



平成29年(ウ)第62号
債権者 [REDACTED] 外3名
債務者 四国電力株式会社

平成30年6月11日

補充書 (5)

広島高等裁判所第2部 御中

債務者訴訟代理人弁護士

田代

健



同弁護士

松繁

明



同弁護士

川本賢

一



代

同弁護士

水野絵里奈

一



代

同弁護士

福田

浩



同弁護士

井家武

男



目 次

第1 原子力発電所の敷地及び敷地周辺の地下構造の把握に係る考 方について	2
第2 債務者の本件発電所敷地及び敷地近傍における地下構造の把握 の概要	5
1 本件発電所敷地及び敷地近傍は、基礎地盤となる良質な岩盤が 十分な広がりをもっており、堅硬かつ均質な地下構造であること	5
2 ボーリング調査、深部ボーリング調査、オフセットVSP探査 等の結果からは、本件発電所の地下構造が地震動の顕著な増幅を もたらすものではなく、地震動評価上、成層かつ均質な地下構造 であると推定されること	10
3 本件発電所の地下構造が地震動の顕著な増幅をもたらすもので はなく、地震動評価上、成層かつ均質な地下構造であると推定さ れることは、解析的な検討からも確認をしていること	15
4 地震観測記録からも到来方向によって地震動が顕著に増幅する ような傾向はなく、地震動評価上、本件発電所の地下構造は成層 かつ均質なものであると推定されること	17
5 本件発電所の地下構造が地震動の顕著な増幅をもたらすもので はないことは、実際に発生した地震の観測記録によっても裏付け られていること	18
6 小括	19
第3 債権者らの主張への反論	21

債権者らは、平成30年4月16日付け第4補充書（三次元地下構造調査）（以下、本書面において「第4補充書」という。）において、本件発電所の敷地及び敷地周辺の地下構造調査を三次元探査によって実施すべきであることを述べ、債務者が実施した地下構造調査では不十分であり、そのような不十分な調査を基に債務者が設定した地下構造モデルは不適切である旨を主張する。

しかしながら、債務者は、原審答弁書等で詳しく述べたとおり、本件発電所の敷地及び敷地周辺の地下構造について詳細な調査を実施することにより、地下の三次元的な構造を十分把握しており、地下構造に起因する顕著な地震動の増幅がないことを確認している。そして、債務者が設定した地下構造モデルは十分な合理性を有しており、債権者らの主張は理由がない。

以下では、第1において、原子力発電所の敷地及び敷地周辺の地下構造の把握に係る考え方について述べ、第2において、債務者の本件発電所敷地及び敷地近傍における地下構造の把握の概要について述べる。そして、第3において、債権者らの主張に対して必要な範囲で反論を加える。

第1 原子力発電所の敷地及び敷地周辺の地下構造の把握に係る考え方について

原子力発電所の敷地及び敷地周辺については、特異な地下構造により地震動が増幅される場合があることを踏まえ、より精密な基準地震動を策定するために、地下構造を三次元的に把握することが要求されている。

この点、解釈別記2¹では、「評価の過程において、地下構造が成層かつ均質と認められる場合を除き、三次元的な地下構造により検討すること。」「評価の実施に当たって必要な敷地及び敷地周辺の調査については、地域特性及び既往文献の調査、既存データの収集・分析、地震観測記録の分析、地質調査、ボーリング調査並びに二次元又は三次元の物理探査等を適切な手順と組合せで実施すること。」と定められている(乙542(136頁))。

また、同様に、地震ガイド²では、「地下構造の評価の過程において、地下構造が水平成層構造と認められる場合を除き、三次元的な地下構造により検討されていることを確認する」(乙39(6頁))とされ、地質ガイド³では、「地震動評価の過程において、地下構造が成層かつ均質と認められる場合を除き、三次元的な地下構造により検討されていることを「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」により確認する」、「適切な調査とは、調査により取得された地下構造データに基づいて作成された地下構造モデルを用いて、比較的短周期領域における地震動を高い精度で評価可能な地下構造調査を意味する」(乙540(24頁))とされている。

上記の解釈別記2及び各ガイドの定めについて、原子力規制委員会は、

¹ 正式には、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈別記2」という。

² 正式には、「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」という。

³ 正式には、「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」という。

「地下構造が成層かつ均質と認められる場合を除き、三次元的な地下構造により検討する」というふうに書いております。これは規則の解釈の中にも同様のことが書いてあるのですけれども、成層かつ均質な場合だと思っているときにはあまり三次元的に調査をしないということではなくて、ある程度の三次元的な調査をした上で、実際に基準地震動を策定する中で、地盤のモデルとして三次元的な詳細なモデルを作るのか、あるいは、調査をした結果、一次元とか二次元とか、いわゆる従来のような、ある程度の簡易的なモデルでも基準地震動の策定にほとんど影響がないという場合には、そういった過去のものでも使うということを我々は意図して書いておりますので、調査に当たっては、少なくとも従来より、より詳細な調査をやっていただきたいという趣旨で、規則の解釈であるとかガイドに書いてある」（甲F169（6頁））と述べている。

つまり、地下構造モデルを三次元のものとすることは必須の要求事項ではなく、三次元的に敷地及び敷地周辺の地下構造を把握した上で、地震動評価上、地下構造が成層かつ均質で、地震動の著しい増幅がなく比較的短周期領域における地震動を高い精度で評価可能と認められる場合には、地下構造モデルを一次元又は二次元のものとする事ができる（地震動の増幅の観点から三次元の地下構造モデルでなくとも基準地震動の策定に影響がない）とされているのである。

この点についてより具体的に言えば、2007年新潟県中越沖地震の東京電力柏崎刈羽原子力発電所の観測記録や2009年駿河湾地震の中部電力浜岡原子力発電所5号機の観測記録における地下構造による地震動の顕著な増幅事例では、せん断波速度で1 km/s 程度以下の地層（軟岩）が厚く分布する地点において、顕著な速度コントラスト（異なる堆積層間にお

ける速度構造（地震波の速度分布）の差）を有する褶曲構造や周辺の岩盤に比べて有意に速度の低い低速度層が存在し、その速度構造の境界面で屈折した地震波が重なり合ったこと等が、地震動の著しい増幅の要因であったことへの反省から（乙25、乙86）、解釈別記2及びガイドは、地域特性及び既往文献の調査、既存データの収集・分析、地震観測記録の分析、地質調査、ボーリング調査並びに二次元又は三次元の物理探査等を用いて、原子力発電所の敷地及び敷地周辺の「地下構造について三次元的に把握すること」は求めているものの、債権者らが主張する「三次元探査（三次元の物理探査）」を必須のものとして求めているわけではないのである。

このような理解は、原子力規制委員会においても同様である。債務者は、最終的に地下構造モデルを三次元のものとしていないが、原子力規制委員会から、地下構造を三次元的に把握することは求められており、実際、本件3号機に係る第2回目の新規制基準適合性に係る審査会合において、「オフセットVSP探査、震度ボーリング⁴、地震観測記録結果など敷地地下構造を三次元的に詳細に把握するために実施した内容の詳細を示すこと。」が主要な論点の一つとして指摘されている（乙543（1頁））。このことは、原子力規制委員会が、地下構造を三次元的に把握することの重要性を認識していたこと、及びオフセットVSP探査等による債務者の調査内容から三次元的な地下構造を把握することが可能であり、三次元探査は必須のものではないと考えていたこと、さらには、本件3号機の新規制基準適合性審査に当たって、地下構造が三次元的に把握されているかどうかを評価の対象としていたことの証左でもある。

⁴ 正しくは「深度ボーリング」。本書面における「深部ボーリング」と同義。

ちなみに、地震動評価上、地下構造が成層かつ均質で、地震動の著しい増幅がなく比較的短周期領域における地震動を高い精度で評価可能と認められる場合には、地下構造モデルを一次元又は二次元のものとする事ができるという点については、強震動予測レシピ⁵においても同様の考え方が採用されている。すなわち、強震動予測レシピは、2.2.1において「通常の場合」の手順として三次元構造モデルを作成することを求める一方で、2.2.2において、「通常の場合」の例外である「水平成層構造が仮定できる場合」の手順が定められており、「水平成層構造が想定可能なことがあらかじめわかっている場合には、水平成層構造に対する強震動の理論計算はるかに容易であるから、三次元的に不均質なモデルをあえて作ることは適切でない。」とされている（乙354（24～26頁））。

第2 債務者の本件発電所敷地及び敷地近傍における地下構造の把握の概要

債務者が本件発電所敷地及び敷地近傍の地下構造を適切に把握していること、すなわち、本件発電所敷地地盤の地下構造は、地震動を増幅させる特異な性質のない良質な地盤であると評価していることは、原審債務者答弁書55頁以下及び143頁以下で述べたとおりであるが、以下では、改めて債務者が、どのようにして敷地及び敷地周辺の地下構造を三次元的に把握した上で、地震動評価上、地下構造が成層かつ均質であると評価したのかについて述べる。

