

平成24年(ワ)第206号, 第543号 柏崎刈羽原子力発電所運転差止め請求事件

原告 吉田隆介 外189名

被告 東京電力株式会社

準備書面 (31)

(基準地震動に関する基本的事項)

平成27年2月19日

新潟地方裁判所第2民事部合議係 御中

原告ら訴訟代理人弁護士 和田 光 弘

同 高 野 義 雄

同 松 永 仁

同 近 藤 正 道

同 小 泉 一 樹

同 大 澤 理 尋

同 海 津 諭

同 坂 西 哲 昌
外

目次

第1	はじめに：本準備書面の目的	3
第2	基準地震動	3
1	基準地震動の意味	3
2	基準地震動 S_s	4
3	基準地震動の表現方法	5
第3	解放基盤	6
1	基盤	6
2	地震基盤・工学的基盤・深部地盤・表層地盤	6
3	解放基盤の意味	8
第4	地震動	10
1	地震動の意味	10
2	地震動の計測と表現方法	10
3	フーリエスペクトル	11
第5	応答スペクトル	13
1	応答スペクトルの意味	13
2	応答スペクトルのトリパタイト図	16
第6	基準地震動の策定方法	18
1	策定方法の概要	18
2	震源を特定して策定する地震動	18
(1)	検討用地震の選定	18
(2)	応答スペクトルに基づく地震動評価	19
(3)	断層モデルを用いた手法による地震動評価	20
ア	パラメータの設定	20
イ	経験的グリーン関数法	21
ウ	断層近傍の強震動・強震動パルス	23

第1 はじめに：本準備書面の目的

被告は、被告準備書面(2)において、本件原発の耐震設計上重要な建物・構築物につき基準地震動 S_s による地震力に対して安全機能が保持されることを確認した旨主張する(102頁)。

被告による本件原発の耐震安全性の確認は、被告が策定した基準地震動 S_s による地震力を対象として行われたものであるから、その基準地震動 S_s 自体が過小であった場合には、被告による耐震安全性確認は無意味であったことになり、本件原発の耐震安全性は何ら確認されていないことになる。

原告らは、後の準備書面において、被告が策定した基準地震動 S_s が過小であり、本件原発周辺で起きる地震によって本件原発の地下に生ずる地震動がそれ(被告が策定した基準地震動 S_s)を大きく上回るものとなる可能性が高いことを具体的に述べる予定であるが、それを述べる前に、基準地震動及びその策定方法に関する検討を行う前提となる基本的事項について説明しておく必要がある。

本準備書面は、上記基本的事項について説明することを目的とする。

第2 基準地震動

1 基準地震動の意味

原発や超高層ビルなど地震時にどのような挙動をするかについて詳細な把握が求められる建築物の耐震設計をする際には、建築物の基礎部分に入力する設計用入力地震動を作成し、その地震動に対して、地震発生からの時間の経過に伴って建築物がどのように反応(応答)するかをコンピュータを用いたシミュレーションによって解析して検討する。

基準地震動とは、原発の耐震設計で用いる設計用入力地震動を作成する前提として敷地の解放基盤表面において考慮する(想定する)地震動の呼び名であ

る（甲B第219号証：壇一男「観測記録および設計用入力地震動に見られる増大する地震動レベル」22頁参照）。

原発の耐震設計をする際、地震時に建物・構築物に作用する荷重は、基準地震動をもとにして、解放基盤表面から建物・構築物に至る地盤モデルを用いた解析によって求められる設計用入力地震動による地震力を考慮して計算され、その計算結果に基づいて建物・構築物の各部材が設計される。また、機器・配管の耐震強度を評価する際には、まず各機器・配管が設置されている位置の地震動が基準地震動をもとにして求められ、次に求められた地震動による地震力を計算して各機器・配管の耐震強度が評価される。このように、原発の耐震設計は基準地震動に基づいて行われる。したがって、基準地震動をどのように想定するかは、原発の耐震設計の出発点に位置する問題であり、原発の耐震設計において極めて重要な問題である。

2 基準地震動 S_s

1978年に制定された「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」では、基準地震動は、その強さの程度に応じて、 S_1 （設計用最強地震）及び S_2 （設計用限界地震）の2種類の地震動を策定すべきものとされていたが、2006年の同指針改訂により、2種類の基準地震動を策定することは廃止され、1種類の基準地震動を策定すべきものとされた（以下、この改訂後の指針を「2006年耐震設計指針」という）。2006年耐震設計指針は、策定すべき基準地震動を「基準地震動 S_s 」と呼び、それにつき、「施設の共用期間中にきわめてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがあると想定することが適切な地震動」とすべき旨を定めていた。この表現からすれば、基準地震動 S_s は、原発施設において発生する可能性のある最大の地震動を想定して策定すべきものと解される。

2013年に制定された新規制基準の下で策定されるべき基準地震動は、2006年

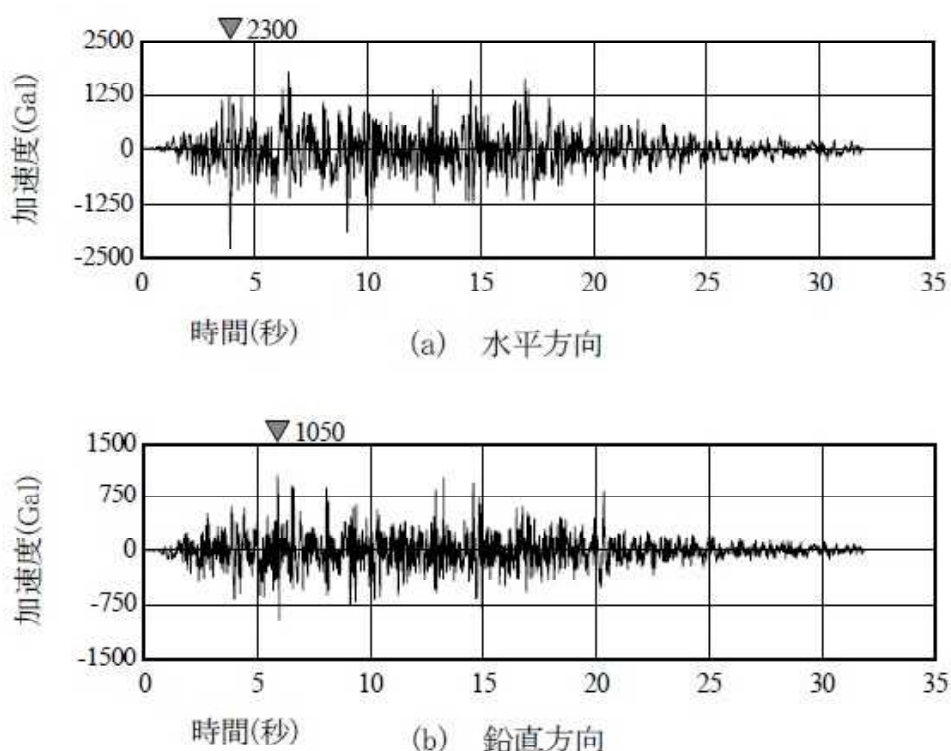
耐震設計指針における基準地震動 S_s と同じである。このことは、「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」（甲 B 1 7 6 号証。以下、「耐震設計審査ガイド」という。）の I の 1.3 の (1)（2 頁）に明記されている。

