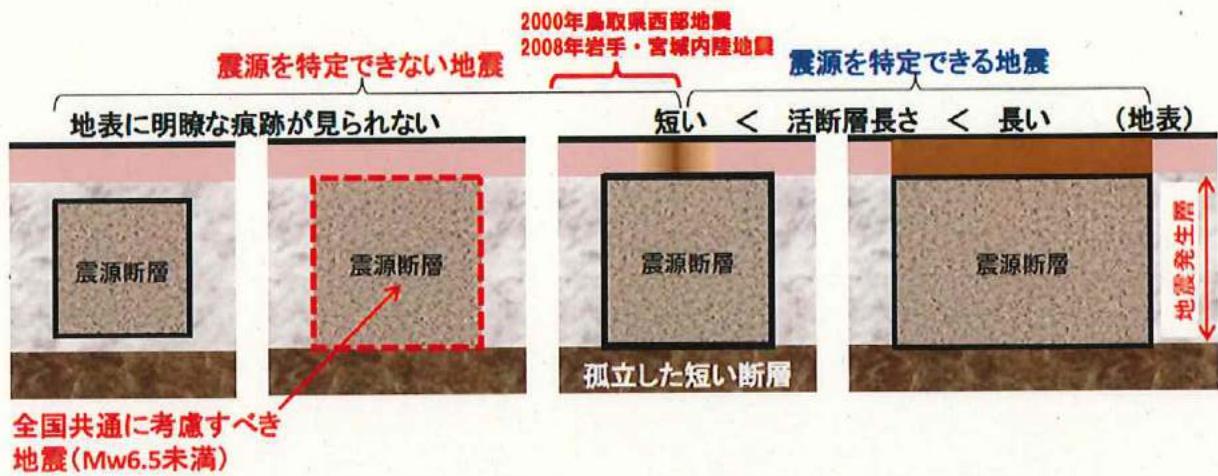


表7 震源を特定せず策定する地震動の評価において考慮した地震

No	地震名	日時	規模
1	2008年岩手・宮城内陸地震	2008/06/14, 08:43	Mw6.9
2	2000年鳥取県西部地震	2000/10/06, 13:30	Mw6.6
3	2011年長野県北部地震	2011/03/12, 03:59	Mw6.2
4	1997年3月鹿児島県北西部地震	1997/03/26, 17:31	Mw6.1
5	2003年宮城県北部地震	2003/07/26, 07:13	Mw6.1
6	1996年宮城県北部(鬼首)地震	1996/08/11, 03:12	Mw6.0
7	1997年5月鹿児島県北西部地震	1997/05/13, 14:38	Mw6.0
8	1998年岩手県内陸北部地震	1998/09/03, 16:58	Mw5.9
9	2011年静岡県東部地震	2011/03/15, 22:31	Mw5.9
10	1997年山口県北部地震	1997/06/25, 18:50	Mw5.8
11	2011年茨城県北部地震	2011/03/19, 18:56	Mw5.8
12	2013年栃木県北部地震	2013/02/25, 16:23	Mw5.8
13	2004北海道留萌支庁南部地震	2004/12/14, 14:56	Mw5.7
14	2005年福岡県西方沖地震の最大余震	2005/04/20, 06:11	Mw5.4
15	2012年茨城県北部地震	2012/03/10, 02:25	Mw5.2
16	2011年和歌山県北部地震	2011/07/05, 19:18	Mw5.0

同ガイドは、震源と活断層を関連付けることが困難な過去の内陸地殻内の地震を検討対象地震として選定することとしている。そして、その選定においては、「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」を適切に選定するとともに、「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」についても検討を加えて必要に応じて選定することを求めている。図5.9に事前に震源を特定できない地震の概念図を示す。



(震源を特定せず策定する地震動に係る評価手引き ((独) 原子力安全基盤機構) より (一部加筆))

図 5.9 事前に震源を特定できない地震の概念図

「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」は、断層破壊領域が地震発生層の内部に留まり、国内においてどこでも発生すると考えられる地震で、震源の位置も規模も分からぬ地震として地震学的検討から全国共通に考慮すべき地震（震源の位置も規模も推定できない地震（Mw 6.5 未満の地震））とされ、このうち、震源近傍において強震動（被害をもたらすような強い地震動）が観測された地震である表 7 の No. 3～16 が対象となる。これらの地震の観測記録を収集したところ、No. 13 の 2004 年北海道留萌支庁南部地震では信頼性の高い観測記録が得られたものの、他の観測記録は、加藤ほか（2004）による応答スペクトルを下回るものであったり、観測記録が観測地点の地盤の影響を受けた信頼性の低いものであったりしたため、考慮の対象から除外した（乙ヨ 40 (70～124 頁))。