- 1 本件発電所敷地及び敷地近傍は、基礎地盤となる良質な岩盤が十分な広がりをもっており、堅硬かつ均質な地下構造であること

本件発電所敷地は三波川帯に位置している。敷地の地盤は三波川変成岩

⁵ 正式には、「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）」という。

類のうち主に塩基性片岩で構成されており、敷地内の塩基性片岩は片理があるものの、一般に剥離性が弱く、塊状かつ堅硬である（乙11（6-3-76頁））。また、ボーリング調査の結果、本件発電所敷地の地盤においては、堅硬な塩基性片岩が深度数百mまで連続し、それ以深においても少なくとも深度約2000mまでは堅硬かつ緻密な泥質片岩を主体とする結晶片岩⁶が連続している。

さらに、敷地近傍陸域の表層地質は、三波川変成岩類に属する塩基性片岩で特徴づけられ、厚さ数十～百mの珪質片岩及び泥質片岩をレンズ状に挟在する。そして、珪質片岩及び泥質片岩は敷地の南方から東方にかけて連続的にほぼ水平に分布する（乙11（6-3-70頁））。債務者は、地表踏査等により、地表で確認される珪質片岩及び泥質片岩を鍵層として地質断面図を作成し、敷地近傍の三次元的な地質構造がほぼ水平であることを把握している（乙35（35頁）、図1）。また、敷地は火山フロント⁷から大きく南東に外れて第四紀火山⁸と離隔があり、敷地近傍に火山岩の貫入も認められない。

以上のことより、本件発電所の敷地及び敷地近傍の地盤は三波川変成岩類に属する塩基性片岩、泥質片岩、珪質片岩といった結晶片岩から成り、大局的には地下深部まで同種の堅硬で均質な地層が連続していることから

⁶ 片理のある広域変成岩を結晶片岩という。塩基性片岩、泥質片岩、珪質片岩及び砂質片岩はいずれも結晶片岩の一種である。

⁷ 陸のプレートの下に海のプレートが沈み込むところでマグマが形成され、マグマは一旦マグマだまりに蓄えられるなどして地表に噴出し、火山となる。火山は、沈み込んだプレートの深さが100～150kmに達したところの地表に、海溝軸にほぼ平行に分布する。この帯状の火山分布の、海溝側の境界を結ぶ線を火山フロントという。西日本では、山陰から九州を経て南西諸島にける火山フロント沿いに火山が分布している。

⁸ 第四紀（約260万年前から現在まで）に活動した火山。第四紀以前に火山活動があった火山で、第四紀の活動が認められない火山はすでにその活動を停止しているとみなしてよいとされる（乙147（6頁））。

(乙35(33頁), 図2), 基礎地盤となる良質な岩盤(三波川変成岩類に属する結晶片岩)が十分な広がりをもっており, 堅硬かつ均質な地下構造であることが分かる。そして, 南北断面ではやや斜めに傾いた地質境界が見られるものの, 岩盤のせん断波速度は, 後記2で述べるとおり, 地表の風化部を除いた新鮮な部分では地下浅部から一貫して2 km/sを超えており, 深度方向に漸増する(なお, 本件発電所建設時に地表の風化部は取り除いた上で, 重要施設を設置している。)

一方, 上記第1で述べたとおり, 東京電力柏崎刈羽原子力発電所の観測記録における地震動の増幅は, せん断波速度で1 km/s程度以下の地層(軟岩)が厚く分布する地点において, 顕著な速度コントラストを有する速度構造の境界面で屈折した地震波が重なり合ったこと等が要因とされている。すなわち, たとえ地質境界がやや斜めに傾いていたとしても, それらの地質が堅硬で, かつ, 境界面の速度構造に明瞭なコントラストがない(速度構造が均質な)場合には, 境界面での波の屈折及び重なり合いが少なく, 地震動の顕著な増幅は起こりにくいのである(この点について, 債務者は解析的な検討からも確認しており, 詳細は後記3において述べる。)

以上のことより, 硬岩に立地する本件発電所の状況は, 軟岩が厚く分布する地点において地震動の著しい増幅の要因となる顕著な速度コントラストを有する褶曲構造や周辺の岩盤に比べて速度の低い低速度層が存在した前述の地下構造による地震動の顕著な増幅事例とは全く異なり, そもそも地震動の著しい増幅が起こるとは考えがたい堅硬かつ均質な地下構造であると言える。

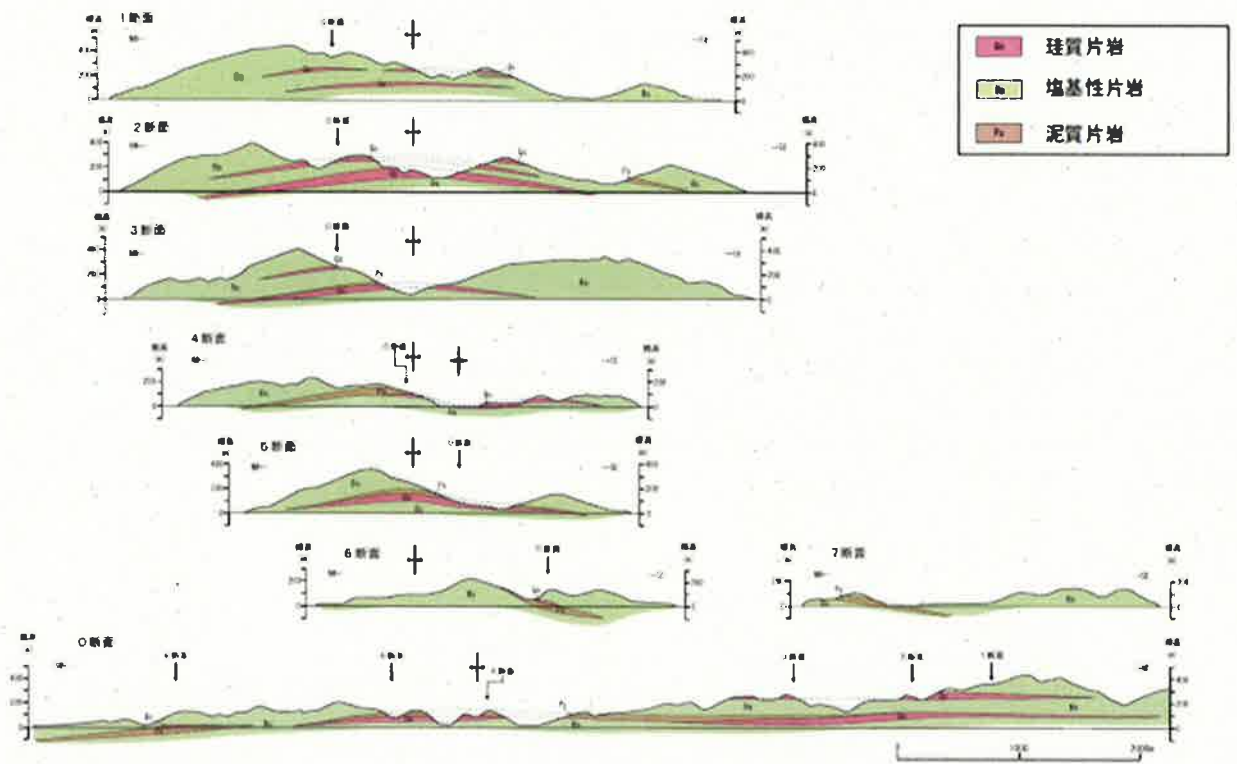
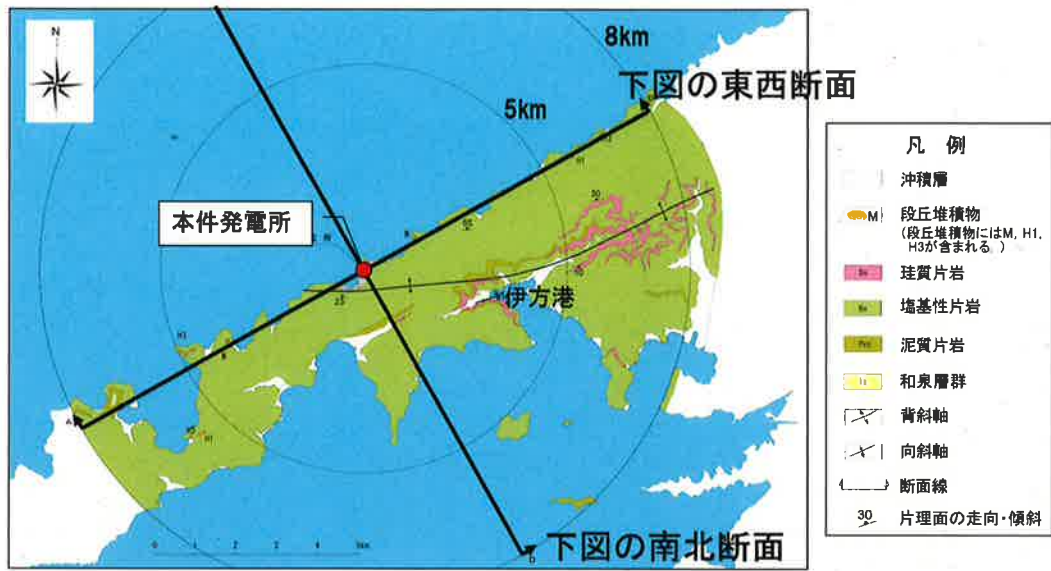
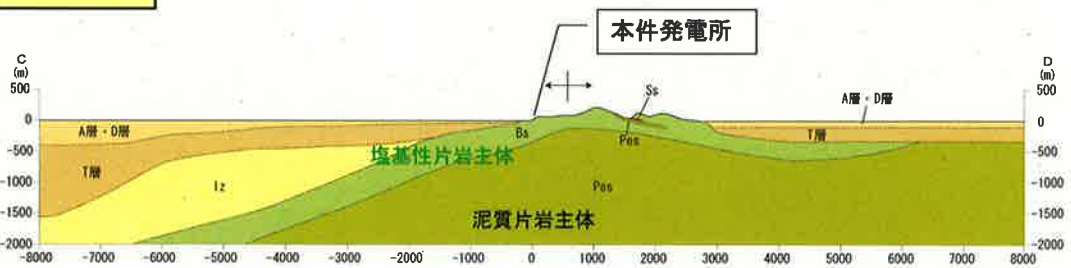


