

副 本

平成24年（行ウ）第15号 東海第二原子力発電所運転差止等請求事件

原告 大石光伸外234名

被告 日本原子力発電株式会社

準備書面（16）

水戸地方裁判所民事第2部 御中

令和2年2月21日

被告訴訟代理人

弁護士 溝呂木 商太郎



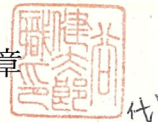
弁護士 山内 喜 明



弁護士 谷 健太郎



弁護士 浅井 弘 章



弁護士 井上 響 太



目次

はじめに.....	1
第1 基準地震動の策定に当たっての地震観測記録を用いた検討ないし評価....	1
1 地震動と地震動評価.....	1
2 敷地地盤の地下構造の特性及び地下構造モデルの構築.....	2
(1) 解放基盤表面の設定.....	2
(2) 地震観測記録及び地下構造調査に基づく検討.....	3
(3) 地下構造モデルの構築.....	4
第2 原告らの地震観測記録の提出の求めに対する被告の意見.....	6
1 当事者照会における「提出を求める理由」について.....	6
2 野津証人の意見について.....	8
図.....	11
語句注.....	15

略語表

設置許可基準規則	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（平成25年原子力規制委員会規則第5号）
設置許可基準規則 解釈	原子力規制委員会 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（平成25年6月19日原子力規制委員会決定）
地震動審査ガイド	基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド（平成25年6月19日原子力規制委員会決定）
本件発電所	日本原子力発電株式会社東海第二発電所
東北地方太平洋沖 地震	平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震
川里調書	川里証人の令和元年12月19日付け証人調書及び別紙速記録
野津調書	野津証人の令和元年12月12日付け証人調書及び別紙速記録
野津意見書	野津証人作成に係る令和元年10月31日付け意見書

はじめに

原告らは、被告に対し、令和元年10月7日付け当事者照会において、本件発電所の敷地において、「『地下約1000mの大深度まで複数の深さで地震観測』の結果取得した、『M5以上の地震として、400地震以上の多数の観測記録』」について、その地震波形データを提出するよう求めるが、被告は、当該求めに応じる考えにない。

本準備書面では、被告が本件発電所の基準地震動の策定に当たり、レシピ等の各種知見を踏まえつつ、敷地における地震観測記録等を用いた検討ないし評価を適切に行っていることについて、川里証人の尋問結果を敷衍するなどして従前の主張を補充した上で、かかる検討ないし評価の内容に照らし、原告らの上記求めに被告が応じるべき理由が何らなく、このことは野津証人の尋問結果を踏まえても変わりがないのであって、原告らが対象とする上記データの提出を要するものではないことを述べる。

第1 基準地震動の策定に当たっての地震観測記録を用いた検討ないし評価

1 地震動と地震動評価

地震の際に震源から放出される地震波は、震源断層面におけるすべりの過程の特性（「震源特性」）の影響を受けた特徴を有しており、震源から遠ざかるにつれてエネルギーが拡散され地震波の振幅を減衰させながら、地震波の伝播速度が大きい深い地盤内を伝わり（「伝播経路特性」）、その後、浅い地盤に入射した地震波は地表に向かって、地震波の振幅を増大させ又は減衰させながら伝播していくこと（「地盤増幅特性」）が知られている（丙D第12号証、同第13号証、丙Bア第25号証247～248頁）。

これらの地震動に係る特性につき、日本で初めて震源近傍で強震動が観測された平成7年の兵庫県南部地震を契機として、地震観測網^{*注}が整備されて観測データが蓄積するなどして、地域性がみられることが明らかとなった。この知

見を踏まえて地震動評価手法が進展し、国の設置した地震調査研究推進本部^{*注}が中心となって「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ）」が整備されるなど、断層モデルを用いた手法（波形合成法）^{*注}等の地震動評価に関する研究が大きく進展し、「震源特性」「伝播経路特性」「地盤増幅特性」を、地域性を踏まえて詳細に考慮する地震動評価手法が実務に採り入れられるようになっている。（丙D第14号証ないし同第26号証）

地震動審査ガイドにおいても、「3.3.2 断層モデルを用いた手法による地震動評価」の（4）「① 震源モデルの設定」において、「震源断層のパラメータは、活断層調査結果等に基づき、地震調査研究推進本部による『震源断層を特定した地震の強震動予測手法』等の最新の研究成果を考慮し設定されていることを確認する」（乙Bア第51号証4～5頁）とあるとおり、レシピを「最新の研究成果」と位置付け、その考慮を求めている（丙Bア第25号証296～297頁参照）。

本件発電所においては、解放基盤表面^{*注}（標高－370m）の位置に基準地震動を定義していることから、伝播経路特性は震源から敷地の地震基盤（標高－677m）までの特性を、地盤増幅特性は地震基盤から解放基盤表面までの特性を、それぞれ指す。

2 敷地地盤の地下構造の特性及び地下構造モデルの構築

（1）解放基盤表面の設定

被告は、本件発電所の敷地全体に亘る地質及び地質構造を明らかにするため、敷地周辺から敷地に至る領域を対象として、文献調査^{*注}、変動地形学的調査^{*注}、地球物理学的調査^{*注}、地表地質調査^{*注}、ボーリング調査^{*注}等を詳細に実施している。その結果から示されるとおり、本件敷地においては、久米層がほぼ水平な拡がりをもつて分布している。

被告は、かかる地質・地質構造にある本件敷地において、敷地内のボーリ

ング孔で実施したP S検層^{*注}により、標高-370m以深ではS波速度が0.7 km/s以上であることを確認し、標高-370mの位置に解放基盤表面を設定した。

(2) 地震観測記録及び地下構造調査に基づく検討

被告は、地震観測記録に基づく検討として、本件発電所の解放基盤表面相当の深さの鉛直アレイ観測^{*注}によって得られた地震観測記録のうち、本件発電所の周辺に位置するK i K - n e t ^{*注}ひたちなか (I B R H 1 8) 観測点で同時に観測されたM4.0以上、震源距離200 km以内の191地震を対象として、これら地震ごとに、敷地における観測記録の加速度応答スペクトルと、I B R H 1 8 観測点における観測記録の加速度応答スペクトルとの比を算定した。被告は、これらの応答スペクトル比を地震波の到来方向ごとに比較することにより地震観測記録に地下構造による影響がないか検討した結果、応答スペクトル比は到来方向による大きな違いは見られないことを確認した(丙D第11号証4-30~58頁, 川里調書7頁) 【図1】。

また、被告は、重力探査^{*注}により得られた重力異常分布において、敷地の北西部には重力の急変部が、敷地西側には船底状の構造がそれぞれ見られることについて、これらは、基盤が深さ4 km程度に達する不整形地盤が存在することによることを確認したことから、地下構造調査に基づく検討を行った。