2004 年北海道留萌支庁南部地震は、震源近傍の観測点におい

て 1127 ガルという大きな加速度を観測したものである。当初、観測記録は、地表のものしか得られず、既存の地盤情報も十分ではなかったが、観測地点の地盤についてボーリング調査等が行われ、佐藤ほか（2013）（乙ヨ41）によって信頼性の高い地盤モデルが得られたものである。佐藤ほか（2013）は、S波速度が 938 m／秒となる深さ 41 m を基盤層に設定した上で解析評価を行い、基盤地震動（基盤層での地震動）の最大加速度は 585 ガルで地表観測記録の約 1／2 となる（観測記録の加速度は地盤の影響によつて増幅している）ことを明らかにした。また、佐藤ほか（2013）以降の追加調査によって得られた試験データを用いて解析を行ったところ、基盤地震動の最大加速度は 561 ガルとなり、佐藤ほか（2013）よりもやや小さめに評価された。本件発電所の敷地地盤の S 波速度が 2600 m／秒である（より硬い地盤である）ことを考慮すれば、この観測記録を本件発電所の地震動評価に用いればさらに小さい評価となるところ、保守的に補正を行わず、さらに原子力発電所の耐震性に求められる保守性をも勘案して、逆に 2004 年北海道留萌支庁南部地震の基盤地震動を 620 ガルに引き上げた地震動を震源を特定せず策定する地震動として考慮した。（乙ヨ40（125～153 頁））

一方、「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」は、震源断層がほぼ地震発生層の厚さ全体に広がっているものの、地表地震断層としてその全容を表すまでには至っていない地震（震源の規模が推定できない地震（Mw 6.5 以上の地震））とされており、表 7 の N o.

1の2008年岩手・宮城内陸地震及びNo. 2の2000年鳥取県西部地震が対象となる。地表に断層が出現するか否かの要因としては、地域によって活断層の成熟度が異なること、上部に軟岩、火山岩又は堆積層が厚く分布する場合や地質体の違い等の地域差があることが考えられるため、震源を特定せず策定する地震動の評価においてこれらの地震を考慮するにあたっては、原子力発電所ごとに地域差の検討を行う必要がある。

被告が本件発電所の立地地点と2008年岩手・宮城内陸地震及び2000年鳥取県西部地震の震源域との地域差等について詳細に検討を行ったところ、いずれも本件発電所の立地地点とは地域差が顕著である。具体的には、2008年岩手・宮城内陸地震の震源域については、地形、第四紀火山との位置関係、地質、応力場<sup>88</sup>、微小地震の発生状況等において、本件発電所の立地地点とは特徴が大きく異なっており、特に、同地震の震源域には新第三紀以降の火山岩、堆積岩が厚く分布しているのに対し、本件発電所の立地地点には堅硬かつ緻密な結晶片岩が少なくとも地下2kmまで連続している。2000年鳥取県西部地震の震源域については、地震テクトニクス<sup>89</sup>が異なり、活断層の成熟度及びこれに寄与する歪み蓄積速度や地下の均質性において地域差が認められる。さらには、両地震の震源域と本件発電所の立地地点では地震地体構造が異なっているこ

<sup>88</sup> 地球表面の地殻内（地層）にどのような力が加わっているかを示すもので、水平方向に両方向から押されれば圧縮応力場、逆に両方から引っ張られれば引張応力場という。

<sup>89</sup> プレートテクトニクス（地球表層部で起こる地震、火山噴火などの地学現象の原因やメカニズムを、地球表面を覆うプレートの運動で説明する考え方）をはじめとする理論や様々な観測記録から把握される、応力場の状況、地震発生のプロセス及び発生メカニズム等の地震発生環境のこと

とから、地震の起り方異なる。こうした事実を踏まえると、両地震のような地震が本件発電所の立地地点において発生することは考え難く、基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイドの規定に照らしても、震源を特定せず策定する地震動として評価する必要はないと考えられる。(乙ヨ40(4~69頁))