図1 敷地近傍の詳細地質構造（上：断面位置図，下：断面図）



南北断面



東西断面

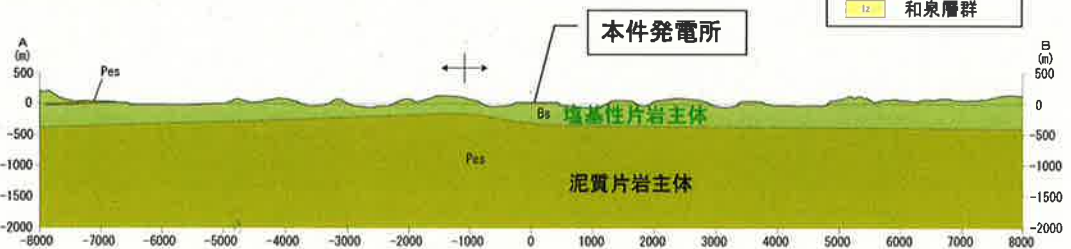


図2 敷地近傍の地質構造 (上: 平面図, 下: 断面図)

2 ボーリング調査、深部ボーリング調査、オフセットVSP探査等の結果からは、本件発電所の地下構造が地震動の顕著な増幅をもたらすものではなく、地震動評価上、成層かつ均質な地下構造であると推定されること

債務者は、本件発電所の建設時において、最深深度で500m、孔数で約150孔のボーリング調査を実施するなど（原審債務者準備書面（4）の図1参照）、本件発電所の地下構造を把握した上で、平成23年の東北地方太平洋沖地震と福島第一原子力発電所の事故が発生するより前の平成22年から先駆的に深部ボーリング調査を実施し、本件発電所敷地のさらに地下深部までの地質及び地盤物性を把握するとともに、深部の地下構造に起因する地震動の増幅がないことを確認した（つまり、債務者は、深部ボーリング調査のみの結果をもって、本件発電所の地下構造を把握したわけではない。）。

深部ボーリング調査は、本件発電所敷地の南西部（荷揚岸壁付近）において、深度2000m、500m、160m、5mの4孔のボーリング孔を掘削するもので、深度2000mまでの連続したボーリングコアを採取し、これを観察して地質柱状図⁹を作成するとともに、深部ボーリング孔内において物理検層¹⁰やオフセットVSP探査¹¹を実施した。そして、従来のボーリング調査等の結果と合わせて地下構造の検証を行った。また、地下深部における地震動を観測し、地表で観測した地震動との比較を行うこと

⁹ 地質断面図の一種で、地層の堆積した順序、厚さ、地層区分などを、模様や記号によって縦に細長い柱状に表したもの

¹⁰ ボーリング孔内に各種測定器（検層器）を降下させ、検層器から得られる物理量（S波速度、密度、温度等）を用いて、地層中の地質情報を連続的に計測する手法

¹¹ 地表に震源を設置してボーリング孔内の受振器で地震波を観測することにより、ボーリング孔周辺の地下構造を調査する手法をVSP探査（vertical seismic profiling：鉛直地震探査）といい、特に、震源をボーリング孔から離れた地点に設置する方法をオフセットVSP探査と呼ぶ。

により実際に地震動が増幅しないことを検証することなどを目的に、各ボーリング孔底部に地震計を設置し、地震観測を開始した。（以上、乙35（21～23頁，30頁，47～53頁））

深部ボーリング調査の結果は、以下のとおりであり、本件発電所の敷地地盤は速度構造的に特異性を有する地盤ではない。（乙11（6-5-20～6-5-21頁））

（地質構造）

深部ボーリング調査の調査地点では、地表付近に埋立土や風化岩が薄く分布するものの深度約50mで新鮮な岩盤となり、深度約50mから深度約2000mまで堅硬かつ緻密な結晶片岩が連続する。敷地の地盤を構成する塩基性片岩の下位に三波川変成岩類のうち主に泥質片岩が分布し、塩基性片岩、珪質片岩及び砂質片岩の薄層を挟む。地表部の塩基性片岩を主体とする地層とその下位の泥質片岩を主体とする地層の境界面は緩く北へ傾斜していると推定され、深部ボーリング調査位置では深度約130m以深、本件3号機の炉心位置では深度約350m以深が泥質片岩主体となっている。（地質構造の断面図は図2参照）（乙35（25～36頁））

（速度構造）

深部ボーリング孔内での物理検層の結果（図3）によると、P波速度及びS波速度は地下深部に至るにつれて漸増し、地盤の密度は岩種に応じてやや変化するものの、深度方向への大きな増減傾向は認められない。地震動の増幅はせん断波速度の顕著なコントラストがある場合に生じ得るところ、地表部（深度50～130m）の塩基性片岩主体層のせん断波速度は2.4km/sであるのに対し、その下位（深度130～300m）に接する泥質片岩主体層のせん断波速度は2.2km/sと大差なく、それ以深で

では、ボーリング孔の右側に水平方向に延びる鮮明な縞模様が見られる（赤線で囲んだ範囲）。これが、オフセットVSP探査で得られた反射面を示している。それ以外の範囲で見られるやや不鮮明な縞模様は、地表で発振した地震波を地表の受振器で観測することにより地下構造を把握する手法である反射法探査で得られた反射面を示している¹²。オフセットVSP探査や反射法探査では、地下の速度構造の境界面（反射面）が縞状に表現され、速度構造に歪みや傾斜が見られる場合には褶曲構造の存在などが推定される。この点、図4を見ると、地下深部まではほぼ水平な反射面が連続し、地震動の特異な増幅の要因となる低速度域及び褶曲構造は認められず、本件発電所の敷地地盤の速度構造は、乱れがなく、均質である。（つまり、地震動評価上、本件発電所の地下構造は成層かつ均質なものであると推定される。）（以上、乙35（38～45頁，55～58頁））

なお、参考までに、上記第1において地下構造による地震動の顕著な増幅事例として挙げた東京電力柏崎刈羽原子力発電所の速度構造図を図5（乙544（17頁））に示しているが、図4で示す本件3号機の速度構造とは異なり、顕著な褶曲が見てとれる。

