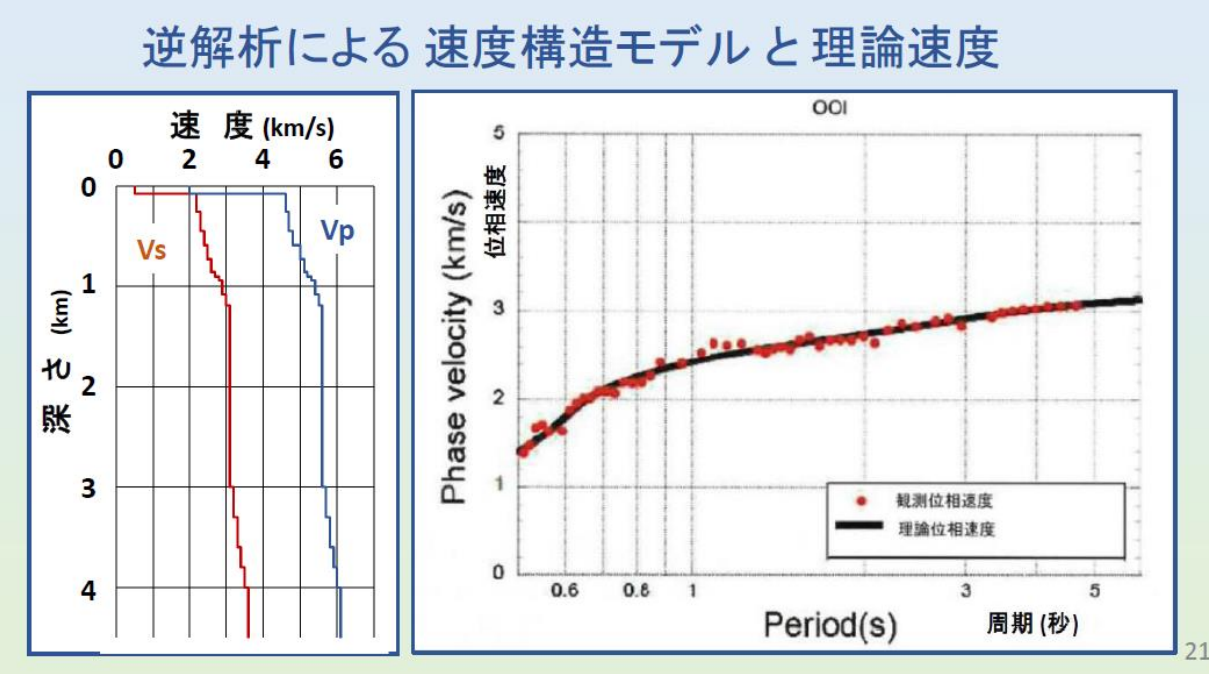
上記のとおり、本件で関電は、逆解析に際して、初期条件として各層の速度を与え、その速度の層の厚さのみを探索すると言う解析方法を採用している。

そこで、関電が初期条件として各層の速度をどのように与えているかを見るに、第 1 層は P 波速度 2.0km/s、S 波速度 0.5km/s であるが、第 2 層はそれぞれ 4.6km/s、

2.2km/s と、与えられた速度が大幅にジャンプして設定され、第 2 層以下は 0.1 km/s 刻みで単調に増加する速度が与えられている。

上図は、与えられた S 波速度の増加の様子を示している。

No.21　関電モデル　実態に沿わない速度を与えた結果（二つ目の問題）



上の左の図が、逆解析で求まった速度構造モデルを示す図である。

上の右の図の黒線は、左の図の速度構造モデルから理論的に導かれる周期毎の速度（理論位相速度）を示したグラフである。黒線（理論位相速度）はスムーズな単調増加の曲線となっており、これは初期条件で第 2 層以下の速度を単調増加させて与えたことによる。しかし、観測値（観測位相速度）（赤点）は黒線の上にあったり下に来たりして凹凸がある。これは、実際の地盤は、深くなればなるほど速度が速くなるという単調な構造ではないことを示している。すなわち、関電の速度の与え方が、実際の地盤と整合しない速度の与え方であったことを示している。