しかしながら、2000年鳥取県西部地震については、大局的には本件発電所の立地地点と同じく西南日本の東西圧縮横ずれの応力場にあることから、基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイドよりも保守的に、地震が発生する地下深部の構造について、さらに慎重な検討を行ってきた。その結果、重力異常（重力の実測値とその緯度での標準重力との差であり、地下構造を推定する際に用いられる。例えば、地下に高密度の岩石があると、重力値は標準重力値よりも大きくなる。）に有意な地域差は認められなかったものの、主に中央構造線や第四紀火山との位置関係に関連して両地域の深部地下構造に違いがあると考えられるものであった（乙ヨ42(73~87頁)）。したがって、慎重な検討を行った結果としても、本件発電所の立地地点と2000年鳥取県西部地震の震源域とでは基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイドに示された「活断層の成熟度」に地域差が認められ、地震が発生する深部地下構造にも違いがあり、2000年鳥取県西部地震を震源を特定せず策定する地震動の評価において考慮する必然性はないと考えられるものの、大局的にはいずれも西南日本の東西圧縮横ずれの応力場であることを踏まえ、原子力安全に対する信頼向上の観点から、より保守的に同地震の観測記録を震源を特定せず策定する地震動として考慮することと

した。(乙ヨ42(89頁))

2000年鳥取県西部地震については、鳥取県にある賀祥ダムの監査廊（ダム堤内の管理用通路）に設置された地震計による信頼性の高い観測記録が得られている。国立研究開発法人防災科学技術研究所の強震観測網によっても信頼性の高い観測記録が得られているが、賀祥ダム（監査廊）の観測記録がこれを概ね上回ることなどから、震源を特定せず策定する地震動による基準地震動Ssの検討においては賀祥ダム（監査廊）の観測記録で代表させることとした。

(乙ヨ42(91頁))

(以上、乙ヨ13(18~19頁))

## 工 基準地震動Ssの策定

基準地震動Ssは、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の評価結果に基づき、敷地の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策定する。

### (ア) 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち、応答スペクトルに基づく手法による地震動評価において求めた応答スペクトル及び基準地震動S2（本件3号機建設時の基準地震動（上記(2)イ(イ)c）の応答スペクトルを包絡するように、設計用応答スペクトルを設定し、水平方向の基準地震動Ss-1Hを設定するとともに、鉛直方向については、Ss-1Hに対して、耐専スペクトルの鉛直方向の地盤増幅率を乗じて基準地震動Ss-1Vを設定した（乙ヨ11(6-5-48頁), 乙ヨ31(221~228頁)）。

また、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち、断層モ

モデルを用いた手法による地震動評価の結果(乙ヨ31(230頁)), 本件3号機の施設に与える影響が大きいケースとして, 内陸地殻内地震(中央構造線断層による地震)における検討ケースのうち, 断層長さ480kmで壇ほか(2011)のスケーリング則を用いて応力降下量の不確かさを考慮したケース(表1中の不確かさ考慮①), 断層長さ480kmでFujii and Matsura(2000)のスケーリング則を用いて応力降下量の不確かさを考慮したケース(表2中の不確かさ考慮①)及び断層長さ54kmで入倉・三宅の手法を用いて応力降下量の不確かさを考慮したケース(表6中の不確かさ考慮①)を選定し, 経験的グリーン関数法と理論的手法によるバイブリッド合成を行った。その結果, 上記の基準地震動Ss-1を一部の周期帯において超えた7ケースを基準地震動Ss-2-1～基準地震動Ss-2-7とした。(乙ヨ11(6-5-48～6-5-49頁), 乙ヨ31(231頁))

ところで, 断層モデルに基づく地震動評価では経験的グリーン関数法を適用しているが, 経験的グリーン関数法は, 実際に発生した比較的小な地震の観測記録(地震波)を足し合わせて想定する断層による大きな地震による揺れを計算する方法であるため, その結果には採用した観測記録(要素地震)の特徴が反映されることになる。被告が実施した中央構造線断層帶に係る経験的グリーン関数を用いた評価では, 東西方向の地震動の周期0.2～0.3秒で基準地震動Ss-1を超過する結果が得られているが, 南北方向の地震動の長周期側では比較的小く評価される傾向が見られた(図58のグレーの応答スペクトルを参照)。これは中央構造線断層帶と同様