¹² オフセットVSP探査では、反射法探査に比べ反射波の経路がほぼ半分になることなどから、高い分解能を得ることができる。

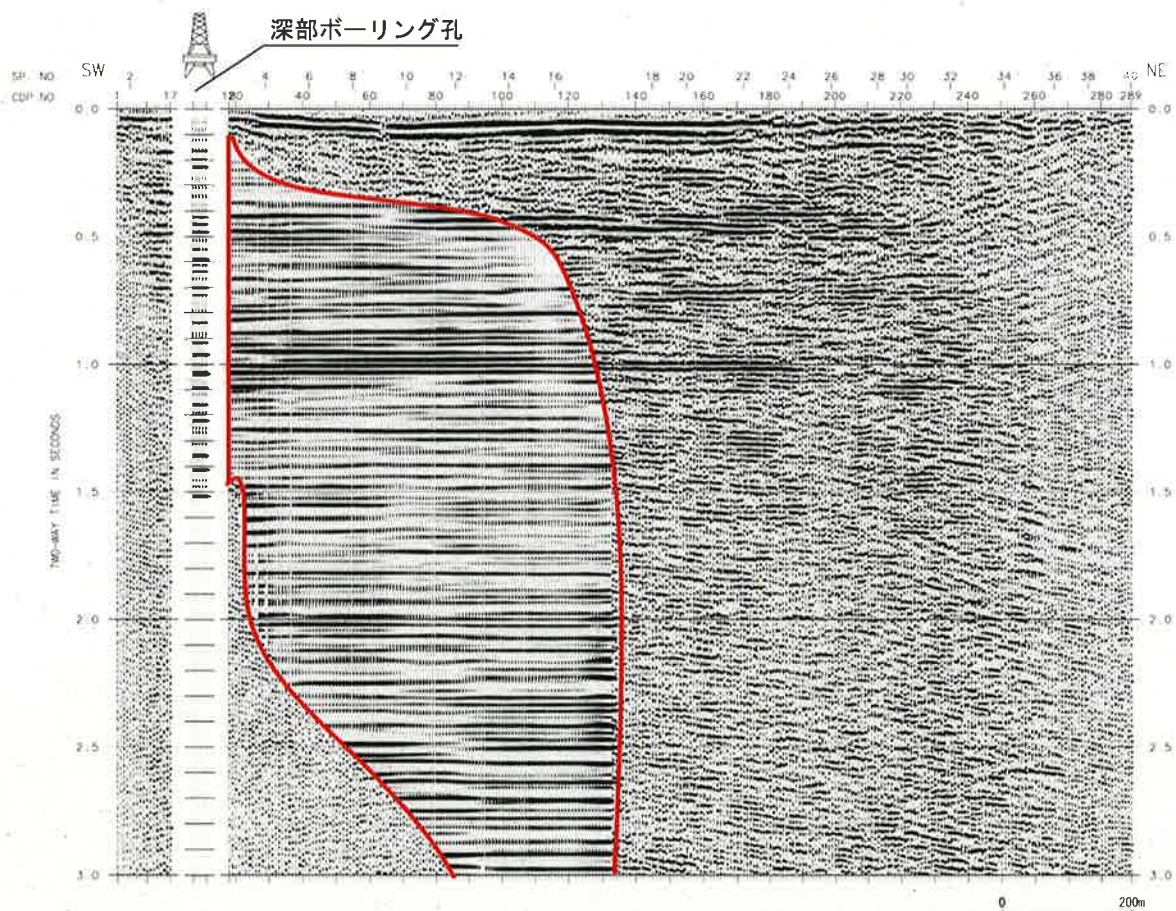


図4 オフセットVSP探査による本件3号機の世界構造図

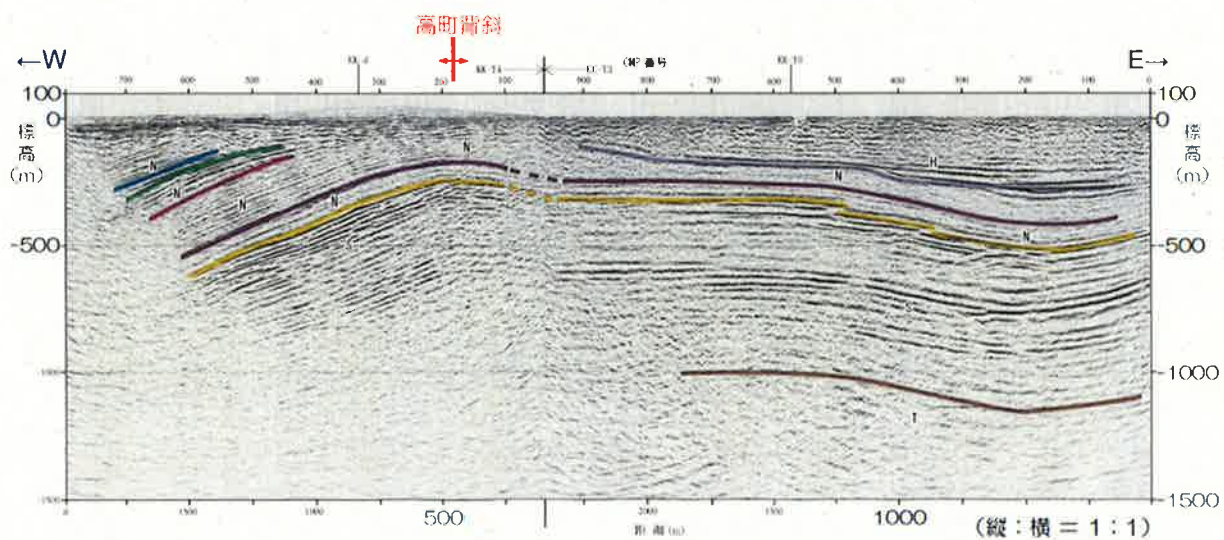


図5 反射法探査による柏崎刈羽原子力発電所の速度構造図

3 本件発電所の地下構造が地震動の顕著な増幅をもたらすものではなく、地震動評価上、成層かつ均質な地下構造であると推定されることは、解析的な検討からも確認をしていること

上記のとおり、各種調査に基づき、本件発電所の地下構造が地震動の顕著な増幅をもたらすものではないことを把握しているのであるが、債務者は、解析的な検討からもそのことを確認している。

すなわち、債務者は、敷地近傍の三次元的な地下構造が、大局的には佐田岬半島と並行する東西方向にほぼ水平であり、これと直交する南北方向で地層の傾斜が最大となること（図2）を踏まえ、南北方向の二次元地下構造モデルを設定し、地下深部からの顕著な増幅がないことを確認し、原子力規制委員会による審査においても認められている（乙269（28頁）、図6）。この解析的な検討結果は、本件発電所の敷地周辺は、大局的には地下深部まで堅硬で均質な結晶片岩の地層が連続しており、地層の傾斜があっても速度構造に顕著なコントラストがないため、敷地においては地震動の顕著な増幅は見られないことを示すものである。（つまり、地震動評価上、本件発電所の地下構造は成層かつ均質なものであると推定される。）

なお、参考までに、上記第1において地下構造による地震動の顕著な増幅事例として挙げた東京電力柏崎刈羽原子力発電所の敷地周辺の二次元地下構造モデルを図7（乙545（48頁））に示している。上記第2の2で述べたとおり、本件発電所においては、速度構造のコントラストが小さい結晶片岩（塩基性片岩主体層及び泥質片岩主体層）で構成されるのに対して、東京電力柏崎刈羽原子力発電所では、岩種間の速度構造のコントラストが大きく、褶曲の程度も著しいことが見てとれる。

2次元地盤モデルを用いた解析的な分析 ～到来方向による差異の確認

- 敷地周辺の地下深部2kmまでの地下構造をモデル化し、敷地直下(入射角0°)、伊予灘側(入射角+50°)、宇和海側(入射角-50°)の各々からの到来方向(入射角)について地震波の到来方向による特異性の検討を行った。
- 敷地での増幅(伝達関数)はいずれも1程度かそれ以下で顕著な増幅は見られず、到来方向によって伝播特性が異なる傾向がないことを解析的にも確認した。

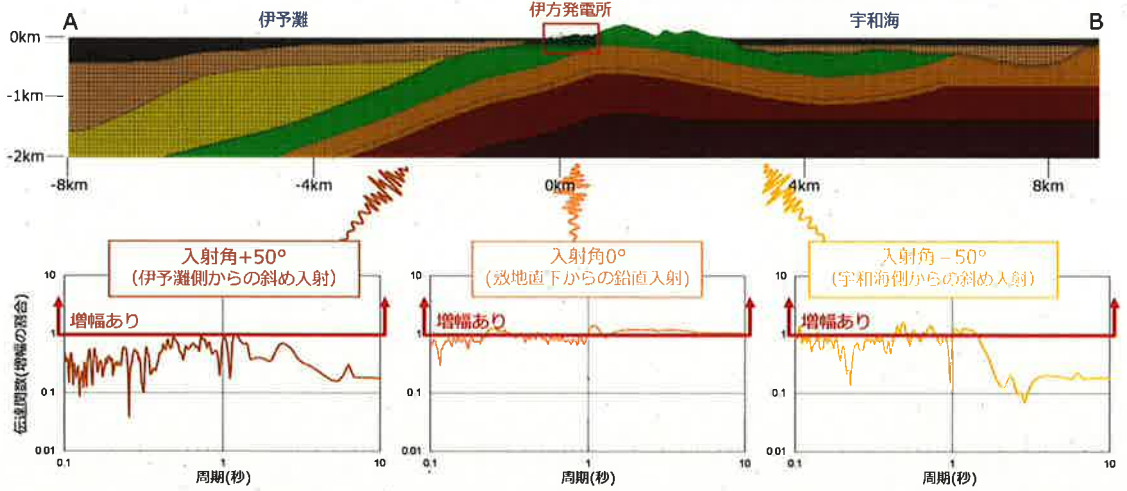
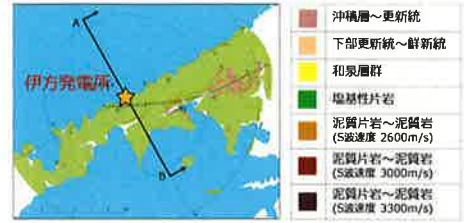