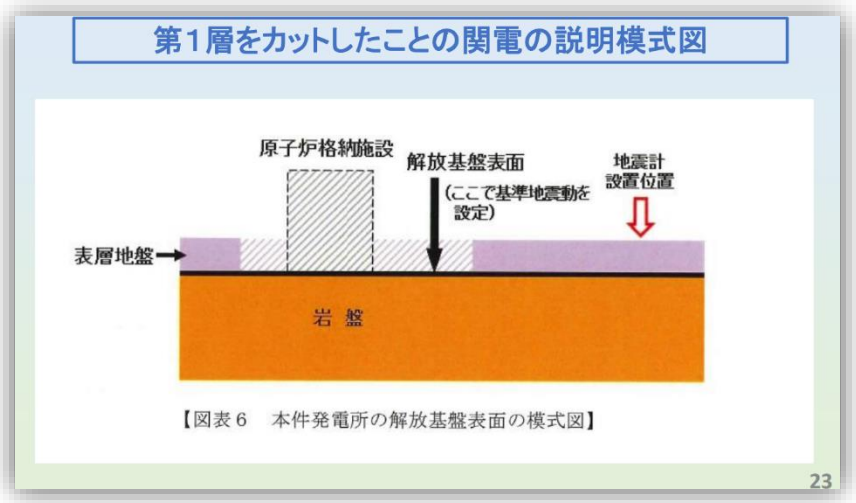
No.22　関電モデル　第１層カットの問題

No	P波速度 (km/s)	S波速度 (km/s)	密度 (g/cm³)	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	0.1	
5	5.0	2.5	2.7	0.1	
6	5.1	2.6	2.7	0.1	
7	5.2	2.7	2.7	0.0	
8	5.3	2.8	2.7	0.0	
9	5.4	2.9	2.7	0.1	
10	5.5	3	2.7	0.1	
11	5.6	3.1	2.7	1.8	
12	5.7	3.2	2.7	0.3	
13	5.8	3.3	2.7	0.2	
14	5.9	3.4	2.7	0.1	
15	6.0	3.5	2.7	0.2	
16	6.1	3.6	2.7	–	4.0

逆解析で求まった第１層の厚さは８０ｍであった。

しかし関電は、第１層は速度の遅い土質地盤や埋め立て層であるとしてカットして関電モデルには反映させず、第２層以下からを関電モデルとして基準地震動を計算した。実際には速度の遅い層が存在するのに、関電は、その層を基準地震動計算のための関電モデルに反映しなかったのである。これは妥当といえるだろうか？