に本件発電所敷地の北方に震源を持つ要素地震の地震波の伝播特性等を反映した結果であるものの、仮に、要素地震の南北方向の地震動が東西方向の地震動と同程度のレベルであったとすれば、南北方向でも基準地震動  $S\ s - 1$  を超過する可能性も否定できない。そこで、東西方向の周期  $0.2 \sim 0.3$  秒で基準地震動  $S\ s - 1$  を超過するケースのうち、基準地震動  $S\ s - 1$  を超過する度合いが大きく、かつスケーリング則として基本に考えている壇ほか（2011）に基づいて評価した断層長さ  $480\ km$  で応力降下量の不確かさ（20 MPa）を考慮したケースについて、工学的判断として、東西方向と南北方向の地震波を入れ替えたケースを仮想して  $S\ s - 2 - 8$  として設定した（図60の紫の応答スペクトル）。（乙ヨ11（6-5-49～6-5-50頁）、乙ヨ31（232頁））

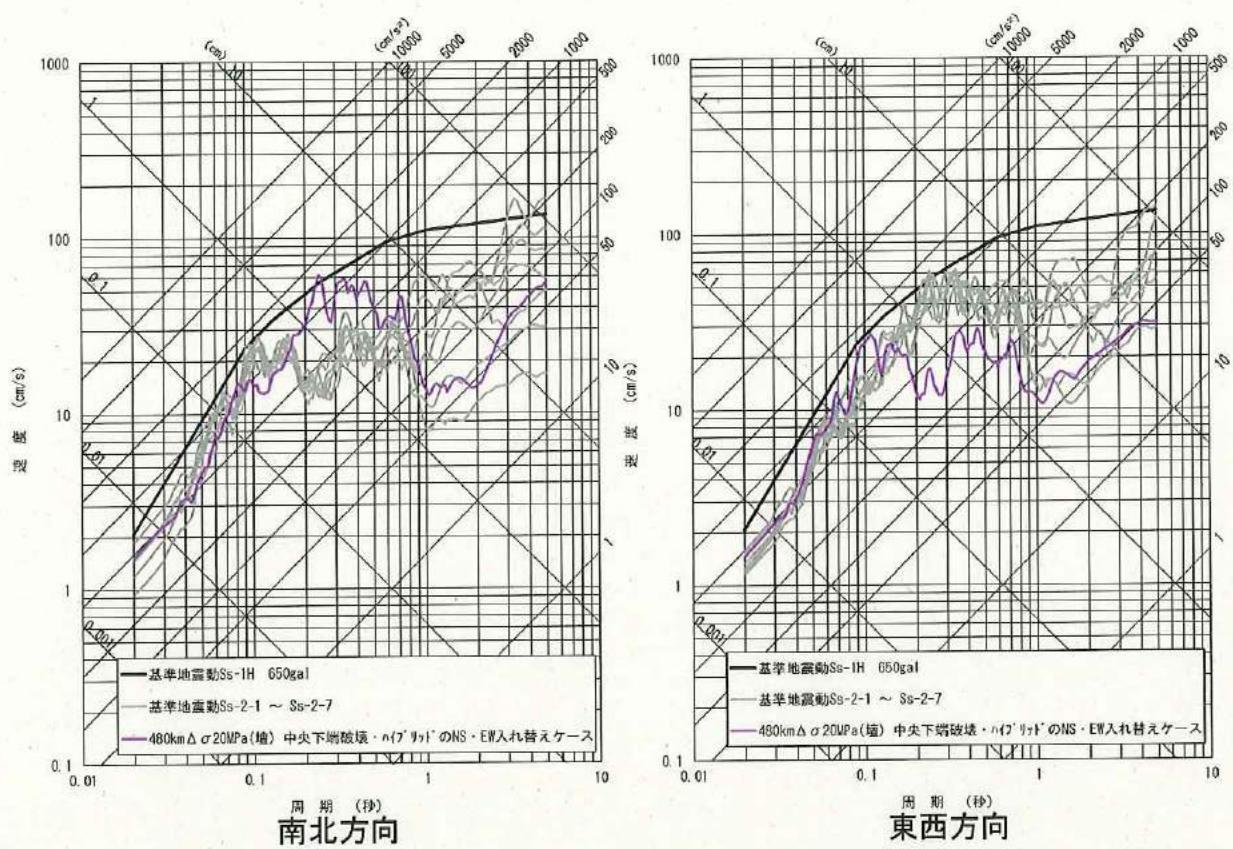


図 6.0 東西方向 (EW) と南北方向 (NS) の地震波を入れ替えたケース

なお、プレート間地震及び海洋プレート内地震では Ss-1 を下回ることから、いずれの地震も基準地震動 Ss-2 としては設定しない。

(以上、乙ヨ13 (19~20頁), 乙ヨ31 (237頁, 239頁))