図6 2次元地下構造モデルを用いた地震動の増幅に関する解析的な検討

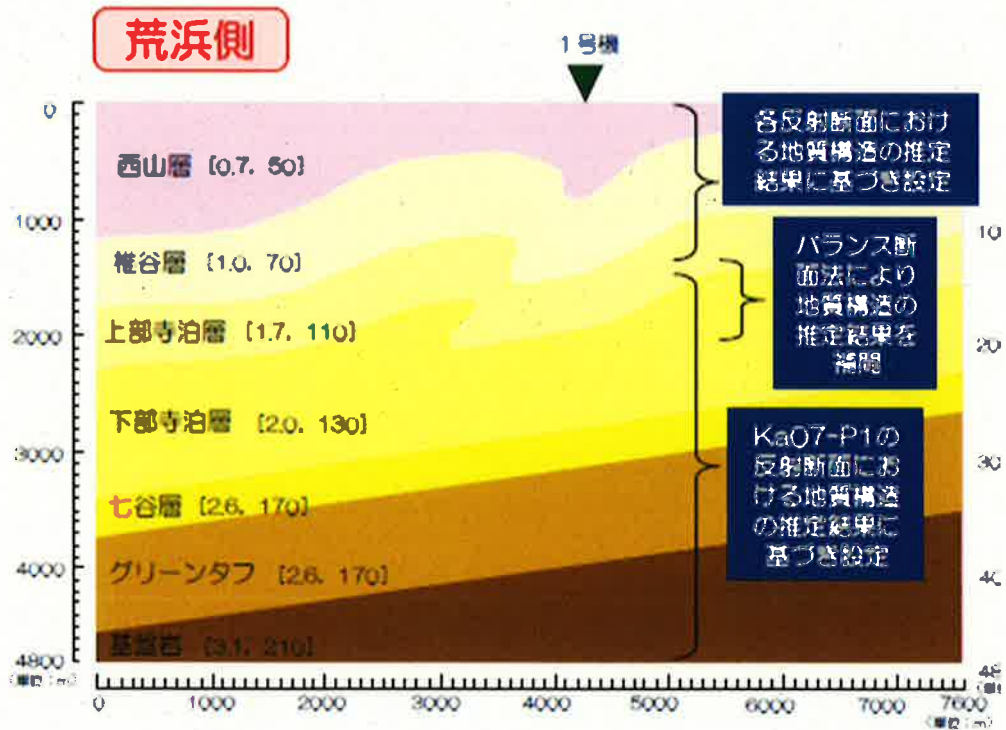


図7 柏崎刈羽原子力発電所の2次元地下構造モデル

- 4 地震観測記録からも到来方向によって地震動が顕著に増幅するような傾向はなく、地震動評価上、本件発電所の地下構造は成層かつ均質なものであると推定されること

債務者は、本件発電所敷地地盤において、1975年から地震観測（強震及び微小地震）を実施している。そして、本件発電所で観測した地震のうち、Noda et al.（2002）の方法（耐専スペクトル）（乙36）との比較が可能な比較的規模の大きい内陸地殻内地震（乙11（6-5-65頁））を用いて、観測記録の応答スペクトルと耐専スペクトルにより推定した応答スペクトルの比をとって増幅の有無の検討を行った。その結果、どの地震についても短周期側では観測値が予測値よりも小さい傾向を示しており、特に顕著な増幅を示す地震はない（乙11（6-5-146頁））。観測値が予測値よりも小さい理由としては、本件発電所敷地の岩盤が耐専スペクトルの想定する地盤よりも硬いこと、どれも遠方の地震であり観測記録の振幅が小さいことなどのためである。

次に、対象とする地震の規模をM2程度にまで広げて、地震波の到来方向によって特異性が見られないかの検討を行った。地震規模が小さく耐専スペクトルの適用範囲外であるため観測値と予測値との整合が悪く断定的な評価はできないものの、地震の発生地域を敷地北方、東方、南方及び西方の4領域に分けて検討したところ、到来方向によって増幅傾向が異なることはない。（つまり、地震動評価上、本件発電所の地下構造は成層かつ均質なものであると推定される。）（以上、乙11（6-5-21～6-5-23頁、6-5-145～6-5-148頁）、乙35（1～6頁））

5 本件発電所の地下構造が地震動の顕著な増幅をもたらすものではないことは、実際に発生した地震の観測記録によっても裏付けられていること

債務者は、2014年3月14日に発生した伊予灘地震の観測記録を用いて、本件発電所地下構造の増幅特性の評価を行っている（乙269（35頁）、図8）。

伊予灘地震は、本件発電所敷地の地下2000mで49ガル、地下5mで65ガルを計測している。これらの記録を用いた、はぎとり解析¹³を実施したところ、地下2000mのはぎとり波は94ガル、地下5mのはぎとり波は69ガルとなった。このことは、本件発電所の地下構造は地震動の顕著な増幅特性がないものである（むしろ、地震動が減衰する特性を有しているものである）ことを明確に裏付けるものである。

なお、この地震の際、本件発電所と比べて地盤が軟らかい（揺れやすい）八幡浜では、本件発電所よりも震源からの距離が遠い（揺れが減衰しやすい）にもかかわらず、最大240ガルを観測している（乙269（6頁））。

¹³ 地中の観測記録を用い、上部地盤を取り除いた仮想の地表面における地震動を算出する方法のこと。

2014年3月14日伊予灘地震の観測記録を用いた増幅特性の評価

○2014年3月14日伊予灘地震において、深部ボーリング孔に設置した地中の地震計で得られた観測記録を用いたはぎとり解析を実施し、地下2000mから地下5mへの顕著な増幅が無いことを確認した。

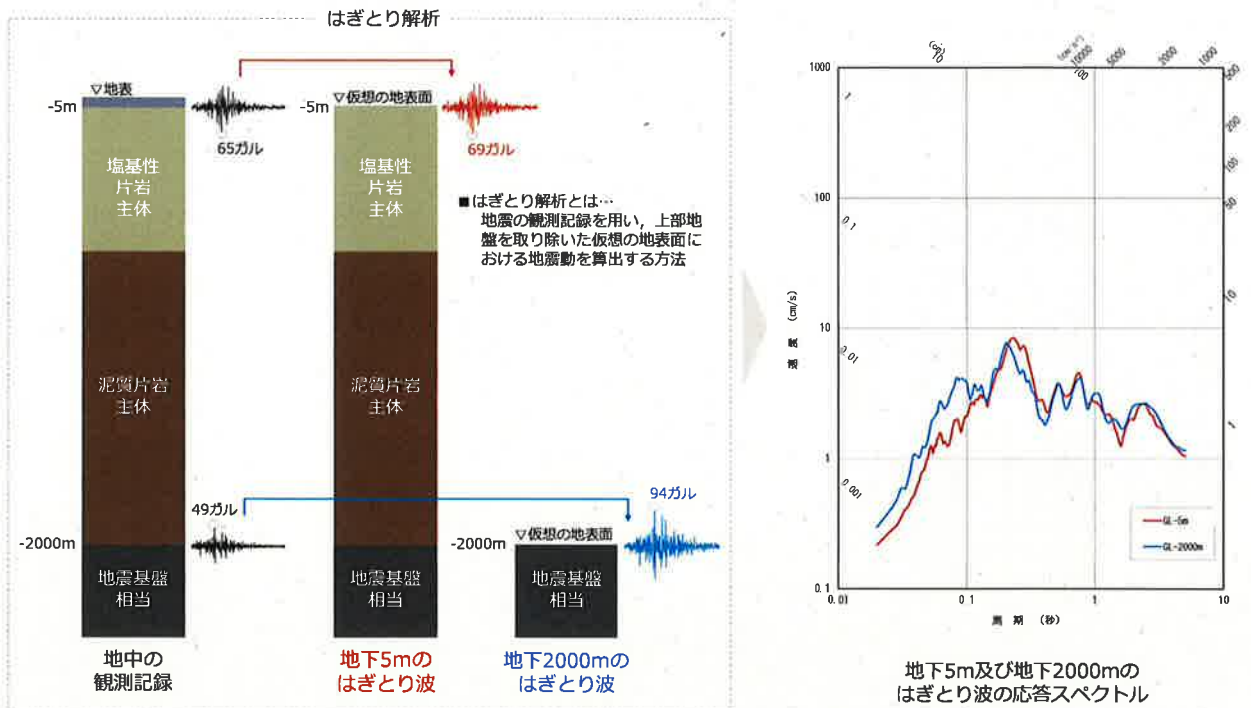


図8 2014年3月14日に伊予灘で発生した地震の観測記録を用いた
本件発電所の敷地地盤の増幅特性の評価

6 小括

これまでに述べたとおり、債務者は、地表踏査、ボーリング調査、深部ボーリング調査、オフセットVSP探査、二次元地下構造モデルによる解析的な検討、地震観測記録等の一次元及び二次元の調査結果を総合して、地下構造を三次元的に把握した上で、地震動評価上、地下構造が成層かつ均質で、地震動の著しい増幅がなく比較的短周期領域における地震動を高い精度で評価可能であると判断している。そして、本件発電所の地下構造が地震動の特異な増幅をもたらすものではないこと、すなわち、地震動評価上、地下構造が成層かつ均質なものであることは、実際に観測された地

震記録によっても明確に裏付けられている。加えて、これらの評価方法は、上記第1において述べた新規制基準適合性に係る審査会合における原子力規制委員会からの指摘内容とも整合している。