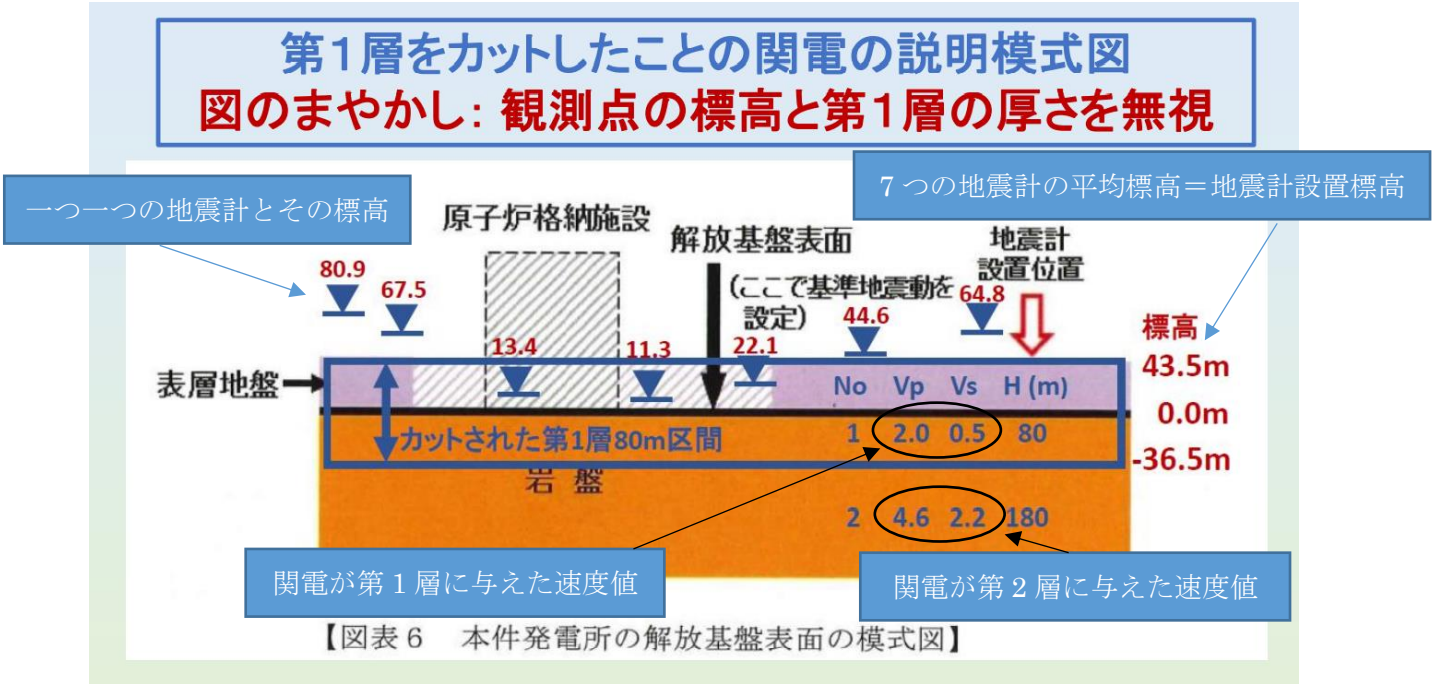
No.23　関電モデル　第１層カットの問題



上図は、関電が第１層をカットしたことの説明のために提示した模式図である。

基準地震動は原子炉が建っているオレンジ色で示す岩盤表面で評価する。地震計は、紫色で示す表層地盤に設置され観測した。だから、紫色の表層地盤はカットするのが当然だと、関電は説明している。しかし・・・