具体的には、敷地周辺地盤の速度構造を得るべく、屈折法地震探査^{*注}及び微動アレイ探査^{*注}を実施するなどして3次元地盤モデルを作成した上で、東西断面及び南北断面について、敷地の西側及び南側に見られる深い基盤形状を考慮した2次元不整形モデルを設定した。また、2次元不整形モデルの比較対象として、2次元不整形モデルから本件発電所の敷地直下の地下構造を抽出した成層モデルを設定した。そして、成層モデルに地震波を模擬した波

を入射させた場合の最大振幅が、2次元不整形モデルにおけるそれを上回ることを確認した。(丙D第11号証4-60~96頁)

被告は、これらの地震観測記録に基づく検討及び地下構造調査に基づく検討により、本件発電所直下の地下構造については水平成層構造とみなして地震動を評価できること、すなわち、一次元地下構造モデルにより適切に地震動評価を行うことができることを確認した。

(3) 地下構造モデルの構築

被告は、上記(2)で述べたとおり、各種調査検討により、本件発電所の地下構造を水平成層構造とみなせることを確認した上で、基準地震動の策定に当たり、以下のとおり、検討の目的に応じた二つの水平成層構造の地下構造モデル¹を構築している。

第一に、被告は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」における各検討用地震の地震動評価に当たり、経験的グリーン関数法^{*註}による地震動評価と統計的グリーン関数法^{*註}による地震動評価とを比較すべく、後者の地震動評価を行うための地下構造モデル(以下、統計的グリーン関数法を意味する Stochastic Green's Function Method に倣い、「SGFモデル」という。)を構築した【図2】。

具体的には、被告は、本件発電所において、地震発生様式に基づき、内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震について、それぞれ検討用地震を選定したうえで、応答スペクトルに基づく地震動評価と断層モデルを用いた手法による地震動評価^{*註}を行っている。このうち、断層モデルを用いた手法による地震動評価においては、いずれの検討用地震についても、

¹ 被告の作成した審査資料(丙D第11号証等)においては、本文で述べた「地下構造モデル」について、「地盤モデル」と称している。本準備書面では、地震動審査ガイドで使用されている「地下構造モデル」という表現に統一している(乙Bア第51号証5頁以下参照)。

想定した震源域において検討用地震と同じ発生様式の地震の観測記録が敷地で得られていることから、これを要素地震^{*注}とした経験的グリーン関数法を適用して、「地下構造による地震波の伝播特性（伝播経路特性、地盤増幅特性）」を地震動評価に反映している。プレート間地震を例にとれば、経験的グリーン関数法で使用した要素地震は、東北地方太平洋沖型地震の北部領域は平成23年3月10日に発生したM6.8の地震、南部領域は平成21年2月1日に発生したM5.8の地震である。

その上で、従来からある深さ400mまでのボーリング調査に加えて、1000mの大深度ボーリング調査を行うことにより得た地質構造のデータや、PS検層により得た速度構造のデータを踏まえながら、解放基盤表面以浅については、一次元重複反射理論^{*注}に基づき観測伝達関数^{*注}に適合した理論伝達関数^{*注}が得られるようにし、解放基盤表面以深については、上記の大深度ボーリング調査結果を組み合わせることによって、SGFモデルを構築した²。（丙D第11号証4-114～118頁、同第180号証213～222頁）

第二に、被告は、「震源を特定せず策定する地震動」の検討に当たり、2004年北海道留萌支庁南部地震の観測記録の基盤面のはざとり波^{*注}を用いて、本件敷地の速度構造に適した評価を行うべく、そのための地下構造モデル（以下「留萌モデル」という。）を構築した【図3】。

具体的には、2004年北海道留萌支庁南部地震の震源近傍に位置する地

² 被告は、本件発電所における東北地方太平洋沖地震の観測記録から算出した解放基盤波を用いて、敷地の解放基盤表面以浅の地盤や原子炉建屋等を模擬したモデルによる解析を行い、当該解析により得られる同建屋内の応答と、これに対応する位置での観測記録とが概ね整合していることを確認している（丙D第181号証）。

このような確認の結果を踏まえ、本件発電所における基準地震動S_sを用いた原子炉建屋等の耐震評価を行うに当たっても、敷地の解放基盤表面以浅の地盤や原子炉建屋等を模擬したモデルにより、解析評価を行っている。この解放基盤表面以浅の地盤を模擬したモデルは、基準地震動における地盤の非線形の進展の度合いに応じたS波速度等の値を設定しているなど、本文で述べたSGFモデルとは異なるものである（丙H第14号証V-2-2-1（原子炉建屋の地震応答計算書）14～76頁）。

表のK-NE T*^註港町観測点 (HKD020) の観測記録については、佐藤ほか (2013) において、同地震の観測記録からはざと解析*^註を行った結果として、解放基盤表面と評価できる固さを有する基盤面 (G. L. - 41 m) での地震動 (以下「基盤地震動」という。) の推計がなされている (丙D第54号証)。K-NE T港町観測点における基盤面のS波速度は938 m/sであり、このS波速度に相当する本件発電所の敷地での位置 (標高-655 m) は解放基盤表面位置 (標高-370 m) よりも深い。このことを踏まえ、被告は、SGFモデルを基礎としつつ、本件発電所の敷地での標高-655 mの位置に基盤地震動を入力することにより解放基盤表面の地震動として適切に評価できるよう、標高-400 mまで掘削した5孔のボーリング孔と1000 mボーリング孔で実施した密度検層結果や、解放基盤表面位置よりも深い位置で得られた地震観測記録を用いた検討を行うなどして、留萌モデルを構築した。

このように、被告は、本件発電所において蓄積された豊富な地震観測記録を用いて、レシピア地震動審査ガイド等の各種知見を踏まえた様々な検討を行っているところ、その目的等に応じて、内容はもちろんのこと、検討に用いた地震観測記録の数も異なる。原告らの挙げる令和元年5月16日付け被告説明会に用いた資料7頁にある「M5以上の地震として、400地震以上の多数の観測記録」との記述は、個別具体的な地震動評価等を34頁以下で説明するに先立ち、本件発電所における地震観測記録の蓄積の状況として示したものであり、いずれの検討にも共通して、これら記録のすべてを活用したことを表すものではない。