3 基準地震動の表現方法

基準地震動は、時刻歴波形によって表現される。時刻歴波形とは、時々刻々変化する地震動の様子を波形で表現したものである。

図 1 は、本件原発に関して被告が策定した基準地震動 $S_s - 1$ のうち、1 ないし 4 号機側の水平方向及び鉛直方向についての加速度時刻歴波形である（被告準備書面 (2) 別冊の図 3 7 - 1）。図の上の「▼ 2 3 0 0」は、記号 ▼ の位置の時刻の波形が最大加速度 2 3 0 0 ガルを示していることを表している。

図 1



基準地震動 $S_s - 1$ の加速度時刻歴波形 (1 ないし 4 号機側)

第3 解放基盤

1 基盤

「解放基盤」という語は、後述する「地震基盤」「工学的基盤」などという語とともに、建築工学や耐震工学の分野で使用されている語である。そこで、「解放基盤」について説明する前に、「基盤」という語が建築の分野においてどのような意味で使用されているかをみておく。

建築の分野で使用される「基盤」の意味について、『建築大辞典 第2版』（彰国社）は、「①岩盤または砂礫層などの硬い層。②洪積層またはそれよりも古い地質時代に生成した地層。③波動の伝播速度が急激に変化する境界層の下部の地層。④ある地理的範囲にわたって地震の振動特性が一様とみられる地層。⑤通常、基礎あるいは基礎工の支持地盤として十分に支持力が期待できる硬い地層のこと。」と説明している。

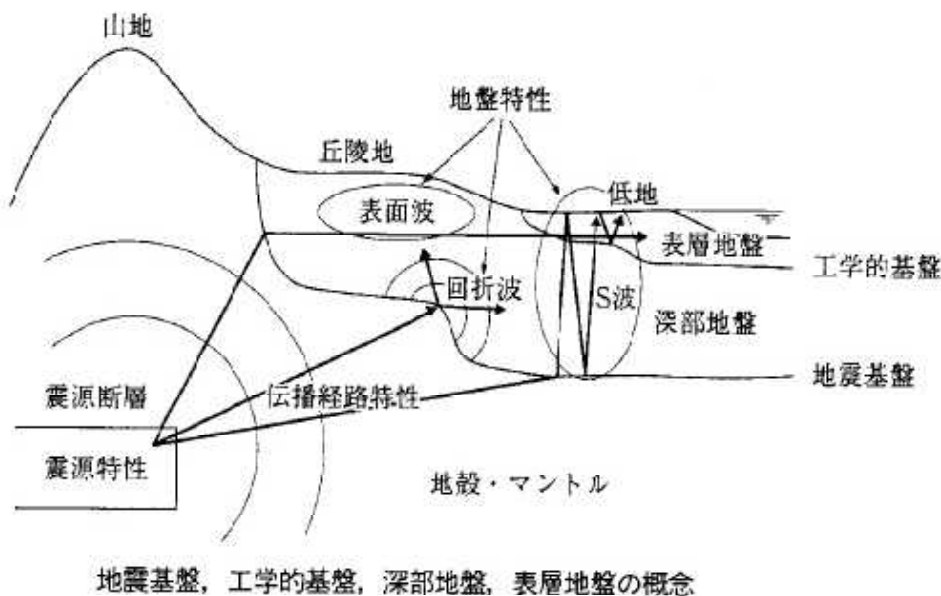
2 地震基盤・工学的基盤・深部地盤・表層地盤

解放基盤について説明する前提として、地震基盤・工学的基盤・深部地盤・表層地盤について説明する。

建築工学や耐震工学において「地震基盤」と「工学的基盤」を区別して扱うようになったのは1970年代以降であり、それ以前は、建物等の構築物の支持層となるS波速度数百メートル/s程度の浅い地層の上面を単に「基盤」と呼んでいた。しかし、1970年代以降、超高層ビルや長大橋などの大規模な構造物が建設されるようになると、そのような構造物の耐震安全性を評価するにはもっと広域かつ深部の地盤での地震波の増幅効果を考慮することが重要であることが認識されるようになり、それまで単に「基盤」と呼んでいたものを「工学的基盤」と呼び、それより深部に設定する基盤を「地震基盤」と呼んで、2つの基盤に分けて検討するようになった（甲B第6号証：山中浩明編著『地震の揺れを科学する』71頁参照）。

震源断層，地震基盤，工学的基盤，深部地盤及び表層地盤の位置関係は図2のような模式図で表される。

図2



山中浩明編著『地震の揺れを科学する』71頁

地震基盤とは，震源断層から伝播してくる地震波が局所的な地盤構成の影響を大きく受けることがなく，ある程度の広がりをもった地域において地震波に対して一様な挙動をするであろうと考えられる地層を指す（甲B第24号証：吉田望『地盤の地震応答解析』3頁参照）。地震基盤の内部ではS波速度がほぼ一定であり，その内部では地震波は増幅されないと想定されている。通常，S波速度3 km/s 程度以上の層を地震基盤としている。

工学的基盤とは，構造物を設計する際に地震動設定の基礎とする地盤を指し，通常，地震基盤より浅い，S波速度0.3～0.7 km/s 程度以上の層に設定される。日本の都市は地震基盤の上を厚い堆積層が覆う堆積平野に発達している場合が多いが，地下深部の地震基盤での観測記録や地震基盤までの深さの地下構造に関する情報は多くないため，構造物の設計をするときに地震基盤における地震動

特性を評価して、そこに直接設計用地震動を設定することは實際上困難である。このため、構造物の設計をする際には、地震基盤より浅い位置にあつて、地震基盤に比較して観測記録が多く入手される工学的基盤において設計用地震動を設定するという方法が取られている。

地震基盤と工学的基盤の間にある地盤を深部地盤と呼んでいる。地震波は硬い地層（S波速度が大きい地層）から軟らかい地層（S波速度が小さい地層）へ透過すると振幅が大きくなる（増幅する）。深部地盤では、一般に、深部のS波速度が大きく浅部のS波速度が小さいことから、深部から浅部へ伝播する過程で地震波が増幅される。しかし、深部地盤の地下構造に関する情報は少なく、地震基盤と工学的基盤の間の増幅特性を具体的に評価する（予測する）ことは困難であると指摘されている（甲B24号証。吉田望『地盤の地震応答解析』26頁）。中越沖地震の際に基準地震動を遙かに超える激しい地震動が本件原発に生じた原因の1つは、深部地盤において地震波が大きく増幅されたことにあるとされているけれども、その増幅の機序の詳細は明らかではない。