#### (イ) 震源を特定せず策定する地震動

震源を特定せず策定する地震動のうち、加藤ほか (2004) は Ss-1 に包絡されることから、Ss-1 を一部の周期帯で超える 2004年北海道留萌支庁南部地震の基盤地震動及び2000年鳥取県西部地震の際の賀祥ダム（監査廊）の観測記録を基準地震動 S

$s - 3$  として選定することとした（乙ヨ 11 (6-5-50 頁), 乙ヨ 13 (19~20 頁), 乙ヨ 42 (94 頁)）。

(ウ) 基準地震動  $S_s$  の最大加速度

以上の結果, 基準地震動  $S_s$  として基準地震動  $S_s - 1$  では 1 ケース, 基準地震動  $S_s - 2$  は 8 ケース, 基準地震動  $S_s - 3$  は 2 ケースをそれぞれ設定した。これらの最大加速度の一覧は, 表 8 のとおりである。また, 基準地震動  $S_s - 1$ , 基準地震動  $S_s - 2$  及び基準地震動  $S_s - 3$  の時刻歴波形及び応答スペクトルを末尾別図 2 ~ 4 に示す。（乙ヨ 11 (6-5-50 ~ 6-5-51 頁), 6-5-110 頁, 6-5-241 ~ 6-5-251 頁）

表8 基準地震動Ssの最大加速度

		基準地震動Ss			最大加速度振幅 (cm/s <sup>2</sup> )
震源を特定して策定する地震動	応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss  断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss	設計用模擬地震波  敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)	水平動	Ss-1H	650
			鉛直動	Ss-1V	377
			水平動 NS成分	Ss-2-1NS	579
			水平動 EW成分	Ss-2-1EW	390
			鉛直動 UD成分	Ss-2-1UD	210
			水平動 NS成分	Ss-2-2NS	456
			水平動 EW成分	Ss-2-2EW	478
			鉛直動 UD成分	Ss-2-2UD	195
			水平動 NS成分	Ss-2-3NS	371
			水平動 EW成分	Ss-2-3EW	418
			鉛直動 UD成分	Ss-2-3UD	263
			水平動 NS成分	Ss-2-4NS	452
			水平動 EW成分	Ss-2-4EW	494
			鉛直動 UD成分	Ss-2-4UD	280
			水平動 NS成分	Ss-2-5NS	452
			水平動 EW成分	Ss-2-5EW	388
			鉛直動 UD成分	Ss-2-5UD	199
			水平動 NS成分	Ss-2-6NS	291
			水平動 EW成分	Ss-2-6EW	360
			鉛直動 UD成分	Ss-2-6UD	201
			水平動 NS成分	Ss-2-7NS	458
			水平動 EW成分	Ss-2-7EW	371
			鉛直動 UD成分	Ss-2-7UD	178
			水平動 NS成分	Ss-2-8NS	478
			水平動 EW成分	Ss-2-8EW	456
			鉛直動 UD成分	Ss-2-8UD	195
震源を特定せず策定する地震動	2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動		水平動	Ss-3-1H	620
			鉛直動	Ss-3-1V	320
	2000年鳥取県西部地震 賀祥ダムの観測記録		水平動 NS成分	Ss-3-2NS	528
			水平動 EW成分	Ss-3-2EW	531
			鉛直動 UD成分	Ss-3-2UD	485

## 才 基準地震動 S s の年超過確率

被告は、基準地震動 S s を策定するにあたり、詳細な調査を尽くした上で、様々な不確かさを考慮するなどして、余裕をもった保守的な評価を行っていることから、本件発電所において基準地震動 S s を超過する地震動が発生することは、確率的に完全に否定することはできないとしても、まず考えられない。このことを定量的に確認するため、基準地震動 S s の年超過確率を算定した。

### (ア) 年超過確率の算定方法

年超過確率の算定は、一般社団法人日本原子力学会が定めた「原子力発電所の地震を起因とした確率論的安全評価実施基準：2007」に基づき、「特定震源モデルに基づく評価」及び「領域震源モデルに基づく評価」を実施した。

「特定震源モデルに基づく評価」は、一つの地震に対して、震源の位置、規模及び発生頻度を特定して扱うモデルで、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」に対応する。敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）による地震、その他の活断層で発生する地震及び南海地震を考慮した。

「領域震源モデルに基づく評価」は、ある拡がりを持った領域の中で発生する地震群として取扱うモデルで、「震源を特定せず策定する地震動」に対応する。活断層の存在が知られていないところで発生し得る内陸地殻内地震、南海地震以外のフィリピン海プレートで発生する地震（プレート間地震及び海洋プレート内地震）を考慮した。