また、原子力規制委員会は、本件発電所敷地及び敷地周辺の地下構造の評価に関して、①債務者が行った調査の手法は、地質ガイドを踏まえていること、②調査結果に基づき地下構造を水平成層かつ均質と評価し、一次元地下構造モデルを設定していること、③当該地下構造モデルは地震波の伝播特性を評価するに当たって適切なものであることから、解釈別記2の規定に適合していることを確認している（乙13（11～12頁））。

そして、債務者は、基準地震動を策定する過程で実施した地震動評価において、設定した地下構造モデルを活用している。具体的には、「断層モデルを用いた手法による地震動評価」のうち、適切な要素地震¹⁴の得られていない南海トラフの巨大地震（内閣府検討会）の地震動評価に用いるとともに、理論的手法による地震動評価¹⁵が長周期帯の評価に適していることを勘案して、敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）の地震動評価のうち、0.8秒以上の長周期帯の評価にも用いている¹⁶（乙31（231頁））。

¹⁴ 経験的グリーン関数法による評価に用いるのに適した地震観測記録のこと（原審債務者準備書面（5）3～4頁を参照）。要素地震には本件発電所の地下構造による地震動の増幅特性が既に含まれており、地下構造モデルによる増幅を考慮する必要がないことから、要素地震を地震動評価に用いる場合には、地下構造モデルは活用されない。

¹⁵ 断層のずれ方や、震源断層から地震波が評価地点まで伝播する経路上の地下構造を詳細にモデル化して、理論的に揺れを計算する地震動評価手法のこと。

¹⁶ 基準地震動S_s-2の策定においては、要素地震の南北方向の長周期側が小さい特徴を補うため、経験的グリーン関数法によって評価した地震動と理論的手法によって評価した地震動とを、接続周期を0.8秒として合成（ハイブリッド合成）しており、周期0.8秒より短周期側は主に経験的グリーン関数法による評価が、周期0.8秒より長周期側は主に理論的手法による評価の結果が反映されている。

第3 債権者らの主張への反論

これまでに述べたとおり、債務者は、本件発電所の敷地及び敷地近傍における地下構造を適切に把握している。そして、専門性を有することはもとより、国家行政組織法3条2項の規定に基づく、いわゆる3条委員会として高度の独立性が保障されている原子力規制委員会（原子力規制委員会設置法2条）が厳格な審査を行い、債務者による評価方法や評価結果が適切であることを確認しているのであり、第4補充書における債権者らの主張は、債権者ら独自の見解を述べるものや、債務者の評価方法等に対する不平・不満を述べるものに過ぎない。

この点を措くとしても、債務者が設定した地下構造モデルは、上記第2の6で述べたとおり、債務者が策定した基準地震動の全てに直接影響するものではなく、具体的には、プレート間地震（南海トラフの巨大地震）の地震動評価、及び内陸地殻内地震（中央構造線断層帯による地震）の地震動評価のうち0.8秒以上の長周期帯の評価にのみ直接影響する。そのため、南海トラフの巨大地震による地震動評価の結果が基準地震動と比較して十分小さいことや、原子力発電所の主要な設備の固有周期が極めて短周期帯（概ね0.1秒程度以下）であること（乙537）を踏まえれば、地下構造モデルを多少変更したとしても、本件発電所の基準地震動及び主要な設備の耐震安全性にはほとんど影響を及ぼさない。

したがって、仮に、債務者の地下構造モデルの設定が不合理であるとしても、基準地震動評価及び基準地震動に基づく施設の耐震安全性評価の不合理性には直接繋がらないのであるから、債権者らの主張に対して、逐一個別に反論する要は認めないのであるが、債権者らは、看過することができない主張を縷々行っていることから、以下、必要な範囲で反論を加える。

1 債権者らは、第4補充書5～6頁において、「三次元地下構造を明らかにすることなく地下構造が成層、均質等と判断することは出来ないはずであり、また「成層」、「均質」、「水平」といった基準は曖昧で詳細な地下構造の調査、検討の懈怠につながるから、このような例外規定は不適切、不合理」であり、「適切な三次元地下構造の把握のための三次元探査を原則として義務付ける審査基準とすべき」であるなどとして、発電用軽水型原子炉施設の地震・津波に関わる新安全設計基準に関する検討チーム会合における各委員の発言を引用した上で、「三次元探査をしてもしなくてもよいかのような前記審査基準は不合理である」と述べ、審査基準の不合理性について主張する。

しかしながら、上記第1で述べたとおり、地下構造モデルを三次元のものとするのは必須の要求事項ではなく、地震動評価の過程において、三次元的に敷地及び敷地周辺の地下構造を把握した上で、地震動評価上、地下構造が成層かつ均質で、地震動の著しい増幅がなく比較的短周期領域における地震動を高い精度で評価可能と認められる場合には、地下構造モデルを一次元又は二次元とすることができるとされている。つまり、三次元地下構造の把握は前提となっているのであり、「三次元地下構造を明らかにすることなく・・・」とする債権者らの主張は、前提において誤解がある。そして、策定された基準及びガイドは、検討チーム会合における各委員の発言を踏まえた上で議論・検討が尽くされ、それでもなお、地下構造把握の手法として三次元探査を必須とすることなく、三次元的に把握すればよいとしたのであるから、債権者らの主張は理由がない。

2 債権者らは、「三次元的な地下構造（ボリューム）データによる評価が行われているとは到底言えない」（第4補充書（8頁））、「本件原発敷

地及びその周辺の地下構造について、三次元的な地下構造（ボリューム）データによる評価は行われておらず、一次元水平成層構造の過程の妥当性についての根拠は全く不十分である」（第4補充書（11頁））などと述べ、債務者による地下構造の評価が不十分である旨を主張する。

しかしながら、上記第2で述べたとおり、地表踏査、ボーリング調査、深部ボーリング調査、オフセットVSP探査、二次元地下構造モデルによる解析的な検討、地震観測記録等の一次元及び二次元の調査結果を総合して、地下構造を三次元的に把握した上で、地震動評価上、地下構造は成層かつ均質なものであると判断することが可能である。そして、原子力規制委員会は、本件発電所敷地及び敷地周辺の地下構造の評価に関して、①債務者が行った調査の手法は、地質ガイドを踏まえていること、②調査結果に基づき地下構造を水平成層かつ均質と評価し、一次元地下構造モデルを設定していること、③当該地下構造モデルは地震波の伝播特性を評価するに当たって適切なものであることから、解釈別記2の規定に適合していることを確認している（乙13（11～12頁））のであるから、債権者らの主張は理由がない。

なお、債権者らは、第4補充書8頁において、「最低限必要な調査」とされた「単点微動測定」を実施していないと主張するが、これは、あくまでも関西電力大飯発電所（及び高浜発電所）において「最低限必要な調査」とされたものに過ぎない。すなわち、第2回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合において、本件発電所を含む複数の原子力発電所について新規制基準適合性の審査がなされる中で、最後に議題に挙げられた大飯発電所及び高浜発電所に関して、原子力規制委員会から、「今日いろいろコメントさせていただいた他の発電所の例を見ていただければわかると

思うんですけど、皆さんやはり過去、相当な年数、地震観測をやっているのですよ。言ってみれば、私はこの高浜3、大飯3も含めてですけど、地震観測が全くやられていないということが、これ最大のもう、私はもう欠点だと思います。これを補完する意味で、きちんと三次元を把握するためにどんなことをやったらいいか、どういうことをやるべきかといったことを早急に計画を立てて、至急これを実施するとともに、私どもに報告していただきたいというふうに考えてございます。」とのコメントがなされている（乙546（55頁））。つまり、「今日いろいろコメントさせていただいた他の発電所」（債務者注：本件発電所も含まれる。）では相当な年数をかけて地震観測を実施してきたのに対して、大飯発電所及び高浜発電所ではこのような地震観測がなされていなかったことを原子力規制委員会は問題視し、特に大飯発電所及び高浜発電所については、他の原子力発電所とは異なり、短期的に地震観測記録を集めるための「最低限必要な調査」として常時微動を測定する調査である「単点微動測定」を求めたのである。原子力規制委員会が、全ての原子力発電所において「単点微動測定」が「最低限必要な調査」であると考えていないことについては、上記審査会合において、高浜発電所の主要な論点（なお、大飯発電所については、敷地内破碎帯評価が終わるまで審査しないことになったため、主要論点の提示はなされていない。）として「地下構造を三次元的に詳細に把握するための実施計画を早急に策定した上で調査を実施し、地下構造モデルへの反映について評価すること。」が求められている（乙547（1頁））のに対し、本件発電所については、上記第1で述べたとおり、「オフセットVSP探査、震度ボーリング、地震観測記録結果など敷地地下構造を三次元的に詳細に把握するために実施した内容の詳細を示すこと。」が求めら