工学的基盤から地表までの地盤を表層地盤と呼んでいる。表層地盤は単に「表層」と呼ばれることもある。表層地盤のS波速度は工学的基盤のそれよりも更に小さくなり、深部地盤から表層地盤に入射してきた地震波は更に増幅される。また、表層地盤に入射した地震波は、各地点の地盤の特質や構造物の存在によって様々に変化する。

3 解放基盤の意味

解放基盤は工学的基盤の一種であり、「解放工学的基盤」とも呼ばれる。

解放基盤とは、基盤面上の表層や構造物がないものとして仮想的に設定する基盤である。その表面が解放基盤表面である。

上記のように仮想しないと、工学的基盤の上に堆積している表層やそこに存在している構造物において反射する地震波によって工学的基盤表面へ入力する

地震動が影響を受けてしまうので、そのような影響を排除してそこへ入力する地震動を設定するために、解放基盤というものを設定し、そこに工学的基盤表面まで伝播してきた地震波による地震動を入力して解析を行うという方法が用いられている。解放基盤表面において地震動を設定することにより、震源断層から解放基盤表面まで伝播してくる地震波による地震動の評価（予測）の作業と、解放基盤表面から構造物まで伝播していく地震波による地震動の評価（予測）の作業（構造物の基礎部分に入力する設計用入力地震動を作成する作業）とを分けて、構造物の耐震設計を行えるようにしているのである。

超高層ビルの耐震設計の際に作成する設計用地震動は、建設省告示により、S波速度約0.4 km/s以上の地盤における解放基盤で設定するものとされている。

原発の耐震設計に関しては、概ねS波速度0.7 km/s以上の地盤において、著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な広がりをもって想定される解放基盤表面で基準地震動を設定すべきものとされている（新規制基準も2006年耐震設計指針も同一の定め方をしている）。

被告は、本件原発に関し、解放基盤表面を、東京湾平均海面を基準として、1号機では-284 m、2号機では-250 m、3、4号機では-285 m、5号機では-134 m、6、7号機では-155 mの深さの位置にそれぞれ設定している。2号機の基盤表面は西隣の1号機のそれより34 mも高く、東隣の3号機のそれより35 mも高い。また、4号機の基盤表面とその東側にある7号機のそれとの間には130 mもの落差があり、6号機の基盤表面は東隣の5号機のそれより21 mも低い。したがって、本件原発敷地地下の工学的基盤には、凹凸が生じている部分が存在しており、かつ、急斜面になっている部分も存在することになる。このような解放基盤表面の設定の仕方は、「著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な広がりをもって想定される解放基盤表面」において基準地震動を設定すべきものとしている新規制基準に違反しており、不適切で

ある。

第4 地震動

1 地震動の意味

地震とは、地下深部の岩石層が破断してある面を境として激しくずれ動いて地震波を放出する現象である。地震の際にずれ動いた面を震源断層面または震源断層と呼ぶ。地震波は震源断層から四方八方あらゆる方向に伝わっていき、伝わっていったところにある地盤を揺らす。地震波によって生じた、ある特定の地点における地盤の揺れを地震動という。

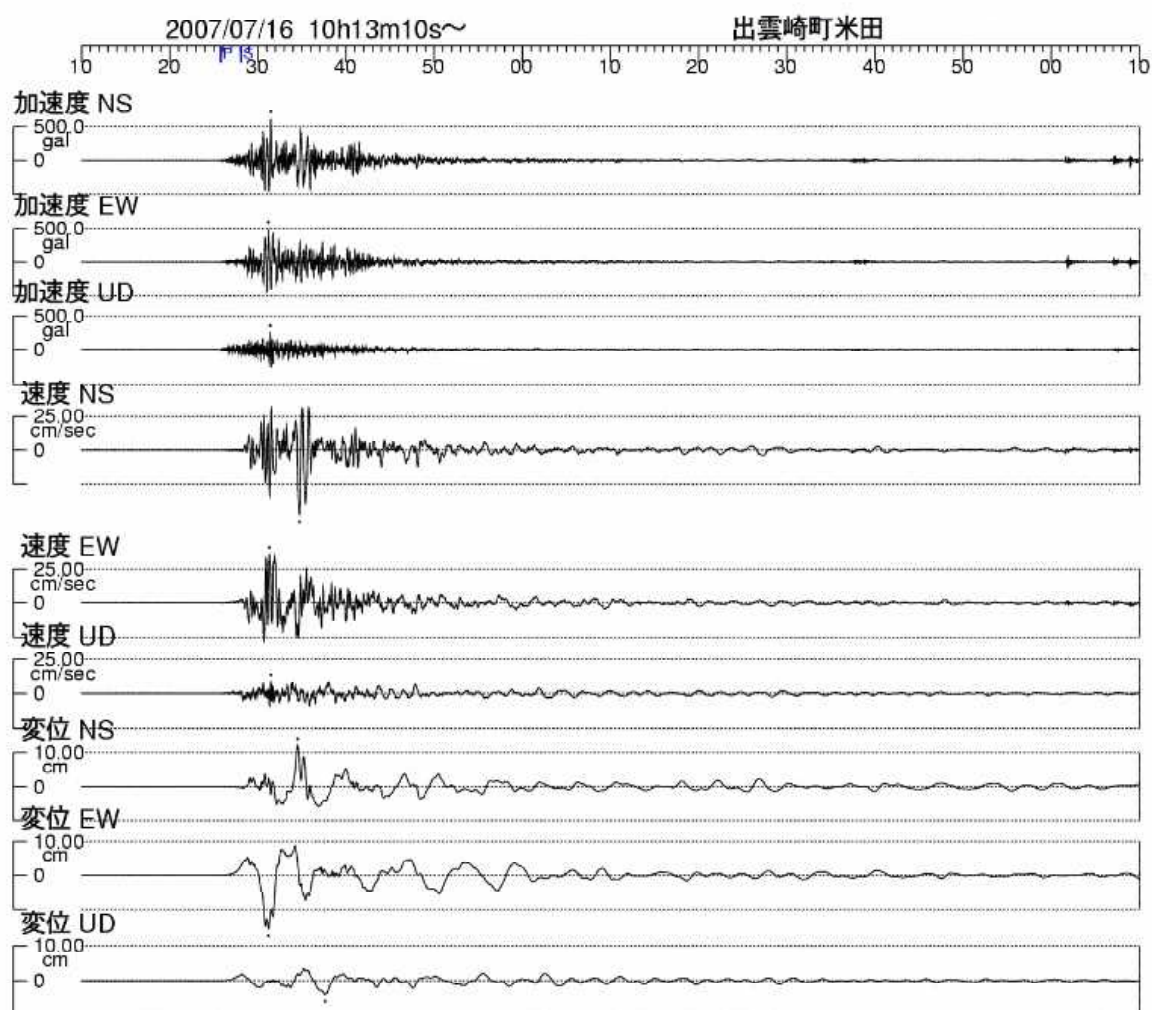
2 地震動の計測と表現方法

地震動は、地震計によって計測される。地震動は時々刻々変化する。時間の経過とともに変化する地震動は地震波形として記録される。

地震動（すなわち地盤の揺れ）は、地盤の揺れ幅がどれだけか（変位）、どれだけ速く動いたか（速度）、速度の変化はどれだけか（加速度）などによって表すことができる。したがって、ある地点に設置されている地震計によって、ある1つの地震による地震動を、変位波形、速度波形、加速度波形の3つの地震波形によって表現することができる。