No.24　第１層カットの問題



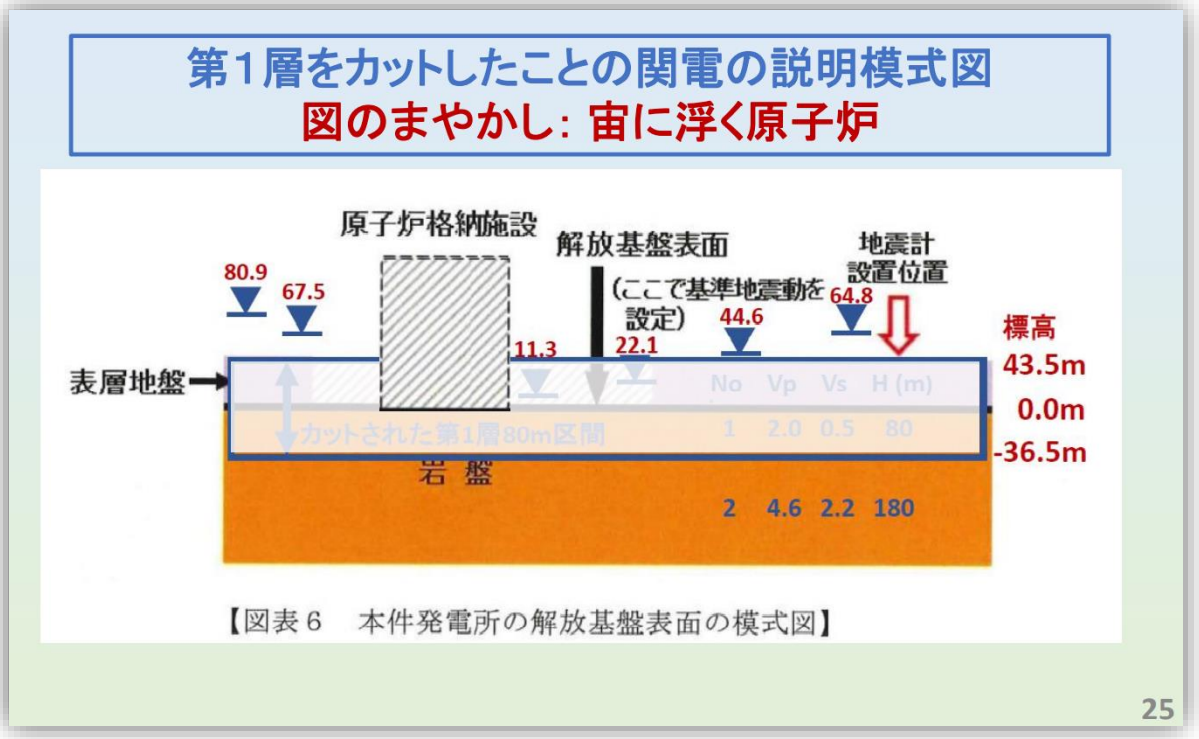
【図表６　本件発電所の解放基盤表面の模式図】

上図は、関電の模式図に、原子炉格納施設が設置されている解放基盤表面は 標高０ｍ であるので、標高０ｍ の基盤面を基準にそれぞれの高さを示した図である。

No.19 の図にあるように、地震計の高さは、標高 ４３．５ｍ であり、ここが表層地盤の地表面である。すなわち、関電のアレイ観測の観測点は７つあるところ、それらの標高は、１１．３ｍ～８０．９ｍ と平坦ではない。標高の平均は４３．５ｍ であり、この高さが解析の地表面になる。

関電が「速度の遅い土質地盤や埋め立て層である」としてカットした厚さは８０ｍ である。８０ｍ カットすると、紫色の表層地盤だけでなく、その下のオレンジ色の岩盤層を３６．５ｍ もカットすることになる。

No.25　関電モデル　第１層カットの問題



オレンジ色の岩盤層を３６．５ｍカットすると、原子炉は宙に浮くこととなる。

関電は、それで基盤層を３６．５ｍ引き上げ、原子炉を着地させると言う。そのようにして策定した関電モデルを基に基準地震動を計算してもよいと言う。

しかし、基準地震動は、原子炉格納施設がどのような地震動を受けるか、従って、実際にどのような地盤に建てられているかに沿って計算しなければ意味がない。関電モデルでは、実際に原子炉格納施設が設置されたレベルより３６．５ｍも地下の地盤で基準地震動を計算することになる。

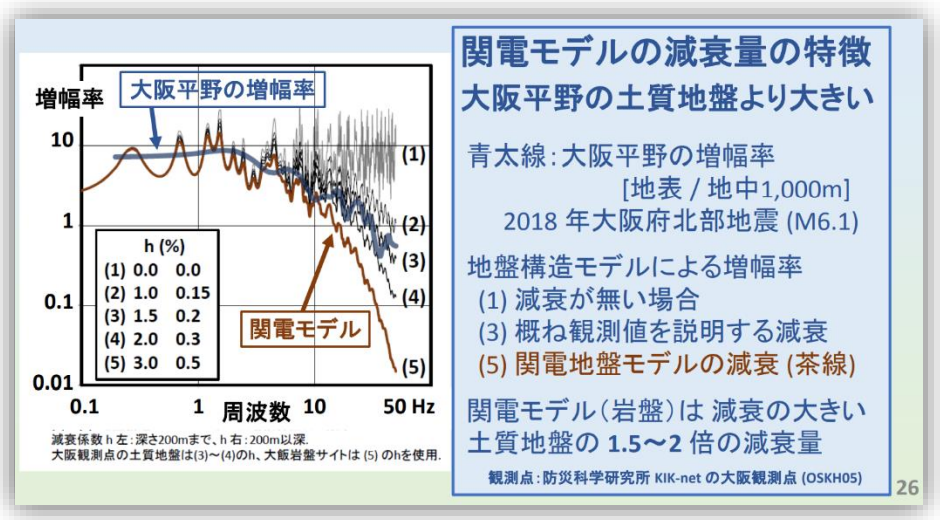
８０ｍは、元々、Ｐ波速度２．０㎞/s、Ｓ波速度０．５㎞/sの速度が与えられて解析された層厚であり、「速度の遅い土質地盤や埋め立て層である」としてカットされたのである。すなわち、原子炉格納施設はそのような地盤に建てられていることとなる。

上記関電の操作は、こうした「不都合」な事実を覆い隠して、原子炉格納施設が堅硬な岩盤の上に建てられているという「こうあって欲しい」結論にあわせるため、不合理な操作が行われたとの批判を免れない。

そしてそもそも、このような齟齬は、速度の与え方、即ち、初期条件で第１層のＳ波速度０．５㎞/sの次の第２層にいきなり２．２㎞/sと大きな値を与えたこと、そのような速度の与え方に問題があったと言わなければならない。

仮に、０．５㎞/sから２．２㎞/sに一気にジャンプさせず、速度を小刻みに上げて解析していれば、原子炉建屋が設置されている解放基盤面の速度は、２．２km/s のように高くはならず、それより低い速度となっていたはずである。