第2 原告らの地震観測記録の提出の求めに対する被告の意見

1 当事者照会における「提出を求める理由」について

原告らは、当事者照会において地震観測記録の地震波形データの提出を求め

る理由として、「被告は…『敷地の観測記録には、地域性の反映された伝播経路特性、地震増幅特性の影響が含まれて』おり、『この観測記録を地震動評価に用いることで、敷地の伝播経路特性、地震増幅特性を地震動評価に反映することができる』としている」、「被告は、上記地震波形データを基礎として、本件敷地の基準地震動の策定に用いているところ…原告らは、被告が策定した基準地震動の計算の正確性を追試することができない」と述べる（当事者照会の2（1）、（2））。

しかしながら、被告は、上記第1で述べたとおり、地震観測記録を用いた様々な検討のすべてに亘り、400地震以上の地震観測記録を用いたものではなく、その検討の目的等に応じて適切に地震観測記録を活用したものである。

原告らが当事者照会2（3）において挙げるプレート間地震について述べれば、被告は、検討用地震である「2011年東北地方太平洋沖型地震」について断層モデルを用いた手法による地震動評価を行うに当たり、敷地で観測された、伝播経路特性および地盤増幅特性の影響を含んだ適切な要素地震を用いた経験的グリーン関数法を適用しており、多数の観測記録による評価を行ったものではない。その評価の過程をみても、経験的グリーン関数法の適用に用いた要素地震のうち、本件発電所の地震動評価に与える影響の大きいSMGA5を含む南部領域に適用した平成21年2月1日のM5.8の地震は、我が国の強震動研究の第一人者である入倉孝次郎京都大学名誉教授が東北地方太平洋沖地震について経験的グリーン関数法を用いて再現解析するに当たり用いたものと同じであり、その応力降下量^{*註}等の緒元も明らかにされているなど、信頼性が高いと考えられるがゆえに採用したものであって何ら不合理な点はなく（川里調書11、12頁、丙D第46号証11、12丁、甲D第123号証の2（1382頁）、実際、被告が経験的グリーン関数法を用いて行った基本震源モデルの地震動評価の結果と、本件発電所の東北地方太平洋沖地震の観測記録の解放基盤波とは良く対応している結果が得られている（丙D第11号証4

－138頁）。なお、このような要素地震を用いた経験的グリーン関数法によって、伝播経路特性や地盤増幅特性を考慮することが可能であることは、野津証人も一般的な考えであるとしている（野津調書8頁）。

上記を含む被告の本件発電所の敷地の地震観測記録を用いた検討ないし評価の内容は、丙D第11号証等の本件訴訟において提出した書証のみならず、原子力規制委員会のホームページで公開されている審査資料においても明らかにされているにもかかわらず、原告らは、具体的にいかなる点に不合理な点があるかも何ら示すことなく、網羅的に元データである地震観測記録の提出を求めているのであって、被告として、このような求めに応じる考えにない。

2. 野津証人の意見について

当事者照会における「提出を求める理由」に関する被告の意見は、上記1において述べたとおりであるが、念のため、野津意見書等を踏まえても、被告の意見に変わりはないことを述べておく。

野津証人は、その意見書（甲D第194号証25～26頁）に示すとおり、震源特性として、野津証人が東北地方太平洋沖地震の再現のために作成したSPGAモデルにおける宮城県沖のSPGA4を茨城県沖のSPGA9の位置に設定する、伝播経路特性としてQ値^{*註}を使用する、地盤増幅特性として、本件発電所より6km南に位置する港湾地域強震観測の常陸那珂-U地点の経験的サイト増幅特性^{*註}を用いて地表における地震動を計算してから、被告の作成した本件発電所のSGFモデル（甲D第53号証4-118頁。なお、同号証の表現調整などを行い改訂したものが丙D第11号証である。）を用いて、本件発電所の解放基盤表面への引戻しを行うという各手順により、地震動評価を行っている（野津調書48～49頁も同旨）。野津意見書には、「日本原子力発電から敷地における地震観測データや地盤データの提供があれば、より現地に即した計算を同様の方法で実施する用意が筆者にはあります」（甲D第1

94号証25頁)とあり、原告らは、野津意見書の当該記述に沿って、被告に対し、400以上の地震波形データの提供を求めている可能性がある。

ここに、野津証人の行う地震動評価は、上記のとおり伝播経路特性としてQ値を用いたものであり、統計的グリーン関数法のバリエーションの一つである(野津調書70頁, 86頁)。野津証人が領域長を務める国立研究開発法人港湾空港技術研究所は港湾における地震動評価を所管しているところ、「港湾では深いところまでボーリングを掘ることは少なく、多くの場合は、港湾の分野では、N値^{*注}50の地層を工学的基盤というふうに呼んでおりまして、その地層までのボーリング調査を行うことが一般的で」あり、常陸那珂-Uでも、「ボーリング調査が地下40mまでしか行われておりませんので、それ(被告注:地下40メートルより深い部分の地質構造)は判明して」いないのであって、「いわゆる地震基盤から上の地盤の増幅特性を、地盤モデルに基づいて計算するということ」、すなわち、「地下構造モデルを作成して地震動評価をするというようなことは」、「港湾施設を対象とした設計では」、野津証人「が知る限りは行われていない」(同76, 77, 79頁)とのことである。そのため、地下構造モデル(地盤モデル)を作成せずに、経験的サイト増幅特性を使用する関係で、地表での記録を使うことになる(同67, 79頁)。

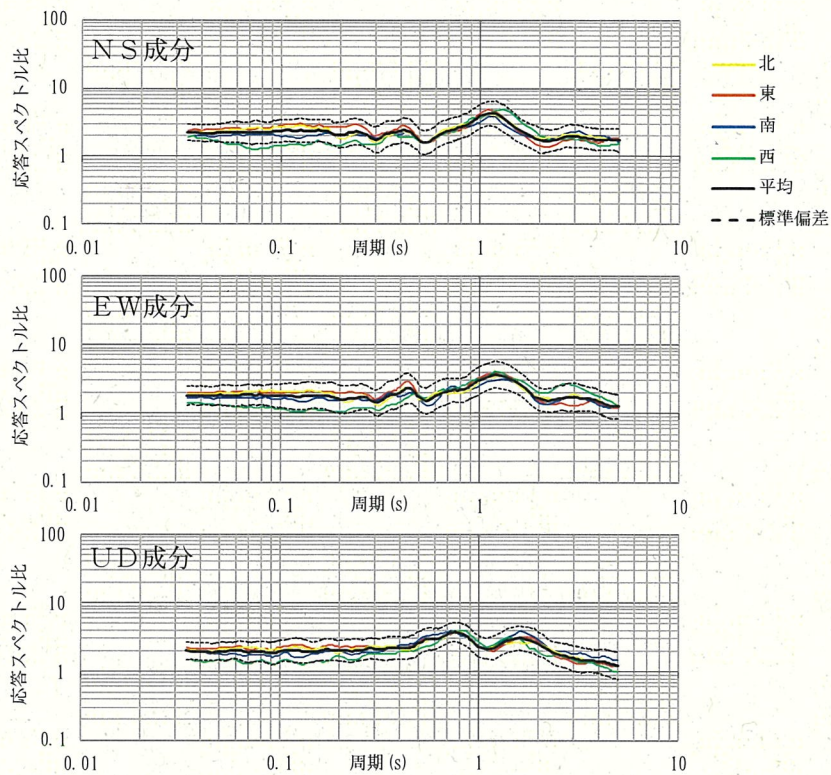
野津証人は、上記のとおり、本件発電所の「敷地における地震観測データや地盤データの提供」について言及するが(甲D第194号証25頁)、現に、被告の構築したSGFモデルを使用して地表から解放基盤表面(-370m)までの地震動の引き戻しを行っており、同モデルを用いて、地震基盤から解放基盤表面までの地震動を直接求めることが可能であることを否定していない(同調書80頁)。これについて、野津証人は、港湾では十分な探査が行われていないとか、深部地盤のモデルについては課題があるとか、深部地盤の妥当性が問題であるとか、更には、一次元の地盤では計算ができないなども述べるが(同調書80~82頁)、野津証人自身が、上記のとおり、被告作成の地