図3は、2007年中越沖地震の際に新潟県出雲崎市米田に設置された地震計によって計測された地震動を、南北方向、東西方向、鉛直方向の各加速度波形、速度波形、変位波形によって表現したものである。

図 3



地震波形 (気象庁ホームページより)

3 フーリエスペクトル

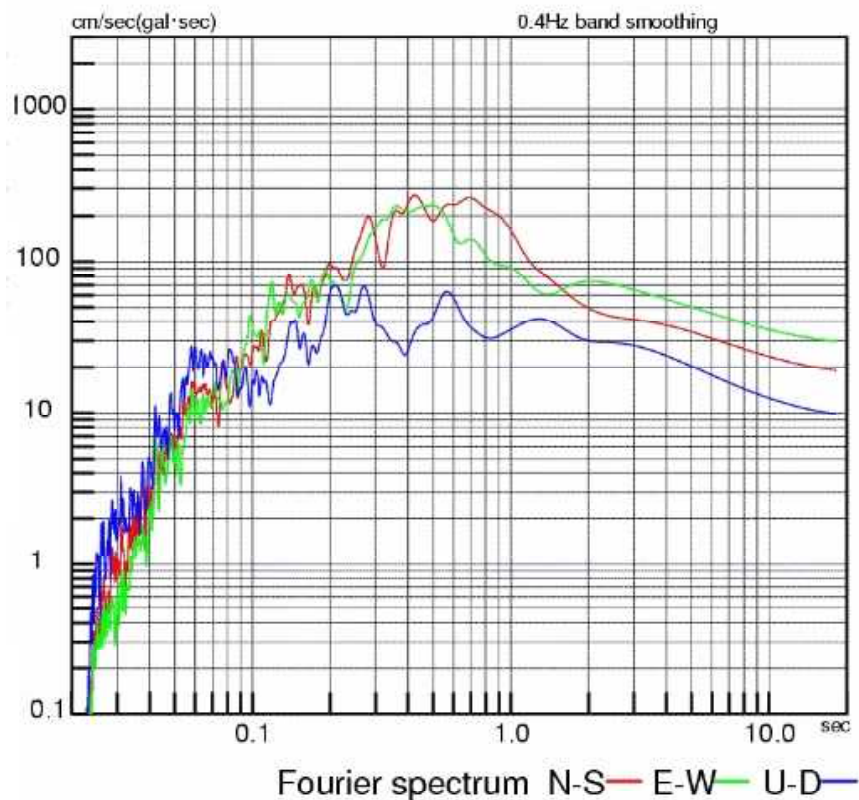
地震動の波形は、図3を見ると分かるとおり、複雑である。しかし、このように複雑な振動であっても、いろいろな周期と震幅をもった単振動の重ね合わせによってできているものととらえることができ、単純な単振動に分解することができる。この考え方に立って、時間とともに変化する地震波形を周期ごとの地震波の振幅に分解して表示したものを「フーリエスペクトル」と呼んでいる（この呼び名は、複雑な波形を単純な波形に分解する考え方の創始者である

フーリエ（1768-1830。フランスの数学者，物理学者）の名にちなんでいる。スペクトルとは，複雑な組成のものを成分に分解し，その成分を，それを特徴づける特定の量の大小に従って順に並べたものを意味する。フーリエスペクトルは，周期ごとの振幅を示すものである）。

フーリエスペクトルは，地震動の加速度波形，速度波形，変位波形のいずれについても作成することができる。

図4は，図3に示された中越沖地震の際の新潟県出雲崎市米田における加速度波形のフーリエスペクトルである。

図4



フーリエスペクトル (気象庁ホームページより)

第5 応答スペクトル

1 応答スペクトルの意味

地震動は、短周期の振動から長周期の振動まで、様々な周期の振動が含まれた複雑な振動である。建物等の構造物は、それぞれ固有の揺れやすい周期（固有周期）を持っており、その固有周期と一致する周期の揺れが加わると共振して大きく揺れるが、固有周期と異なる周期の揺れが加わってもそれほど大きくは揺れない。したがって、ある地震動が構造物にどのような影響を及ぼすかを検討するためには、その地震動が、固有周期を異にする様々な構造物に対して、それぞれどの程度の揺れ（応答）を生じさせるかを把握することが有用である。それを把握する方法として用いられるのが応答スペクトルである。

応答スペクトルとは、いろいろな固有周期を持つ1質点・1自由度振動系（質点が1つだけで、その質点の振動運動を記述するために必要な座標軸が1つだけの系）の群に同じ地震波形を入力し、それぞれの応答振幅の最大値を系の固有周期ごとに並べてグラフにしたものである（構造物を1つの質点に置き換えてモデル化している）。

なお、構造物の振動は、外力が働かなくなれば時間とともに減衰する。減衰の仕方は構造物によって異なる。応答振幅の最大値も振動系の減衰の仕方によって異なるものになるので、応答スペクトルを計算する際の振動系の減衰は、対象とする構造物に合わせて決めるべきものであるが、地震波形の標準的な特性をみることを目的とした場合には、減衰定数として5%が用いられる。

応答スペクトルには、変位の最大応答値で表した変位応答スペクトル、速度の最大応答値で表した速度応答スペクトル、加速度の最大応答値で表した加速度応答スペクトルがある。