そして、両モデルにおける年超過確率を足し合わせて、全体とし

ての年超過確率を算定した。

#### (イ) 年超過確率の算定結果

基準地震動 S s - 1 の応答スペクトルと上記(ア)で算定した全体としての年超過確率を示す曲線（一様ハザードスペクトル）との比較を、一例として図 6-1 に示す。これによると、基準地震動 S s - 1 の年超過確率は、 $10^{-4} \sim 10^{-6}$  / 年程度、つまり、1万年～100万年に 1 回程度となり、基準地震動 S s - 1 を超過する地震動が発生する可能性が極めて低いことが確認できた。同様の比較から、基準地震動 S s - 2 及び基準地震動 S s - 3 の年超過確率も同程度であることを確認した。ちなみに、図 6-1 によると、最大加速度が大きくなれば、つまり地震動が大きくなればなるほど、超過する確率は下がることになる。(乙ヨ 1-1 (6-5-51 ~ 6-5-52 頁), 6-5-252 ~ 6-5-260 頁), 乙ヨ 1-3 (20 頁))

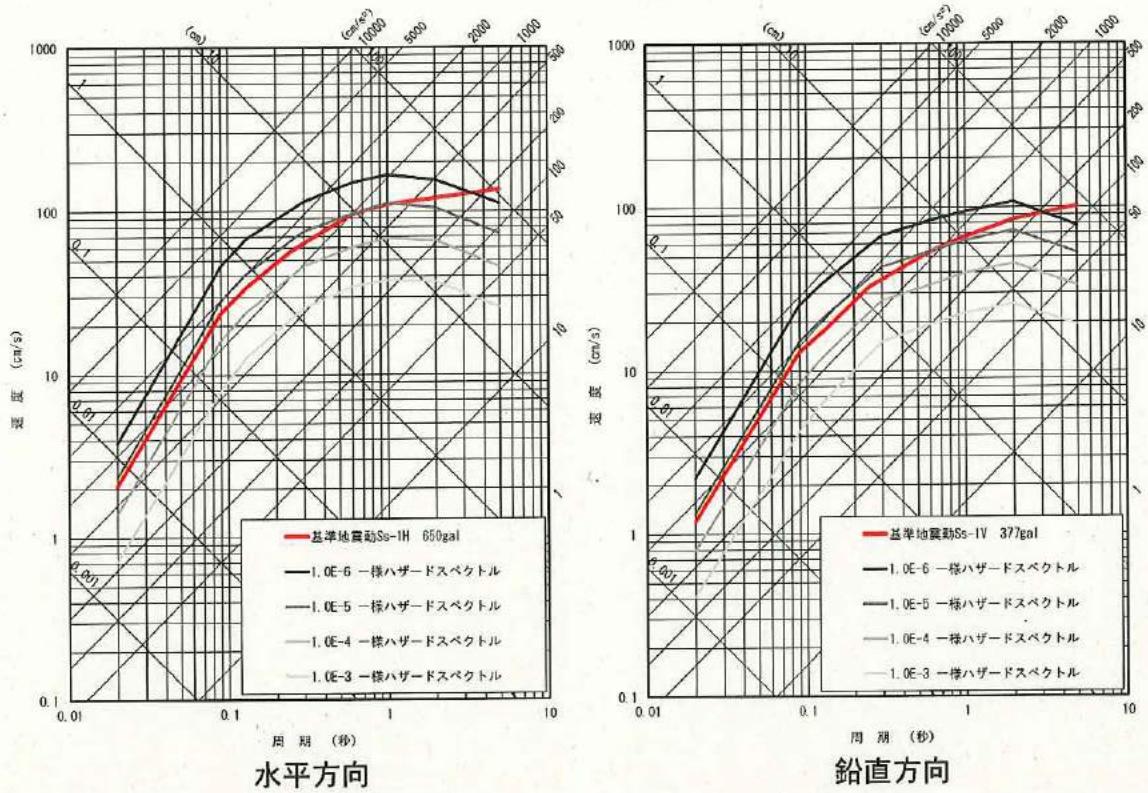


図 6-1 基準地震動  $S_s - 1$  の年超過確率

#### (4) 耐震安全性の確保について

ア 本件発電所建設時の耐震設計の基本的な考え方について

##### (ア) 耐震設計の基本方針について

被告は、本件発電所の設計における基本方針として、建物・構築物は原則として剛構造<sup>90</sup>とし、重要な建物・構築物は岩盤に直接支持させることとした。これは、こうすることによって、表層地盤による地震動の增幅を回避し、地震時に重要な施設、配管等の変形ができる限り抑えることができ、かつ、地盤破壊や不等沈下による影