盤モデル（SGFモデル）を用いた地震動評価を行っていることが否定されるものではなく、また、野津証人の認める地盤モデルの検証方法として、地震観測記録と地盤モデルの理論伝達関数を比較することは（同調書82頁）、深部構造について留萌モデルにおいて実施されている（川里調書18～20頁、54頁も同旨）。なお、本件発電所の地下構造モデルを用いて求めた地震基盤から解放基盤表面までの増幅率は、1～3倍程度であり、野津意見書に示されている常陸那珂-Uの地震基盤から地表の増幅率（甲D第194号証29頁の図17）とは異なるものである（川里調書20頁、丙D第182号証）【図4】。

むしろ、詳細な地質調査を利用して地盤モデルを作成し、敷地の地盤増幅特性を反映した地震動評価を行うとの統計的グリーン関数法による手法が、地震動審査ガイドやレシピなどにおいて広く採用されているところである（乙Bア第51号証4～5頁、丙D第18号証22～35頁）。また、野津氏が地震動評価に用いる経験的サイト増幅特性は、地下構造探査の結果に基づいて対象地点周辺の地下構造モデルを作成して行う地震動評価には、詳細な地下構造の情報を必要とし、適用できる地域等に制約があるのが実状であることを技術的背景として提案されたものであり（甲D第174号証215～216頁）、そうであるなら、本件発電所においては、詳細な地下構造調査等の結果に基づいて、敷地の地盤増幅特性を適切に反映することができる地下構造モデルを構築しているのであって、あえて経験的サイト増幅特性を用いるべき理由もない。そして、野津証人も、既に本件発電所敷地の地下構造モデルを知っている。それゆえ、野津証人が必要であれば、地震動審査ガイドやレシピで採用されている統計的グリーン関数法による地震動評価を行うことに何の支障もない。

したがって、野津意見書等を踏まえても、上記1で述べた被告の意見に変わりはない。

以上



領域ごとの平均応答スペクトル比（4領域）

$$R_{TKI2/IBRH18}(T) = \frac{S_{TKI2}(T) \cdot X_{TKI2}}{S_{IBRH18}(T) \cdot X_{IBRH18}}$$

$R_{TKI2/IBRH18}(T)$: 応答スペクトル比

$S_{TKI2}(T)$: 東海第二発電所観測記録の加速度応答スペクトル

$S_{IBRH18}(T)$: K i K - n e t ひたちなか観測記録の加速度応答スペクトル

X_{TKI2} : 東海第二発電所から震源までの距離

X_{IBRH18} : K i K - n e t ひたちなかから震源までの距離

【図1】地震波の到来方向ごとの応答スペクトル比

(出典：被告準備書面（10）別-35頁)

※ E.L. (m)	層厚 (m)	S波速度 (m/s)	P波速度 (m/s)	密度 (g/cm ³)	減衰定数			
					水平	鉛直		
① 8.0 5.5 1.0 -7.0 -15.0 -106.0 -168.0 -260.0 -368.0	2.5	130	280	1.71	0.236f ^{-0.752}	0.203f ^{-0.21}		
	4.5	151	403					
	8.0	308	1589	1.66				
	8.0	478	1509	1.82				
	91.0	477	1753	1.69				
	62.0	557	1742	1.74				
	92.0	669	2067	1.78			0.072f ^{0.931}	0.203f ^{0.93}
	108.0	756	2256	1.82				
	2.0	790	2000	1.85				
	▽解放基盤表面(E.L.-370m)	-370.0						
② -477.0 -677.0 -737.0 -1002.0	107.0	③ 790	2000	1.85	④ 0.02	0.01		
	200.0	840	2110	1.96				
	60.0	2750	4740	2.63	Q=110f ^{0.69}			
	265.0	3220	5550	2.70				
	-	3220	5550	2.70				
	▽地震基盤(E.L.-677m)							