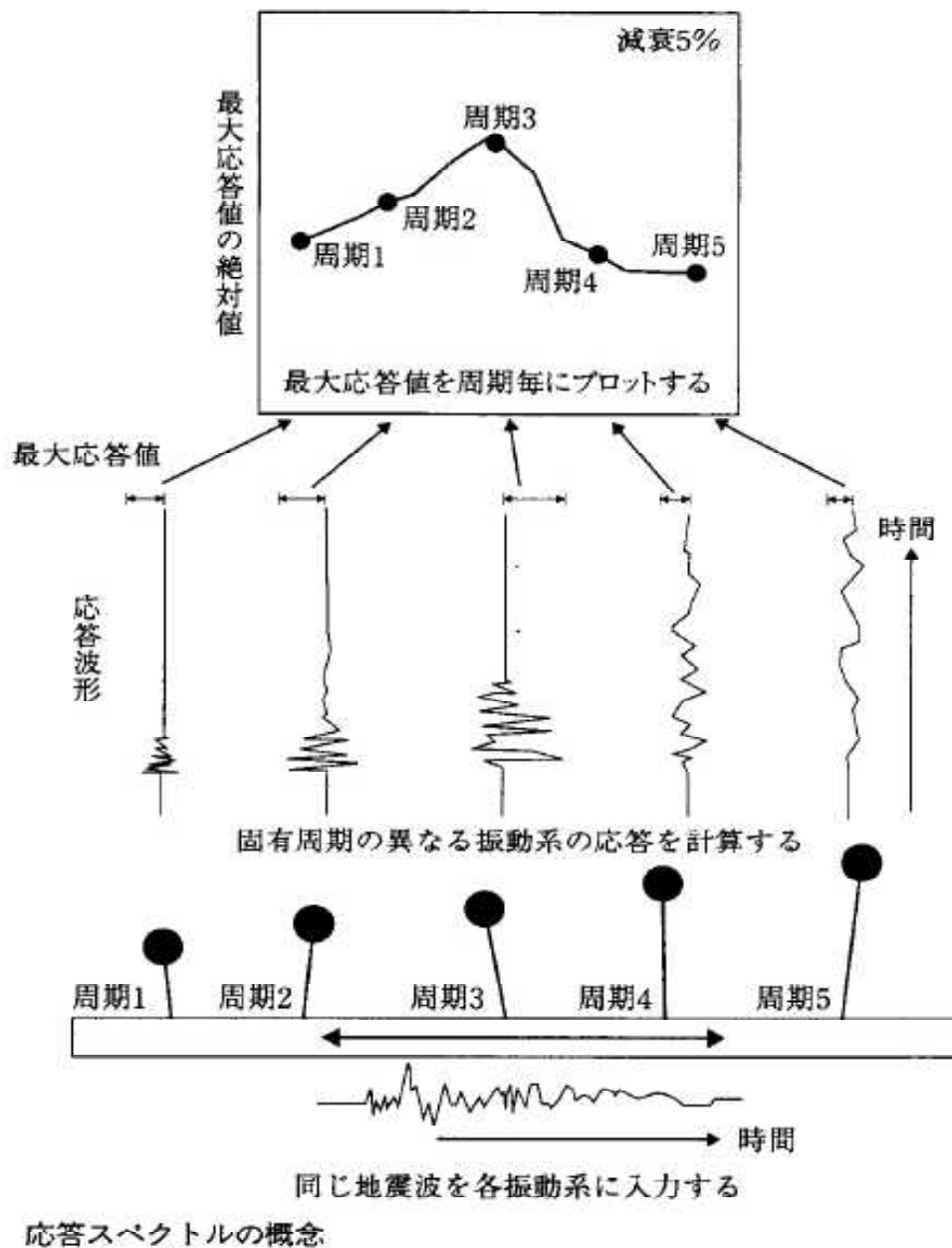
図5は、応答スペクトルの概念を説明する模式図である。

図6は、図3に示された中越沖地震の際の新潟県出雲崎市米田における地震動の速度応答スペクトルである（南北成分、東西成分、鉛直成分及び水平成分

の合成について表示されている)。

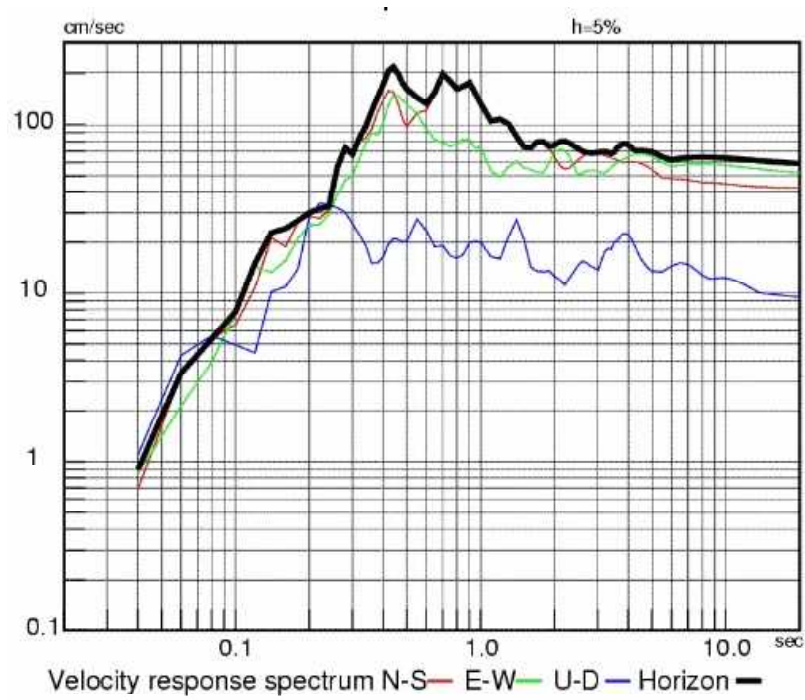
図7は、おもな地震のおもな観測点の加速度応答スペクトルである。これを見ると、どの周期の加速度応答が大きくなるかは、地震や観測点により様々であることが分かる。

図5



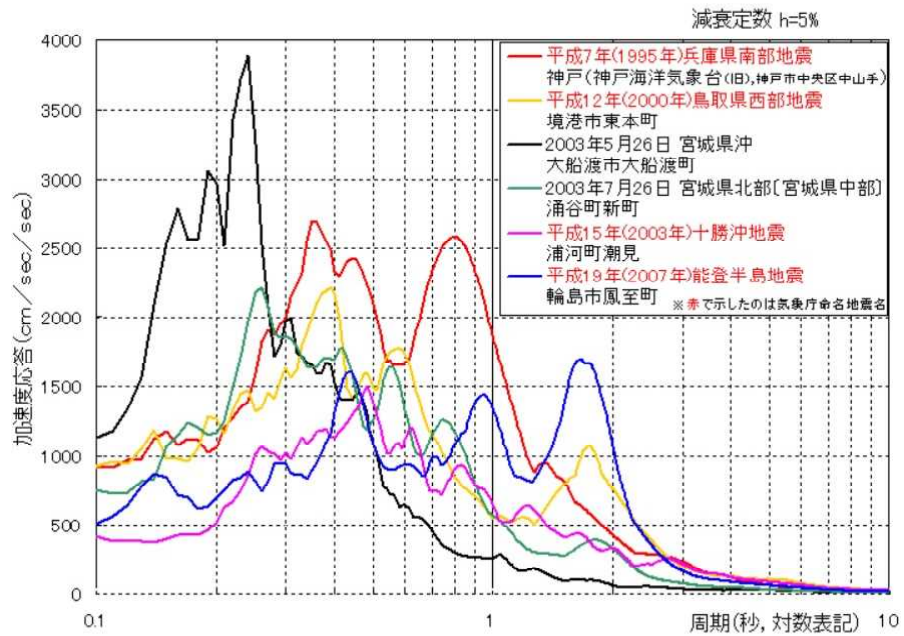
山中浩明編著『地震の揺れを科学する』145頁

図 6



速度応答スペクトル (気象庁ホームページより)

図 7



おもな地震のおもな観測点の加速度応答スペクトル

加速度応答スペクトル (気象庁ホームページより)