<sup>90</sup> 剛構造とは、構造物の剛性（荷重が作用した場合の変形に対する抵抗の度合い）が相対的に高く、地震等による外力を受けた場合に、変形しにくい構造をいう。一般的に、低層の鉄筋コンクリート造の建物は剛構造である。これに対して、外力を受けた場合に変形しやすい構造（例えば、超高層ビル）を柔構造という。

響を避けることができるからである。(乙ヨ18(8-1-47頁),  
乙ヨ17(8-1-7頁), 乙ヨ20(8-1-105頁))

そして、被告は、この基本方針に基づき、原子炉施設の構築物は、原則として鉄筋コンクリート造等の剛構造とし、原子炉格納施設(原子炉格納容器及びその関連施設)などの重要な施設は、詳細な調査に基づき確認された十分な地耐力を有する堅硬な岩盤に直接コンクリート基礎を構築した。また、地震動による揺れを小さくするために、機器については、多数の基礎ボルトで構築物に取り付け、配管については多数のサポートで構築物に支持させている(例えば、本件3号機の蒸気発生器支持構造につき乙ヨ20(8-4-39頁, 第4.4.9図)参照)。

(イ) 重要度分類に応じた耐震設計について

被告は、本件発電所を建設する際、建物・構築物及び機器・配管系を地震により発生する可能性のある環境への放射線による影響の観点、すなわち、原子力発電所の安全を確保する上での重要度に応じてA, B及びCの3クラスに分類(本件3号機については、Aクラスのうち特に重要な施設を限定してさらにAsクラスとして分類)し、この分類に応じた耐震設計を行った。このように耐震設計を行うにあたり、重要度に応じた分類を行う前提には、「グレーデッドアプローチ(graded approach)」と呼ばれる考え方がある。「グレーデッドアプローチ」は、安全確保のための資源は有限であり、その有限の資源をどのように分配すれば最も有効で、最も高い安全性を確保できるかという観点から相対的なグレードを定め、そのグレードに応じた資源の分配を行うことによって、より高い安

全性を確保しようとする考え方である。この考え方は、IAEA（国際原子力機関）の基本安全原則（IAEA安全基準シリーズNo. SF-1（2006））の原則5にも、「許認可取得者が安全のために投入する資源及び規制の範囲と厳格さ並びにその適用は、放射線リスクの程度及びそれらの実用的な管理のしやすさに見合ったものでなければならない。」（旧独立行政法人原子力安全基盤機構による日本語訳、乙ヨ43）と規定されており、原子力発電の安全確保に対する基本的かつ重要なアプローチの方法として、国際的にも広く採用されている。

各クラスの分類は、表9のとおりであるが、これを敷衍すれば次のとおりである。

Aクラスに分類するのは、原子炉冷却材圧力バウンダリ（原子炉施設のうち、一次冷却材を内包し、異常時に圧力障壁となるもの）、原子炉格納施設等、その機能喪失により原子炉の重大な損傷に至る可能性のある施設及び周辺公衆の災害を防止するために緊要な施設である。つまり、Aクラスの施設は、これらの安全性さえ維持できれば、本件3号機の原子炉を「止める」「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」という安全機能を確保することができる施設である。

Bクラスに分類するのは、放射性廃棄物処理施設、燃料取替クレーン等、放射性物質に関連する施設でAクラス以外の施設である。

Cクラスに分類するのは、タービン設備、補助ボイラ等、Aクラス及びBクラス以外の施設である。

表9 耐震設計上の重要度分類

分類	分類の考え方	クラス別施設の主要設備（例）
Aクラス	自ら放射性物質を内蔵しているか又は内蔵している施設に直接関係しており、その機能喪失により放射性物質を外部に放散する可能性のあるもの及びこれらの事態を防止するために必要なもの並びにこれら事故発生の際に、外部に放散される放射性物質による影響を低減させるために必要なものであって、その影響、効果の大きいもの	・炉内構造物 ・制御棒クラスタ ・蒸気発生器 ・一次冷却材管 ・余熱除去ポンプ ・余熱除去設備配管 ・原子炉容器 ・原子炉格納容器
Bクラス	上記において、影響、効果が比較的小さいもの	・放射性廃棄物処理設備 ・燃料取替クレーン
Cクラス	Aクラス、Bクラス以外であって、一般産業施設と同等の安全性を保持すればよいもの	・タービン設備 ・補助ボイラ