No.26　減衰



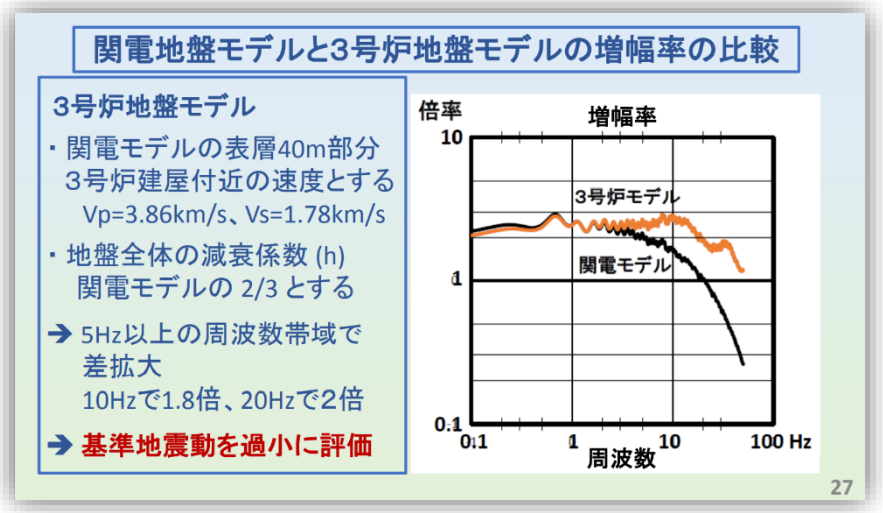
最後に、サイト特性を決める３要素の三つ目の減衰について述べる。

上図の青い太線は、２０１８年大阪北部地震(Ｍ６．１)で観測された大阪平野の増幅率である（科学技術庁防災科学研究所の記録）。

細い線がいろいろの減衰定数による増幅率である。(1)が減衰の無い場合、(3)が概ね大阪北部地震の観測値を説明する減衰定数、(5)が関電モデルの減衰定数による増幅率である。

関電モデルの減衰定数（3.0（深さ 200ｍまで）と 0.5（200ｍ以深））は、大阪平野の減衰定数（1.5 と 0.2）より大きく設定されている。しかし、大飯原発地盤は岩盤で、土質地盤の大阪平野の地盤より大きく減衰するはずがない。関電モデルの減衰定数は明らかに不合理であり、１．５～２倍も過大に設定されているのである。