2 応答スペクトルのトリパタイト図

応答スペクトルは、前記のとおり、ある地震動によって様々な固有周期を持っている構造物に生じる揺れ（応答）の最大値を示すものであり、加速度、速度、変位のそれぞれについて作成することができる。実際には、1つの図で加速度、速度、変位それぞれの最大値を読み取ることができるように作図したトリパタイト図が用いられることが多い。

図8は、本件原発1ないし4号機側の南北方向に関して被告が策定した基準地震動 S_s の応答スペクトルのトリパタイト図(被告準備書面(2)別冊の図36-1)に、説明用の文字等を書き加えたものである。

図8を用いて、トリパタイト図の読み方を説明する。

トリパタイト図では、横軸は構造物の固有周期(単位:秒=s)、縦軸は構造物の揺れの速度(単位:cm/s)、右上がりの斜線は構造物の揺れの加速度(単位:ガル=cm/s²)、右下がりの斜線は構造物の揺れの変位(単位:cm)の目盛りとなっている。

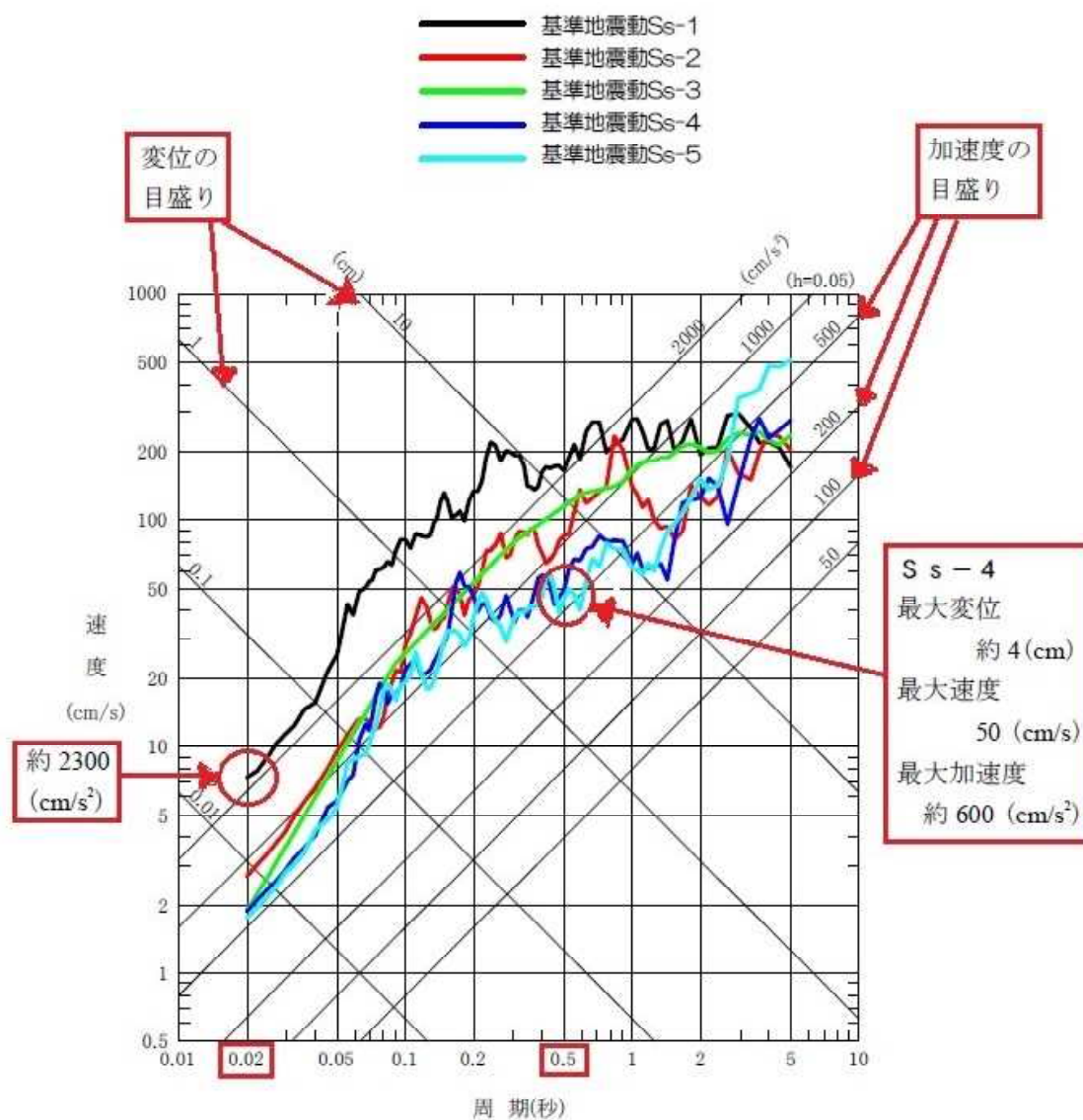
まず、青線で示されている基準地震動 S_s-4 に関して、固有周期0.5秒の構造物についてみる。横軸の周期0.5秒の目盛りから上に垂直に延びている直線が、赤色の丸で囲ったところで S_s-4 の青線と交わっている。 S_s-4 の青線はその交点において速度50cm/sを示す水平の直線とも交わっているため、最大速度は50cm/sと読み取ることになる。そして、右上がりの斜線の目盛りを見ると、上記交点は500ガルの線と1000ガルの線の間であり、最大加速度は約600ガルと読み取ることができる。また、右下がりの斜線の目盛りを見ると、上記交点は1cmの線と10cmの線の間であり、最大変位は約4cmと読み取ることができる。

次に、固有周期0.02秒の構造物の最大加速度をみる。黒線で示されている基準地震動 S_s-1 の固有周期0.02秒のところ(赤色の丸で囲ったところ)につき右上がりの斜線の目盛りを見ると、2000ガルの線を少し越えて

おり、2300ガル程度になっている。この値は、図1で見た基準地震動Ss-1の水平方向の加速度時刻歴波形に付記された最大加速度2300ガルとほぼ一致する。構造物は堅固になればなるほど固有周期が短くなり、固有周期がゼロに近づくと、それが建っている地盤の揺れ（地震動）とほぼ一致した揺れを示すようになる。その結果、固有周期がゼロに近い構造物の最大加速度は、入力地震動そのものの最大加速度とほぼ一致することになるのである。

図 8

基準地震動Ssの応答スペクトル(1ないし4号機側 南北方向)



第6 基準地震動の策定方法

1 策定方法の概要

新規制基準も2006年耐震設計指針も、基準地震動の策定方法について、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」を評価して基準地震動を策定すべきものとしている。

前者の「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」については、「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」を行って基準地震動を策定すべきものとされている。

後者の「震源を特定せず策定する地震動」については、「震源と活断層を関連づけることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録」をもとにして応答スペクトルを設定して基準地震動を策定すべきものとされている。