※ G.L. = E.L.8.0m

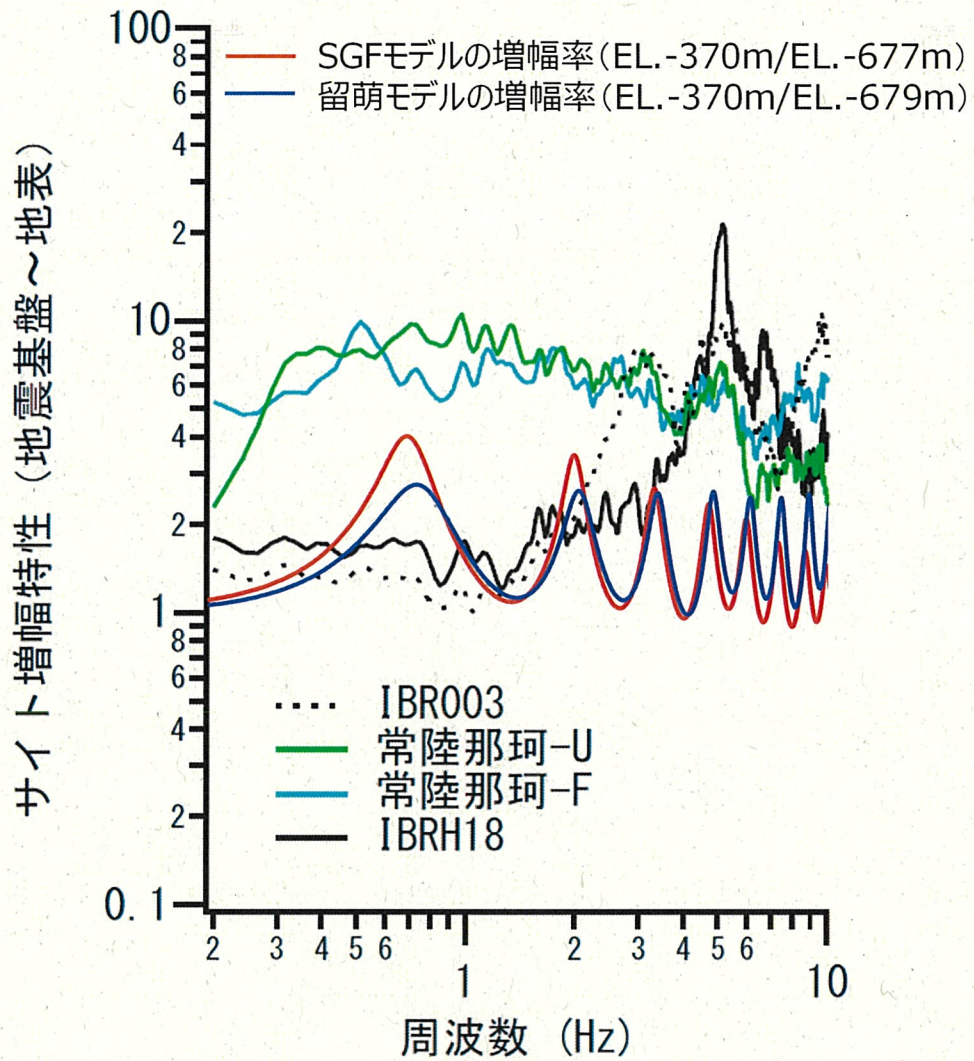
【図2】SGFモデル

(出典：丙D第11号証4-118頁)

E.L. (m)	層厚 (m)	地層	S波速度 (m/s)	P波速度 (m/s)	密度 (g/cm ³)	減衰定数	
						水平	鉛直
8.0	2.5 4.5 8.0 8.0	第四系	130	280	1.71	$0.236f^{-0.752}$	$0.203f^{-0.21}$
5.5			151	403			
1.0			308	1589	1.66		
-7.0			478	1509	1.82		
-15.0			91.0	477	1753		
-106.0	62.0	新第三系	557	1742	1.74	$0.072f^{-0.931}$	$0.203f^{-0.93}$
-168.0	92.0		669	2067	1.78		
-260.0	108.0		756	2256	1.82		
-368.0	2.0		790	2000	1.85		
-370.0	106.0		835	2124	1.89		
-476.0	90.0		904	2205	2.00		
-566.0	89.0		947	2256	2.07		
-655.0	24.0	先新第三系	2750	4740	2.65	0.022	$0.001f^{-1.000}$
-679.0	55.0		3220	5550	2.78		
-734.0	258.0		3220	5550	2.78		
-992.0	-		3220	5550	2.78		

【図3】留萌モデル

(出典：丙D第11号証4-206頁)



【図4】 サイト増幅特性の比較

甲D第194号証29頁 図17に加筆

語句注

(注1) 地震観測網, K-NE T, K i K - n e t

我が国には、独立行政法人防災科学技術研究所が運用する地震観測網として、全国強震観測網 (K-NE T : Kyoshin Net) , 基盤強震観測網 (K i K - n e t : Kiban-Kyoshin Net) , 広帯域地震観測網 (F - n e t : Full Range Seismograph Network of Japan) が設置されている。

K-NE Tは、全国を約20 km間隔で覆う1000か所以上の観測点からなり、強震計は地表 (自由地盤上) に設置されている。K i K - n e tの観測点は全国約700か所に配置され、強震計は地表と地中の2深度に設置されている。また、F - n e tは、現在、約70箇所の観測点があり、広帯域地震計*は、通常、横杭 (トンネル) の奥に設置されている。

*広帯域地震計は、地震による地面の速い振動から、非常にゆっくりとした振動まで、広い周波数範囲にわたって地震動を記録できるのが特徴である。平成25年度末には防災科学技術研究所の73地点 (F - n e t) のほか、大学47地点、海洋研究開発機構21地点を合わせ、143点が稼働している。高感度地震観測と同様、基盤的広帯域地震観測網の観測データはテレメータによって防災科学技術研究所へ常時伝送され、波形の自動解析や蓄積、及びデータ公開がなされている。

(注2) 地震調査研究推進本部

地震調査研究推進本部とは、政府が行政施策に直結すべき地震に関する調査研究を一元的に推進するため、地震防災対策特別措置法に基づき、総理府 (現在は文部科学省) 内に設置した政府の特別の機関であり、本部長 (文部科学大臣) と本部員 (関係府省の事務次官等) から構成される。

その下に関係機関の職員及び学識経験者から構成される政策委員会と地震調査委員会とが設置されている。このうち、地震調査委員会では、気象庁、国土地理院、(独) 防災科学技術研究所、海上保安庁、大学等の関係機関の調査結果を収集・整理して、総合的な評価を行っている。

(注3) 「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）」

強震動予測レシピは、震源断層を特定した地震を想定した場合の強震動を高精度に予測するため、強震動予測手法の構成要素となる震源特性、地下構造モデル、強震動計算及び予測結果の検証の現状における手法や震源特性パラメータの設定に当たっての考え方を取りまとめたものである。レシピは、「断層モデルを用いた手法」による地震動評価の際に用いられる。

震源特性パラメータの設定に関しては、同レシピに従うことにより、震源断層面積や地震規模のような震源の全体像を表す巨視的断層パラメータや震源断層の中の不均質性を表す強震動生成域の面積やそこでの応力降下量等の微視的断層パラメータ等を設定することができる。内陸地殻内地震では、入倉・三宅（2001）で提案された震源断層面積と地震モーメントとの関係式（「入倉・三宅式」）が用いられるところ、その有効性については、全国の地震観測網の充実により得られた国内の内陸地殻内地震の地震観測記録を用いた検証がされており、熊本地震についても同様の検証がされている。

(丙D第14号証ないし同第26号証)