No.27　まとめ

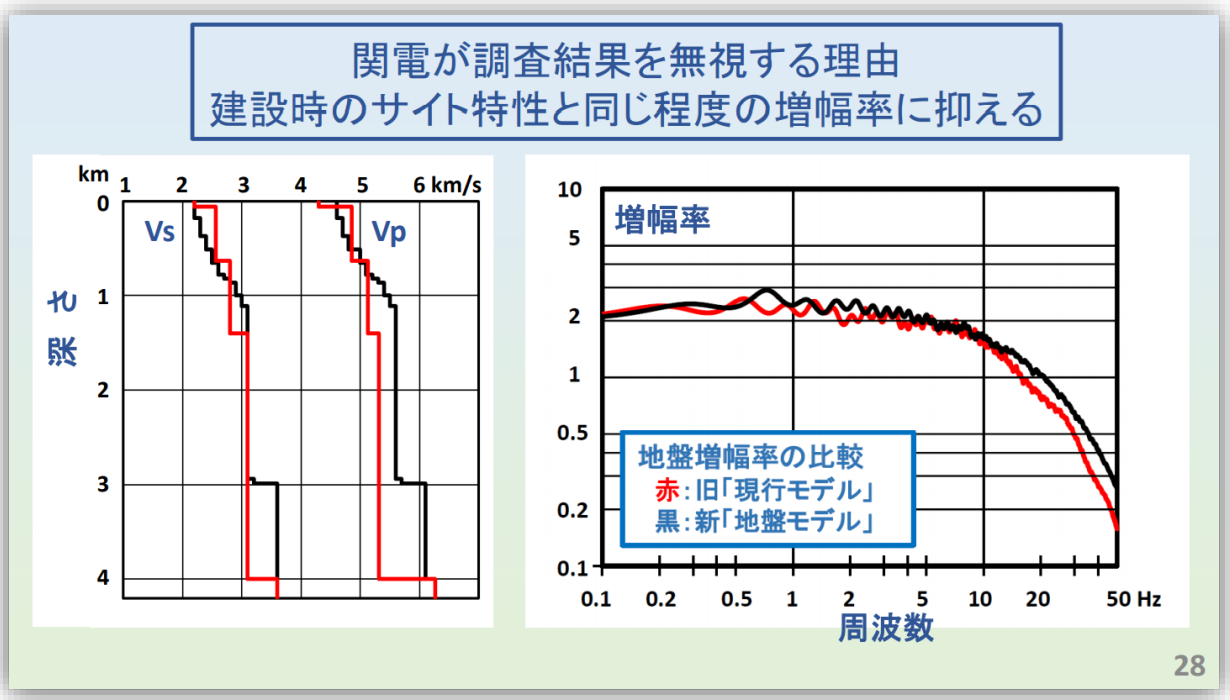


地盤モデルの違いで、どれほど増幅率が変化するか、一例を示す。

上図は、横軸は周波数、縦軸が増幅率である。黒線が関電モデル、赤線が調査結果を適切に踏まえて策定したモデルの増幅率である（３号炉モデルという）。３号炉モデルは、関電モデルの表層４０m 部分の速度を３号炉建屋付近の速度とし、減衰係数を関電モデルの２/３としたものでる。

関電モデルの増幅率は、１０Hz 以上で３号炉モデルの半分以下である。関電モデルでは基準地震動が過小に評価されるのである。

No.28　関電モデル固執の理由



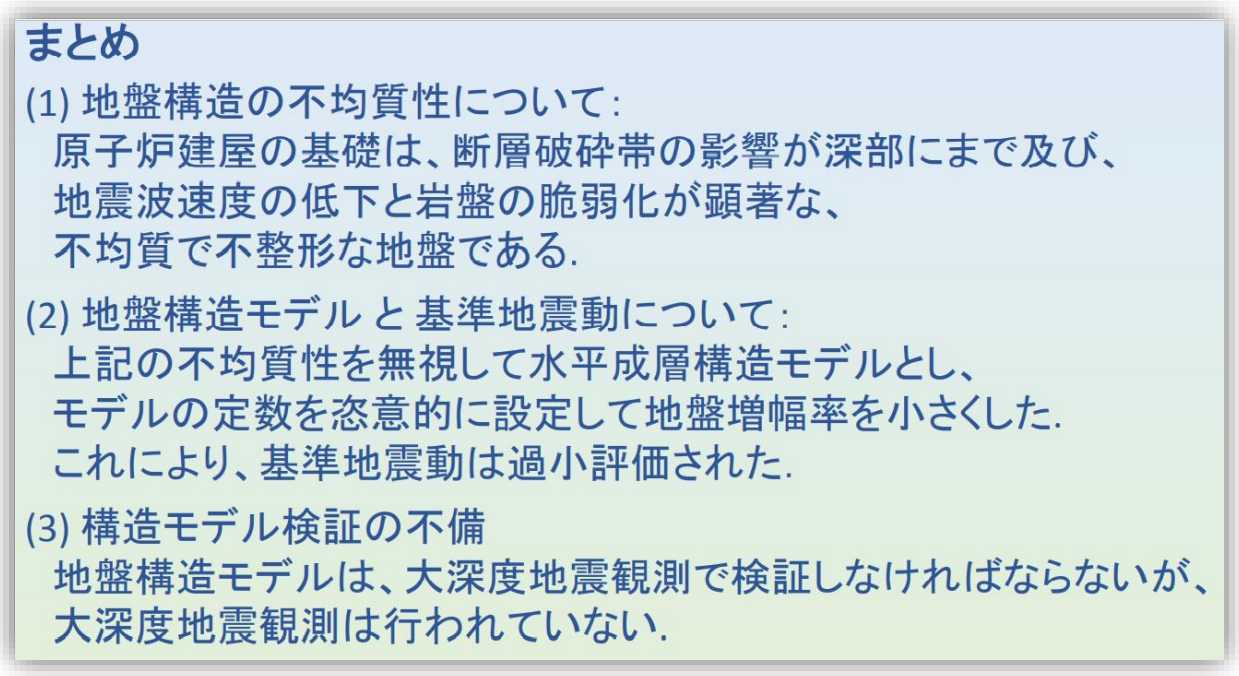
関電が、なぜ調査結果を無視した地盤モデルを設定したかを推測する。

上の左の図は深さ方向の速度分布図、右の図が増幅率を示す図である。

赤が建設時、黒が今回のバックチェック後のモデルであり、増幅率は新旧ほぼ同じ増幅特性となっている。

関電は、建設時に用いたモデルと同じ程度の増幅率に抑えるために、地盤の速度や減衰定数について、調査結果が示すより大きな値を用いた。サイト特性を決める３要素全てを恣意的に設定しているのである。