以下、これらについて順に説明する。

なお、前記のとおり、基準地震動 S_s は原発施設において発生する可能性のある最大の地震動を想定して策定すべきものと解されるから、基準地震動 S_s を策定する作業は、原発の敷地（の地下の解放基盤表面）において生ずる可能性のある最大の地震動を予測する作業であるということになり、その策定に当たっては、強震動予測に関する知見が利用されることになる。

2 震源を特定して策定する地震動

(1) 検討用地震の選定

震源を特定して地震動を策定する作業の第1歩は、検討用の地震を複数選定することである。

被告は、本件原発に関し、検討用の地震として、片貝断層による地震とF-B断層による地震の2つを選定した。しかし、片貝断層の長さは1.6 kmである（被告の評価）のに対し、気比ノ宮断層（鳥越断層）の長さは3.9 km（原

告の評価)、真殿坂断層の長さは2.1 km (原告の評価) であっていずれも片貝断層よりも長く、かつ、この2つの断層はいずれも片貝断層よりも本件原発に近い位置にあるから、この2つの断層による地震がいずれも片貝断層による地震より大きな影響を本件原発敷地に及ぼすことは明らかである。したがって、気比ノ宮断層(鳥越断層)による地震と真殿坂断層による地震を検討用地震として選定しなかったのは誤りであり、選定の仕方が不適切である。

(2) 応答スペクトルに基づく地震動評価

「応答スペクトルに基づく地震動評価」は、耐震工学において一般に「経験的手法」と呼ばれている方法による強震動予測と同じである。

「応答スペクトルに基づく地震動評価」すなわち経験的手法による強震動予測は、選定した地震が発生したときの敷地における地震動の応答スペクトルを、地震の規模や震源から敷地までの距離との関係等から経験的に求める手法によって行われる(ここでいう「経験的に求める」とは、「過去に経験された地震観測データの統計的処理によって把握される傾向に基づいて求める」という意味である)。

被告は、本件原発につき「応答スペクトルに基づく地震動評価」を行うに当たり、Noda et al. (2002) (乙B第9号証) の方法を用いている。Noda et al. (2002) の方法は、社団法人日本電気協会の原子力発電耐震設計専門部会(耐専)において審議され、岩盤における設計用地震動評価手法として取りまとめられたものであることから、その方法によって求められる応答スペクトルは「耐専スペクトル」と呼ばれている。

Noda et al. (2002) の方法は、地震規模、等価震源距離及び評価地点の弾性波速度(S波速度とP波速度)という3つパラメータで応答スペクトルを作成しようとするものである(乙B9号証の訳文2頁参照)。

経験的手法は、このように少ないパラメータで応答スペクトルを作成しよ

うとするものであるから、比較的簡単に強震動を算定することができるという特徴があるが、統計処理に用いた地震動がどのようなものかによって回帰係数が異なること、サイト増幅（対象地点の地盤の増幅特性）の評価の仕方によって結果が異なってくること等が課題であると指摘されている（甲B第221号証：永野正行「強震動予測手法と予測地震動のばらつき」43頁参照）。

更に、耐専スペクトルは基本的に平均像に基づく地震動評価となっており、実際に発生する可能性のある地震動との誤差が極めて大きなものとなっているという根本的問題があるが、この点については後に別の準備書面で詳論する。

(3) 断層モデルを用いた手法による地震動評価

ア パラメータの設定

「断層モデルを用いた手法による地震動評価」は、選定した地震について、次のような多数のパラメータを設定して震源断層モデルを作り、その震源断層モデルから発生すると想定される地震による敷地における地震動を予測することによって行われる。

一般的に設定されるパラメータは、①震源断層の位置・長さ・幅・深さ・傾斜角・平均すべり量・地震規模等（震源断層の形態・規模等を表すこれらのパラメータは「巨視的断層パラメータ」と呼ばれる）、②震源断層中のアスペリティの位置・個数・面積・平均すべり量・応力降下量等（震源断層内における断層破壊の不均質性に関するこれらのパラメータは「微視的断層パラメータ」と呼ばれる）、③震源断層における破壊開始点・破壊形態等（これらのパラメータは「その他の断層パラメータ」と呼ばれる）である（（甲B第185号証：地震調査研究推進本部「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）。甲B第186号証：入倉孝次郎・三宅弘恵「シナリオ地震の強震動予測」参照）。

これらのパラメータ設定に際しては過去の地震観測データ等に基づく各種の経験的關係（経験式）が利用されるが、その経験式のもととなったデータの範囲に限界があること、多数のパラメータのそれぞれについての自由度が大きい（確実性の高いパラメータは少ない）ため、それらを組み合わせた結果のばらつきの幅が非常に大きく、予測地震動の不確実性が高いこと等の問題があることが指摘されている（甲B第187号証：香川敬生ほか「強震動予測の現状と将来の展望」（地震第2輯vol.51 pp.339-354）、甲B第221号証：永野正行「強震動予測手法と予測地震動のばらつき」46頁以下参照）。この点については、後に別の準備書面で詳論する。

イ 経験的グリーン関数法

震源断層モデルから発生すると想定される地震による敷地における地震動を評価（予測）する方法として、経験的グリーン関数法と統計的グリーン関数法がある。この2つの方法は、一般に「半経験的方法」と呼ばれている。