(注4) 断層モデルを用いた手法（波形合成法）、断層モデルを用いた手法による地震動評価

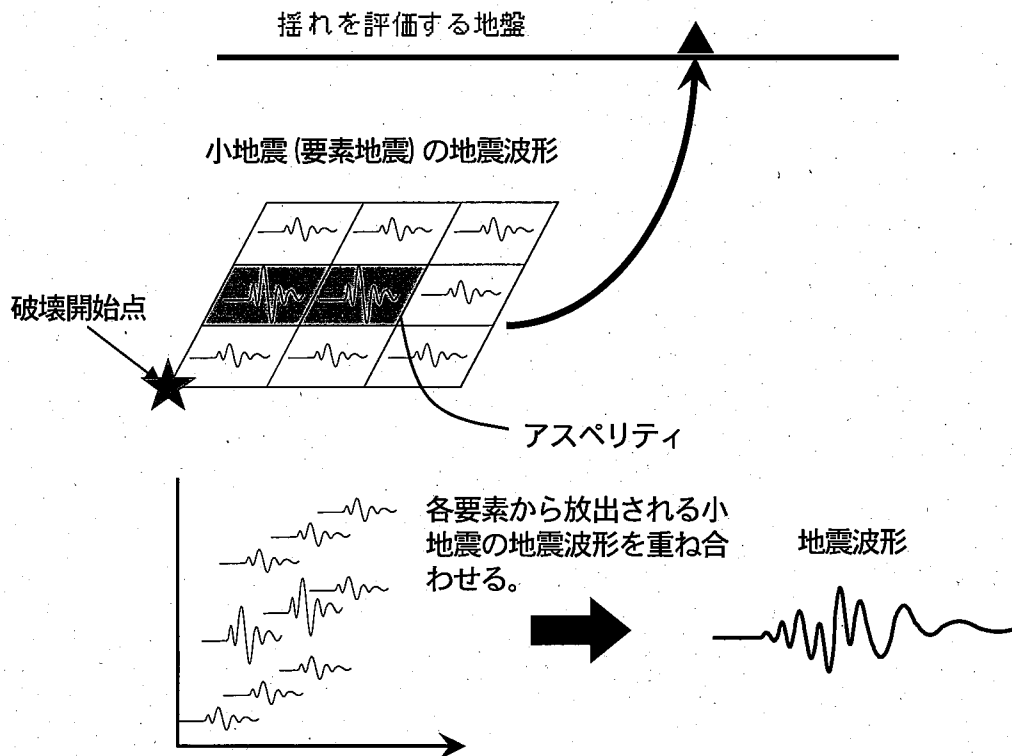
設置許可基準規則は、基準地震動の策定に関し、「『敷地ごとに震源を特定して策定する地震動』は、内陸地殻内地震、プレート間地震及び海洋プレート内地震について、敷地に大きな影響を与えると予想される地震（以下『検討用地震』という。）を複数選定し、選定した検討用地震ごとに、不確かさを考慮して応答スペクトルに基づく地震動評価及び断層モデルを用いた手法による地震動評価を、解放基盤表面までの地震波の伝播特性を反映して策定すること」を求める（設置許可基準規則解釈別記2の5二（丙Bア第9号証133～134頁））。

断層モデルを用いた手法による地震動評価とは、震源断層面の拡がりや考慮し、その震源断層面の力学的な性状及び破壊の特徴等を考えて地震動を計算する手法をいう。震源が近い場合は特に有効な手法であり、経験的グリーン関数法や統計的グリーン関数法等のいくつかの手法が提案されている。

具体的には、下図のように、地震の震源断層面を小断層面に分割し、小断層面から発生する小地震（要素地震）の地震動（時刻歴波形）を重ね合わせることにより、断層面全体から発生する大地震時の地震動（時刻歴波形）を計算する。地震動を重ね合わせることから波形合成法とも呼ばれる。大地震と小地震の震源パラメータ間の相似則の関係（スケーリング則）が理論的あるいは経験的に推定されていなければならない。

波形合成法には、要素地震として用いる小地震の地震動の違いにより、小地震の観測記録を用いる経験的グリーン関数法及び既往の観測記録を統計処理して作成した人工的な時刻歴波形を用いる統計的グリーン関数法がある。

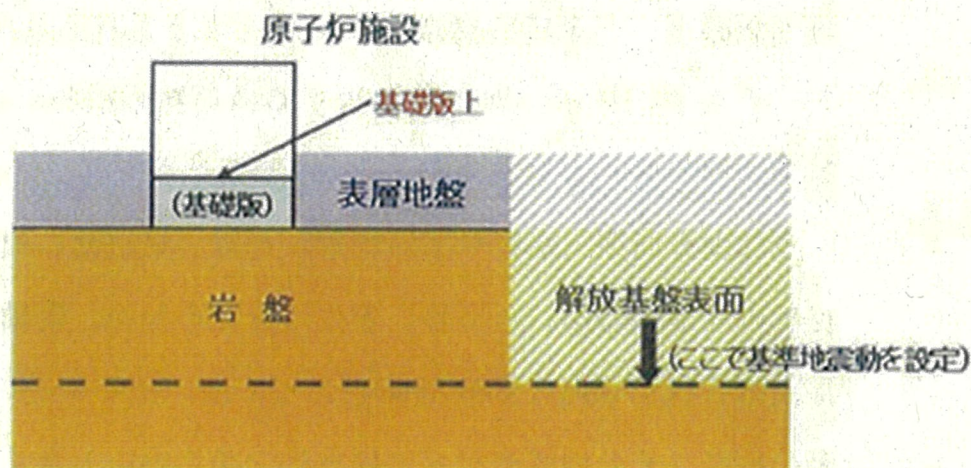
なお、アスペリティないし強震動生成域（SMGA）からは、振幅の比較的大きな地震波が放出されることが知られており、この効果を地震動評価に反映させることもできる。



(注5) 解放基盤表面

解放基盤表面とは、基準地震動を策定するために、基盤（硬質地盤であって著しい風化を受けていないもの）面上の表層や構造物がないものとして仮想的に設定される V_s （S波が地盤中を伝わる速度）＝700m/s以上の基盤の表面をいう。

設置許可基準規則は、基準地震動を、解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定することを求める（設置許可基準規則解釈別記2の5－（丙Bア第9号証133頁））。



（注6）文献調査

文献調査とは、既存の文献等を検討し、調査地域内の地形、地質及び地質構造等や調査地域に影響を及ぼした過去の地震・津波に関する知見を得る調査方法をいう。

（注7）変動地形学的調査

変動地形とは、長い地質時代の中に繰り返し発生した地震及び火山活動等に起因する痕跡の累積効果である特徴的な地形をいい、地形の切断、^{しゅうきょく}褶曲及び^{とうきょく}撓曲等として確認される。

変動地形学とは、地形学の一分野として、変動地形を研究対象として、地殻変動やその原因を研究する学問をいう。

変動地形学的調査とは、空中写真判読等を行って地形を注意深く観察し、段丘面等の地形を抽出し、断層地形の可能性のある地形を見出していく調査方法をいう。

(注8) 地球物理学的調査

地球物理学的調査とは、地球に関連する自然現象を物理学的な手法により調査するものであり、具体的には、海上音波探査、反射法地震探査、微動探査等の手法がある。

(注9) 地表地質調査

地表地質調査とは、地質技術者が、文献調査や空中写真判読の結果をもとに、道路沿いの法面、山の谷、尾根沿いにある岩等の露出面や断層を観察して、該当箇所及びその周辺の地質の構成や分布状況を調査する方法をいう。