れるにとどまっている（乙543（1頁））ことから明らかである。

- 3 債権者らは、第4補充書9頁において、債務者が行ったオフセットVSP探査結果について多くの解釈上の問題があるとして、「債務者の「斜め平行移動モデル」の合理性を裏付けるためには、オフセットVSP探査結果の反射面はむしろ「水平」であってはならないはず」であるなど主張し、債務者によるオフセットVSP探査結果の信頼性に疑問を呈する。

また、第4補充書10頁において、「防災科学研究所が公開しているJ-SHIS MAPを参照すると、本件発電所敷地内の表層地盤の増幅率は概ね0.5～2.0、敷地極近傍の範囲での地震基盤の深さは概ね300m～1200mとなっており、「均質」でも「水平」でもない。」とも主張する。

しかしながら、オフセットVSP探査結果の信頼性に疑問を呈する主張については誤認がある。すなわち、債権者らは、オフセットVSP探査の結果が地質構造と一致しないことを問題視して上記主張をしているようだが、そもそもオフセットVSP探査によって確認できるのは、速度構造（厳密には速度構造の境界面（コントラスト））である。敷地近傍の地質構造は、図2に示すとおり、東西断面でほぼ水平、南北断面で北に緩く傾斜する構造を有している。債権者らが疑問視する「斜め平行移動モデル」は、この地層境界面（岩相）の傾斜（泥質片岩主体層が出現する深度が、深部ボーリング地点で130m、3号炉心ボーリング地点で350m）を考慮した地盤モデルであるのに対し、オフセットVSP探査で検知できるのは、速度構造であり、両者はそれぞれ異なるものを評価しているのであるから、両者が一致しないからといって、債務者が実施したオフセットVSP探査結果の信頼性を疑問視する債権者らの主張は、当を得ないと言わざるを得

ない。

本件発電所敷地の場合、深部ボーリングの当該境界面の上下に存在する塩基性片岩と泥質片岩のせん断波速度は、それぞれ2.4 km/sと2.2 km/sである。地震動評価上、地盤増幅に最も影響するのは、せん断波速度のコントラストであり、本件発電所敷地の場合、第2の1で述べたとおり、塩基性片岩が深度数百mまで連続し、それ以深においては少なくとも深度2000mまで堅硬かつ緻密な泥質片岩を主体とする結晶片岩が連続する。上記のとおり、塩基性片岩と泥質片岩のせん断波速度の差は小さいことから、速度構造の違いはほとんど確認されないのである。

さらに、債務者は、前述のとおり、南北方向の二次元地下構造モデルを設定し、地下深部からの地盤増幅特性について解析的な検討を行っている。その結果、本件発電所地点においては地下深部からの顕著な増幅がないことを確認し、原子力規制委員会による審査においても認められているのであるから、債権者らの主張は、地震動評価上、債務者が敷地の地下構造を成層かつ均質と評価したこと及び債務者が設定した地下構造モデルの合理性のいずれにも影響を及ぼすものではない（乙35（51～52頁））。

なお、債務者は、国民の地震防災への意識向上とそれに基づく効果的な対策を進めるための基礎資料としてのJ-SHIS MAPの有用性を否定するものではないが、同MAPにおける表層地盤の増幅率の評価に当たっては、「約250mメッシュの微地形区分」が基礎データとして用いられ、「250mメッシュよりも細かい微地形の変化は捉えられません」とされており、また、地震基盤の深さについては、「信頼性・精度は必ずしも全国一律ではなく、・・・今後一層の改良を図っていく必要がある」とされている（乙548（39～40頁）、乙549）。これらは、あくま

で、「概観的」な地震動予測地図を作成するための要素の一つであり、一方で、上記で述べたとおり、債務者は、本件発電所敷地及び敷地周辺で実際に稠密に行った各種の調査結果を総合して、地震動評価上、敷地の地下構造を成層かつ均質と評価している。そして、実際の観測データによっても地震動の顕著な増幅がないことが裏付けられているのであるから、この点においても債権者らの主張は理由がない。ちなみに、債権者らは、本件発電所敷地内表層地盤の増幅率は概ね0.5～2.0と述べるが、第4補充書11頁の図からも分かるように、増幅率が大きいメッシュは堆積層等が存在するメッシュであるところ、本件発電所を設置する際は、こうした表層地盤を取り除いた上で重要施設を設置していることを付言しておく。

- 4 債権者らは、第4補充書12～13頁において、ダウンホール法のデータを基に設定した地下構造モデルも、深部ボーリングの深度130m～300mにおいてS波速度が低下していることを無視しており、地下構造モデルの精度が低いなどと指摘し、債務者が設定した一次元地下構造モデルが不適切であると主張する。

確かに債権者らが指摘するとおり、深部ボーリングの深度130m～300mにおいてS波速度は低下しているが、本件3号機建設時に取り除いた表層の風化部を除き、大局的にS波速度2km/s以上で推移する堅硬かつ均質な地下構造においては、顕著な地震動の増幅は想定されない（第2の5で述べたとおり、実際に発生した地震の観測記録によっても裏付けられている。）。なお、3号炉心位置におけるPS検層結果では、ダウンホール法及びサスペンション法ともに深度130m～350mにおいては2.6～3.4km/s程度のS波速度を計測していることから、債務者が同深度で設定した2.7km/sはむしろ保守的な値と言える（乙35（48～

50頁))。

また、債権者らは、深度1800m～1900mでの密度や速度の低下についても指摘するが、学術的な観点から専門家がコア全長を観察しており、深度2000mまで堅硬な岩盤が連続していることを論文として公表している(乙192(68頁))のであるから、地震動の増幅を生じるような構造ではない(上記第2の5で述べたとおり、実際に発生した地震の観測記録によっても裏付けられている。)。また、サスペンション法および密度検層は10cm(0.1m)間隔で計測しており、約2000mにわたって、大局的にS波速度2.2～3.3km/s、密度2.7～3.0g/cm³で推移する地層の中であって、0.1mという極めて短い層厚で局所的にS波速度や密度が小さいからといって、顕著な地震動の増幅は想定されない(それどころか、S波速度で言えば、最も小さい値でも1.5km/s程度であり、ほとんどの領域は2.0km/sを上回っているのであるから、一般的には十分堅硬な岩盤である。))。

さらに、債権者らは、このような速度低下を地下構造モデルに反映していないことをもって、地下構造モデルの精度が低いかのような指摘をするが、上記のとおり、そもそも極めて短い層厚の局所的な構造で顕著な地震動の増幅は想定されないのであるから、債権者らの主張は理由がない。

- 5 債権者らは、第4補充書14頁において、「債務者が設定した地盤構造モデルによる理論的伝達関数は、観測記録から求まる伝達関数と・・・大きく乖離しており、「整合的」という評価は誤り」と指摘した上で、「債務者の伝達関数を用いた検証では、債務者の地下構造モデルの合理性を何ら担保しない」と主張する。

しかしながら、上記第3の柱書で述べたとおり、地下構造モデルによる

理論伝達関数と観測記録から求まる伝達関数とがほぼ整合しているという債務者の評価は、原子力規制委員会による審査においても認められているところであり、「整合的」との評価が誤りであるとする債権者らの主張は独自の見解にすぎない。また、債務者が設定した地下構造モデルは、基準地震動を策定する過程で債務者が実施した地震動評価の一部でしか用いられていないことを踏まえると、仮に、地下構造モデルの設定が不合理であったとしても、基準地震動評価及び基準地震動に基づく施設の耐震安全性評価が不合理ということにはなるとは考え難いのであるから、債権者らの主張は理由がない。つまり、債務者は、敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）による地震及び1649年安芸・伊予の地震を対象とした断層モデルを用いた地震動評価では、経験的グリーン関数法による評価、すなわち、敷地の観測記録を用いた評価を行っている。したがって、本件発電所の地下に三次元的な褶曲構造があるのであれば、敷地での観測記録にはその影響が当然含まれるので、債務者は既にそういった影響を踏まえた基準地震動の評価（経験的グリーン関数法による評価）を行っていることになるのであるから、この点からも債務者の評価が不合理ということにはならず、いずれにせよ、債権者らの主張は理由がない。

- 6 債権者らは、第4補充書17頁において、「敷地周辺地域での地震発生頻度はかなり高いのであるから、債務者は20よりもずっと多くの地震の地震動観測記録を収集しているはずである」と述べた上で、「債務者にとって都合の良いデータのみを恣意的に選別したからであると疑われる」と主張する。