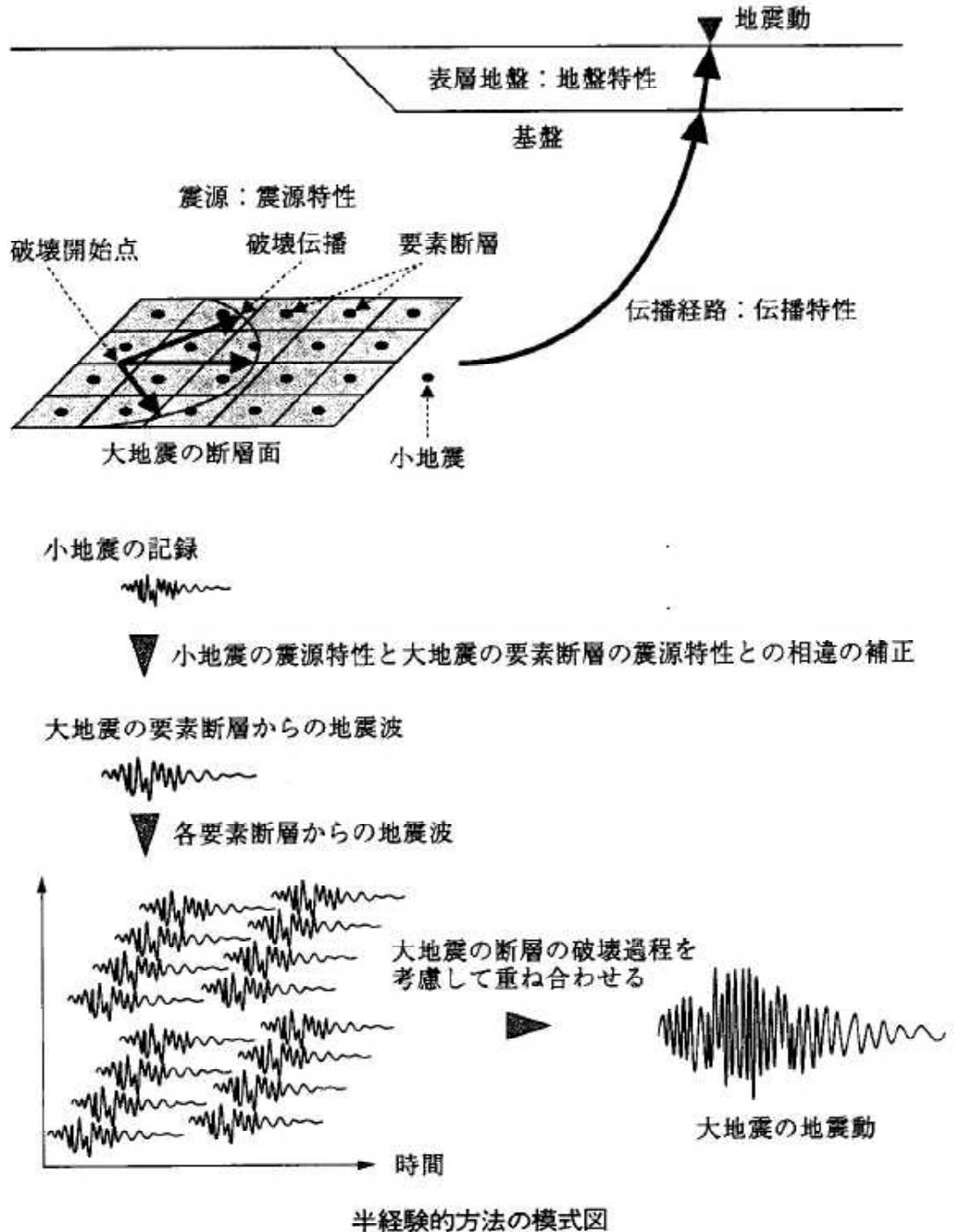
図9は、半経験的方法を説明する模式図である。

半経験的方法では、想定される大地震の震源断層となる大きな断層は多数の小さな断層（「要素断層」と呼ばれる。）から構成されているものとし、要素断層が次々と破壊されていって、最終的に震源断層の全体が破壊されるものと考え、要素断層の破壊から生ずる小さな地震（「要素地震」と呼ばれる。）の地震波形を少しずつ時間をずらしながら次々に重ね合わせていくことによって、想定される大地震の地震波形を合成することができると考えられている。

上記2つの半経験的方法は、使用する要素地震が異なっており、経験的グリーン関数法では、想定する大地震の震源域で過去に実際に発生して観測された地震を要素地震とするのに対し、統計的グリーン関数法では、他の地域で発生した地震の観測記録を統計処理して作成した模擬地震波を要

素地震として使用する。

図 9



山中浩明編著『地震の揺れを科学する』151頁

被告は本件原発の基準地震動策定に際して経験的グリーン関数法を用いている。経験的グリーン関数法では、小地震であれ大地震であれ、同一地域で発生した地震の地震波は、震源特性（震源でどのような地震波が発生するか）、伝播経路特性（地震波が伝わっていく途中の経路において地震波がどのように変化するか）、地盤増幅特性（地震波が観測地点の地盤によってどのように増幅されるか）が同じであるという仮定の下に、要素地震の地震波形を多数重ね合わせることによって、想定される大地震の地震波形を合成するものである。

経験的グリーン関数法によって作成される大地震の地震波形がどのようなものになるかは、どのような要素地震を利用したかによって大きく左右されるので、この方法を用いる際には適切な要素地震を選定することが重要である。

被告は、角田・弥彦断層及び気比ノ宮断層（鳥越断層）を含む長岡平野西縁断層帯において発生する地震による地震動を経験的グリーン関数法を用いて予測する際に、2004年中越地震の余震を要素地震として使用しているが、同余震は同断層帯と同一地域で発生した地震とはいえ、この要素地震の選定は不適切である。

ウ 断層近傍の強震動・強震動パルス

耐震設計審査ガイド（甲B176号証）のIの3.3.2の(4)の④（5頁）は、「震源が敷地に極めて近い場合の地震動評価」という項目を立てて、確認すべき事項を述べている。これは、震源断層近傍では、断層破壊が進行する側の断層面近くで、断層面に直交する成分の振幅が非常に大きくなって、破壊力のある指向性パルスが発生することを考慮した記述であると考えられる（甲B第220号証：久田嘉章「地震タイプ別の地震動特性」28頁以下参照）。

本件原発に関してみると、真殿坂断層で地震が発生した場合には指向性

パルスが発生する可能性が極めて高いと考えられる。しかし、前記のとおり、被告は、同断層による地震を基準地震動の検討用地震から除外し、同断層による地震の際に発生する破壊力のある指向性パルスの危険性の検討を行っていない。

近年、指向性パルスが発生しにくい観測点で、破壊力のあるパルス状の強震動が観測される場合があることが分かった。中越沖地震の際に本件原発敷地で観測された強震動パルスや2011年東北地方太平洋沖地震の際に観測された強震動パルスがその例としてあげられているが、そのような強震動パルスは強震動予測をする上で不明な点が多く、その成因の解明と定量化は今後の課題であると指摘されている（甲B第220号証：久田嘉章「地震タイプ別の地震動特性」34頁参照）。

3 震源を特定せず策定する地震動

敷地周辺の地質調査その他の調査を行っても、敷地近傍において発生する可能性のある内陸地殻内地震のすべてを事前に把握できない可能性があることから、「震源を特定せず策定する地震動」を評価（想定）すべきものとされている。

耐震設計審査ガイド（甲B176号証）のIの4.1の(1)（5頁）は、「震源を特定せず策定する地震動」の策定方法に関して、「震源と活断層を関連づけることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に各種の不確かさを考慮して敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルを設定して策定されている必要がある。」としている。

被告は、震源と活断層を関連づけることが困難な地震の最大規模はマグニチュード（ M_j ）6.7程度であるとして応答スペクトルを設定し、それが、「震源を特定して策定する地震動」による基準地震動の設計用応答スペクトルを全ての周期帯において下回っているということを理由として、「震源を特定せず策定する地震動」による基準地震動は、「震源を特定して策定する地震動」による

基準地震動で代表させることとしている。

しかし、耐震設計審査ガイド（８頁）には、「震源と活断層を関連づけることが困難な過去の内陸地殻内地震」の例として、２００８年岩手・宮城内陸地震が挙げられており、そのマグニチュード（ M_j ）は7.2とされているから（甲B第20号証：『地震と活断層：その関係を捉え直す』161頁，163頁参照），被告の上記処理は新規制基準に適合しない不適切なものである。

「震源を特定せず策定する地震動」に関しては他にも問題があるが、それについては後に別の準備書面において述べる。

以上