(注10) ボーリング調査

ボーリング調査とは、掘削機を用いて地中に孔を掘るボーリングによって、地下の土や岩石等を棒状の試料として採取し、これを観察して地質の状況を把握する調査をいう。また、ボーリング調査により採取した試料をコア（ボーリングコア）という。

(注11) PS検層

PS検層とは、弾性波速度検層のことをいい、ボーリング抗を利用して地盤内を伝播する弾性波（P波・S波）の深さ方向の速度分布を測定するものをいう。PS検層は、軟らかい地盤から岩盤に至るすべての地盤を対象にして実施することができる。

(注12) 鉛直アレイ観測

鉛直アレイ観測とは、地震観測において、深さ方向（地中方向）にセンサーを複数配置し、深さ方向の地震波の増幅特性を評価する際に有効な観測方法である。

被告は、本件発電所の敷地において、平成8年3月から原子炉建屋から数百m離れた地点の標高8m（地表）、標高-25m（原子炉建屋人工岩盤下端相当の深さ）に地震計を設置するとともに、標高-380mに設置された地震計による鉛直アレイ観測により既に多数の地震観測記録を収集していたところ、平成24年8月以降、1000mの大深度ボーリング孔内（標高-1000m）に地震計を新たに設置し、地震観測記録を追加収集している（丙D第11号証4-29頁）。

(注13) 重力探査

重力探査とは、調査地の地表において重力を測定し、測定した結果から地下の構造を把握する方法である。

地表における重力の値は、地下に分布する岩石・岩盤の密度、分布深度、形状に大きく起因する。地下に密度の同じ岩盤が存在する場合、出現深度が浅いと地表の重力値は大きく測定され、逆に地下に空洞が存在する場合には重力値は小さく測定される。

(注14) 屈折法地震探査

屈折法地震探査とは、地表付近での発破等によって人工的に弾性波（P波・S波）を発生させ、地下の速度の異なる地層境界で屈折して戻ってきた屈折波を地表に設置した測定装置で観測し、地下の速度構造を求める調査手法をいう。

(注15) 微動アレイ探査

地盤はわずかながら常に動いており、微小な地盤振動のうち、振動源が特定できないものを微動と呼ぶが、微動は観測地点付近の地盤特性、すなわち地盤の伝播速度や卓越する振動数、増幅特性などを反映しているものであり、微動を観測することによって大局的な地盤構造を把握することができる。

微動アレイ探査は、この微動を、複数の地震計で同時観測し、このデータを処理することによって観測地点の地下構造を求める深部地盤探査法である。

(注16) 経験的グリーン関数法、要素地震、統計的グリーン関数法

経験的グリーン関数法とは、波形合成法の一つであり、実際に発生した中小地震の敷地における観測記録（これを「経験的グリーン関数」という。）を要素地震として足し合わせ、大きな地震による揺れを計算する方法をいう。

大きな断層面が破壊する地震は、断層面の一部が破壊する小地震の集合として評価することができる。このため、断層面全体への破壊伝播等を考慮して小地震の波形を足し合わせると、評価対象とする地震による波形を合成することができる。この方法では、震源断層面付近で発生した中小地震による評価地点での適切な観測記録が必要となるものの、地下構造による影響は観測記録に含まれるため、地下構造のモデルを設定する必要がない。

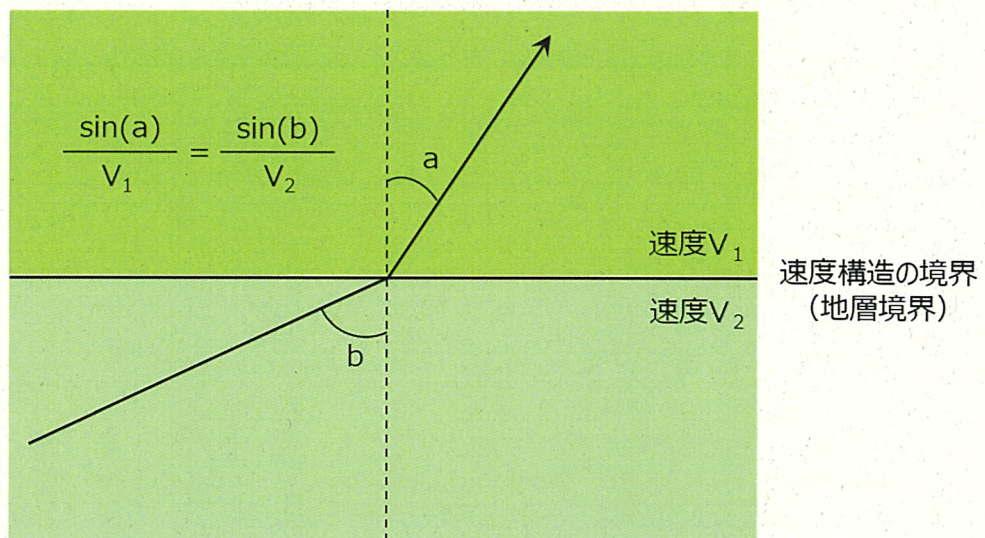
統計的グリーン関数法とは、波形合成法の一つであり、既往の観測記録を統計処理

し、人工的に時刻歴波形（これを「統計的グリーン関数」という。）を作成し、それを要素地震として足し合わせ、大きな地震による揺れを計算する方法をいう。

（注17）一次元重複反射理論，理論伝達関数，観測伝達関数

震源から放出された地震波（震源特性）は、波動のエネルギーの拡散により、震源から遠ざかるにつれて地震波の振幅を減衰させながら、比較的伝播速度の変化が小さい地殻内を伝わり（伝播経路特性）、地震基盤面と呼ばれる岩盤面に達する。そこから上部の地盤に入射した地震波は地表に向かって、地震波の振幅を増大させながら伝播していく（地盤増幅特性）。

このうち、地盤増幅特性のメカニズムは、地震波が光や電波などの一般的な波と同じく、均質な媒質のなかではまっすぐに伝播し、物理的な性質が異なる媒質の境界では、波が反射ないし屈折して伝播することによるものである。この屈折は、スネルの法則と呼ばれる下図において示した関係式に基づくものであり、二つの媒質の地震波速度の差が大きいくほど、曲がる角度は大きくなる。一般的に、地表に近づくほど、地震波の速度は小さくなり、震源から放出された地震波は、地震波速度の小さい地層に入射するたびに鉛直に近い方向に伝播方向を変えて伝わっていくこととなる。