債権者らは、図9（乙192（23頁））を基に敷地周辺では多くの地震が発生していると指摘するのであるが、数が多いのは敷地から遠方で発

生した地震であり，敷地近傍での地震活動は極めて低調で，発生している地震もほとんどがM 2 程度以下の小規模な地震のみである（乙192（24頁），図10）。

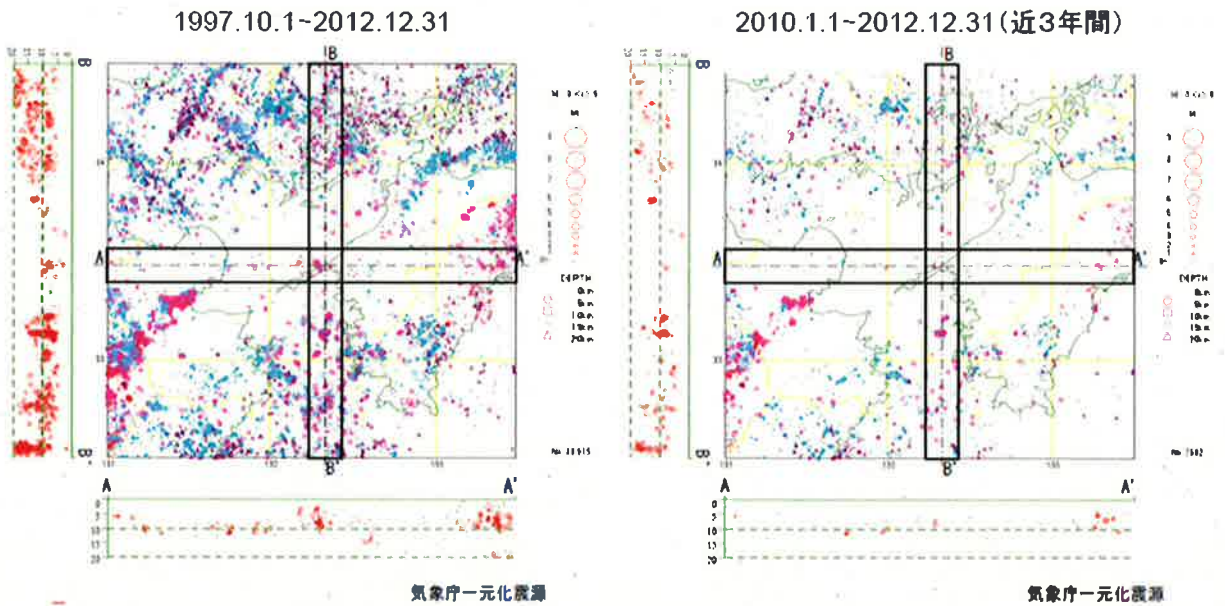


図9 敷地周辺における微小地震の発生状況

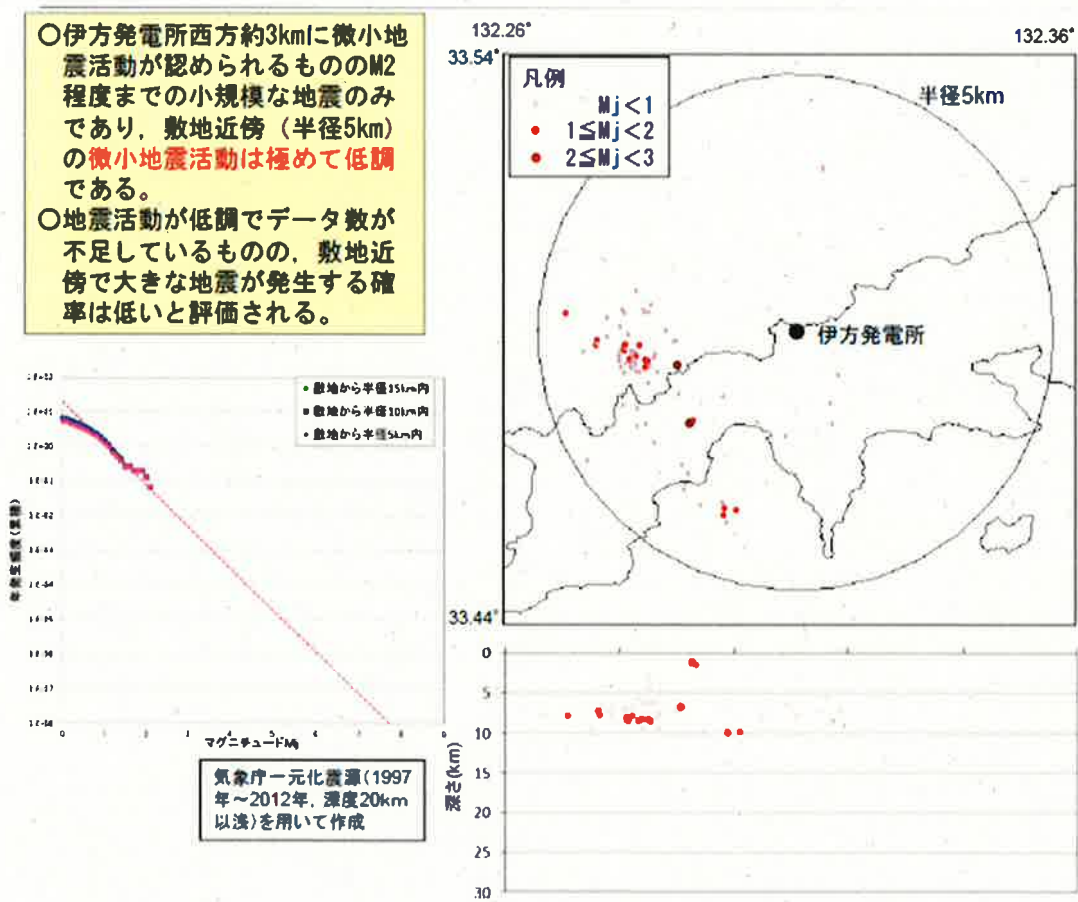


図10 敷地近傍における微小地震の発生状況

さらに、本件発電所の敷地は、周辺の地盤と比べて極めて堅硬な岩盤で地盤に起因する増幅が少ない（乙269（6頁））（むしろ、第2の4で述べたとおり、地震動が減衰する特性を有している）ため、敷地近傍で微小地震が発生した場合でも、地震計で観測できるほどの揺れが生じないか、生じたとしても地盤増幅特性の検討に用いることが難しいような極めて揺れが小さい地震動がほとんどなのである。

債務者は、そのような中でも、敷地の地盤増幅特性を検討するためには、敷地での地震観測記録を用いることが重要であることから、遠方の地震ではあるが規模の大きい内陸地殻内地震や、規模の小さな地震ではあるが敷地近傍で発生した微小地震も積極的に活用して検討を行っているのであって、「都合の良いデータのみを恣意的に選別した」という債権者らの主張は、当を得ないと言うほかない。なお、債務者が、敷地の地盤増幅特性を評価するに当たって、敷地の地質調査や地下構造モデルを用いた理論的な計算等、観測記録以外の観点からも詳細に検討していることは、上記第2において述べたとおりである。

- 7 債権者らは、第4補充書17～18頁において、債務者は中央構造線に係る三次元的な調査を怠っているとして、「債務者は伊予灘の中央構造線の近傍において原発を稼働させるならば、最先端の三次元探査を実施すべき」であるとも主張する。

しかしながら、伊予灘では、国土地理院、大学等の各種研究機関及び債務者自らが実施した、総延長約6700kmに及ぶ海上音波探査¹⁷が実施さ

¹⁷ 海上音波探査は、海面付近の水中から海底に向けて音波を発し、海底、堆積層、基盤岩等からの反射音波を観測して海底下の地質構造を調査する探査方法。具体的には、船で発振器及び受振器を曳航し、発振器から出た音波が海底下の地層の境界等で反射し、戻ってきたものを検知することにより、地層の重なり及び連続性を調査する。音波を発する音源

れている。そして、特に新しい地質時代の活断層の性状を把握する上で重要な地下浅部においては、浅部構造をターゲットとした音波探査（ソノプロブ、ブーマー等の音源）が稠密に実施されている。債務者は、これらの二次元探査結果等を基に地下構造を三次元的に把握した上で、地下深部の震源断層の傾斜角についても不確かさを考慮し、適切に地震動評価に反映しているのであるから、債権者らの主張は理由がない。なお、債権者らは、最近では三次元探査が一般的であるかのように述べるが（第4補充書（2頁））、海上での三次元探査では一般に、調査船から数千mの長大な受振ケーブルを数百mの幅にわたって複数列曳航する必要があるため（乙550（2～3頁））、広大な外洋での調査には適用性があるものの、伊予灘のように船舶の往来が多く、また漁業活動の盛んな内海で実施することは、航行安全及び漁業活動への影響の観点から現実的には極めて難しいことを念のため付言しておく。

以 上

によって、調査範囲、精度等が異なる。音源の周波数が高いほど分解能が高くなるが、探査深度は浅くなり、逆に、周波数が低いほど分解能は低下するが、より深い深度まで探査が可能となる。本件発電所の敷地前面海域では、探査深度の浅い順に金属板の振動を音源とするソノプロブ、同じく金属板の振動を音源とするブーマー、水中放電を音源とするスパーカー、高圧水の噴出を音源とするウォーターガン及び圧縮空気の噴出を音源とするエアガンによる各種音源を用いた調査を実施している。

ソノプロブ及びブーマーは、主に深さ数十～百m程度までの海底下浅部の構造を、スパーカー及びウォーターガンは、主に深さ数百m程度までのやや深い構造を、さらにエアガンは、深さ数kmに達するようなさらに深い構造をそれぞれ調査するのに適しており、震源断層上端付近まで達する情報として重要である。