No.29　まとめ



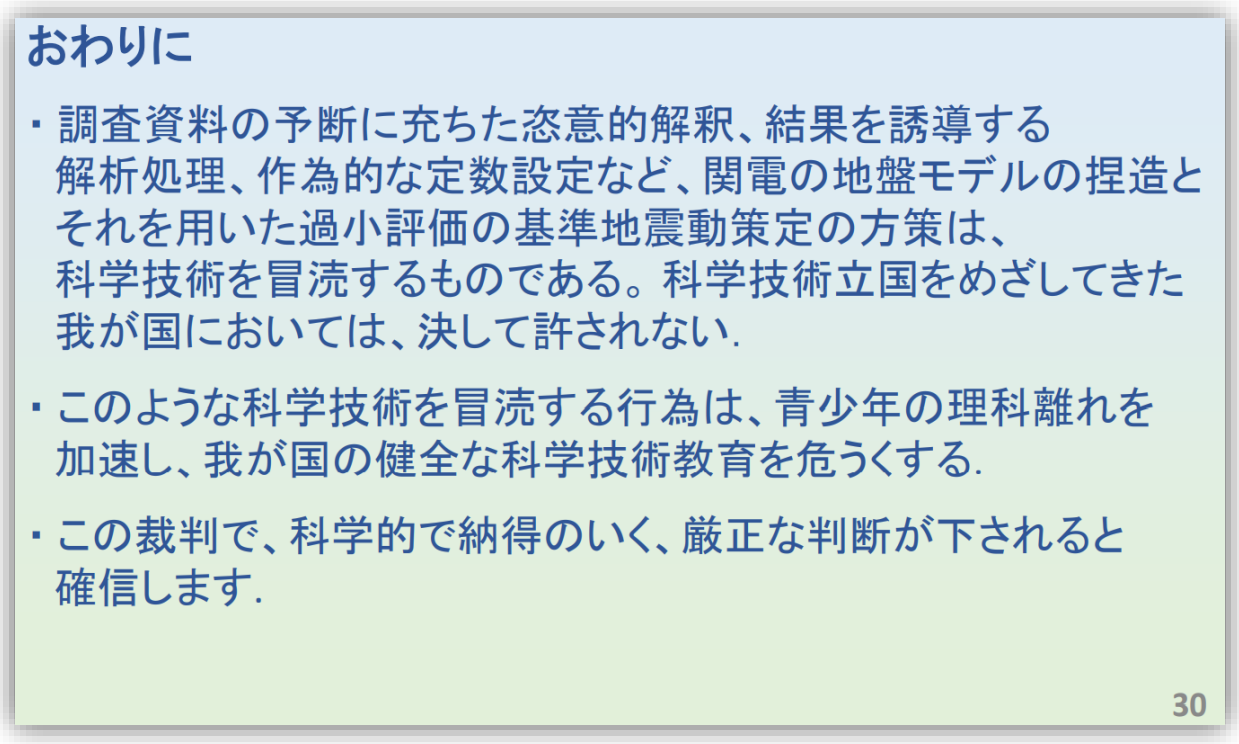
(1) 地盤構造の不均質性について：
原子炉建屋の基礎は、断層破砕帯の影響が深部にまで及び、地震波速度の低下と岩盤の脆弱化が顕著な不均質で不整形な地盤である。

(2) 地盤構造モデル と 基準地震動について：
上記の不均質性を無視して水平成層構造モデルとし、モデルの定数を恣意的に設定して地盤増幅率を小さくした。これにより、基準地震動は過小評価された。

(3) 構造モデル検証の不備
地盤構造モデルは、大深度地震観測で検証しなければならないが、大深度地震観測は行われていない。

以上の理由により、大飯原発の地盤は地震に対して安全とは言えない。

No.30　おわりに



関電モデルは、調査資料の予断に充ちた恣意的解釈、結果を誘導する解析処理、作為的な定数設定によって策定された。関電モデルを用いた基準地震動の過小評価は、科学技術を冒涜するものである。科学技術立国をめざしてきた我が国においては、決して許されない。

この裁判で、科学的で納得のいく、厳正な判断が下されるものと確信する。

以　上