このように、地震波は、対象地点の速度構造に応じた変化に基づき伝播するものであるから、地盤増幅特性は、地下構造調査によって対象地点の地盤の速度構造を明ら

かにすることにより把握することができる。一般に、地層区分と速度構造とは対応することが多いことから、敷地の地質・地質構造を把握するための各種調査に基づくデータを、速度構造の検討ないし評価に活用することもできる。

地震動評価に当たっては、対象地点の速度構造に基づき地下構造モデルを構築し、当該モデルを用いて敷地の地盤増幅特性を算定するところ、地盤の速度構造が水平成層構造とみなせる場合、地盤の速度が鉛直方向のみ変化する一次元地下構造モデルを用いることができる。このように、地盤の速度構造を水平成層構造とみなして、地震基盤から入力される地震波が鉛直上方に伝達する間に、透過・反射を繰り返しながら地表の応答波形を形成していくとする考え方を一次元重複反射理論といい、その解析コードとして、SHAKEが一般によく用いられている（本件発電所の地下構造モデルの構築に当たっても使用している。）。一次元地下構造モデルにおいては、地盤中を深部から浅部に伝播する地震波についての深部における地震波（入力）と浅部における地震波（出力）との間の関係を表す関数、すなわち、伝達関数により、地盤増幅特性が表されることとなる。この伝達関数は、一次元波動理論に基づくものであることから、本書面では、次に述べる観測伝達関数と区別すべく、理論伝達関数と呼称している。

また、地下構造調査に基づく方法以外に、直接、地盤増幅特性を検討する方法として、敷地の地震観測記録に基づく方法がある。地震観測記録には、「震源特性」、「伝播経路特性」、「地盤増幅特性」の影響が反映されているため、震源特性と伝播経路特性の影響を地震観測記録から取り除くことにより敷地の地盤増幅特性を推定し、それを地震動評価に反映することができる。地震観測記録から伝達関数を求めることもでき、本書面では、地震観測記録から求めた伝達関数を観測伝達関数と呼称している。

（注18）はぎとり解析、はぎとり波

地中で取得した地震観測記録から、その観測位置より上部の地盤の影響を取り除く解析をはぎとり解析といい、はぎとり解析によって推定した地震動をはぎとり波という。

具体的には、異なる深さに設置した複数の地震計の地震観測記録を用いて、それぞれの地震観測記録の関係性を説明できる地盤モデルを作成する。そして、同モデルを用いて、観測位置より上層の地盤の影響をはぎとることによって、はぎとり波を推定

する。

地震観測記録は、観測点付近の表層地盤の影響を受ける地表や地中で観測されることが多いため、解放基盤表面における地震動の評価・検討には、はぎとり波が用いられる。

(注19) 応力降下量

地震は震源断層面がずれることにより発生する。震源断層面上に蓄積されていたせん断応力は、震源断層面がずれるエネルギーとなってその全部あるいは一部が解放される。応力降下量とは、この解放されたせん断応力、すなわち、地震発生前のせん断応力と地震発生後のせん断応力の差のことをいう。

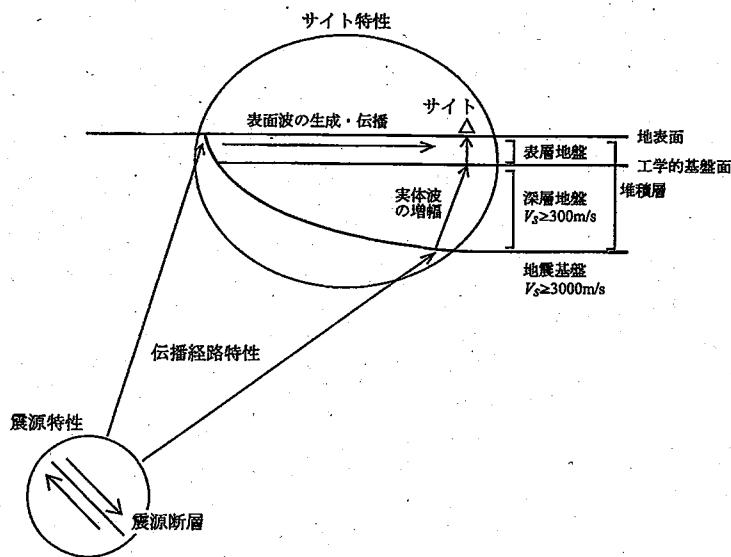
(注20) Q値

地殻・マントル内を波動が伝播するにつれて地震動振幅が減衰する要因として、地震波の波面が広がることによる幾何減衰の影響のほかに、伝播媒質の非弾性性質や不均質性が挙げられる。Q値は、地震動の振幅の時間及び空間的な減衰を表す指標であり、一周期間に減じる地震波のエネルギーに反比例する量である。その値が大きいほど地震動振幅の減衰は小さくなる。

なお、Qは、Quality factor に由来している。

(注21) 経験的サイト増幅特性

野津証人が領域長を務める国立研究開発法人港湾空港技術研究所の所管する港湾施設においては、下図に示されるとおり、地表面に設置する対象施設（「サイト」）について、地震基盤から地表面までの表層地盤及び深層地盤が地震動に及ぼす影響全般を「サイト特性」と呼び、このうち地震動の振幅に及ぼす影響を「サイト増幅特性」と呼んでいる。



(出典：甲D第198号証365頁の図-1. 1. 1「震源特性・伝播経路特性・サイト特性」)

港湾施設においては、敷地の地下構造が地震動に及ぼす影響を明らかにするための鉛直アレイ観測記録による調査や地下構造調査がなされている本件発電所と異なり、そのような詳細な調査はなされておらず、詳細な地下構造情報が取得されていないのが実情である（甲D第174号証215～216頁）。

経験的サイト増幅特性の考え方によれば、対象施設の地表観測点の観測記録を利用し、あらかじめ選定した岩盤観測点（基準観測点）の観測記録との比をもってサイト増幅特性とみなすことができる。

(注22) N値

N値とは、標準貫入試験によって得られる、地盤の締め固まりの程度を示す指標値をいう。

標準貫入試験とは、広く用いられている地盤調査方法の一つであり、ボーリング孔を利用し、先端にサンプラーを取り付けたロッド（鉄管）に対し、重さ63.5kgのハンマーを75cmの高さから自由落下で打ち付け、サンプラーが地盤に30cm貫入するまでに必要な打撃回数（N値）を求めるものである。N値が大きいほど、その地盤は締め固まった地盤といえる。

なお, Number のNをとってN値と呼ばれる。

以 上