そして、被告は、各々の重要度及び施設別に応じた地震力を用いた静的解析を行い、これに加え、Aクラスの施設については、耐震設計において基準とする地震動を用いた動的解析を行った。そして、各クラスの施設がこれらの解析から求められる地震力に対して、十分な余裕を持って安全性が確保できるよう、本件発電所の耐震設計を行った。（乙ヨ18（8-1-15～8-1-16頁、8-1-4

7頁以下), 乙ヨ17(8-1-7~8-1-8頁), 乙ヨ20(8-1-106頁以下))

このように耐震設計において基準とする地震動を用いた動的解析をAクラスの施設に対して行うのは, Aクラスの施設の安全性さえ確保できれば, 本件発電所の原子炉を「止める」「冷やす」, 放射性物質を「閉じ込める」という安全機能を維持することができるため, Aクラスの施設を, 耐震設計の基準とする地震動に対して安全性を確保できるよう設計することにより, 本件発電所全体として耐震設計の基準とする地震動に対する安全性を確保できるからである。

ちなみに, 本件発電所の施設は, 重要度分類に応じた地震力に対する安全性が確保できるよう耐震設計を行っているが, これは, 各々の設備がそれぞれの重要度分類に応じた地震力を超える地震力に対して直ちにその機能を失うことを意味するものではない。詳細は後記工で述べるが, 各施設は, それぞれ上記地震力に対して十分な余裕をもって設計を行うため, 例えば, 設計の基準となる地震動を超える地震動が引き起こされたとしても, 施設は直ちに機能を喪失するわけではない。

#### イ 本件発電所建設以降における耐震安全性の確認について

被告は, 本件発電所の建設以降も, 本件発電所に影響を及ぼす地震動の評価の見直しに合わせて本件発電所の耐震安全性を確認するとともに, 設備更新などの改造工事の際には, 耐震性をさらに高めるため耐震安全性向上工事を実施するなどして, 本件発電所の安全性を確保してきた。

##### (ア) 耐震設計審査指針の制定を踏まえた本件1・2号機の対応

被告は、前記(2)イの耐震設計審査指針の制定を受け、同指針制定前に設置許可がされた本件1・2号機について、自主的に、同指針の考え方によらして耐震安全性の評価を実施し、十分な余裕を有していることを確認した（乙8）。具体的には、本件3号機の建設の際に策定した基準地震動S2を用いて応力<sup>91</sup>解析を行い、これによって得られた値（評価値）と安全機能の確保が確認される値（評価基準値）との比較において評価値が評価基準値を下回り、十分な余裕を有していることを確認した（本件3号機の建設の際に策定した基準地震動S1は、本件1・2号機建設の際に策定した設計地震動と同一の地震動である<sup>92</sup>ため改めて評価していない。）。評価の対象としたのは、原子炉を「止める」「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」という安全機能を維持する観点から代表させた設備である。評価結果の一例を表10に示す。

<sup>91</sup> 物体に外力が作用したときこれに抵抗する方向で物体内部に生ずる力

<sup>92</sup> 本件1・2号機の建設の際に策定した設計用地震動と本件3号機の建設の際に策定した基準地震動では最大速度の表記が、設計用地震動は200ガル、基準地震動S1は221ガルと異なっているが、これはどの周期の最大加速度の値を代表させるかという点において、設計用地震動が周期0秒、基準地震動S1が周期0.02秒の値で代表させているためである。

表10 基準地震動S2による本件1・2号機の耐震安全性確認結果

評価対象	評価基準値	評価値 (1号機)	評価値 (2号機)
原子炉容器 (kg/mm <sup>2</sup> )	47.8	23.5	23.9
蒸気発生器 (kg/mm <sup>2</sup> )	44.7	13.6	12.4
一次冷却材管 (kg/mm <sup>2</sup> )	35.1	24.9	11.3
余熱除去ポンプ (kg/mm <sup>2</sup> )	21.5	1.7	0.4
原子炉格納容器 (kg/mm <sup>2</sup> )	35.7	6.0	5.7
制御棒の挿入性	設計時間内に挿入できることを確認		

注 kg/mm<sup>2</sup>は応力の単位で、基準地震動S2による耐震安全確認を行っていた当時用いていたものである。現在耐震安全評価において用いているMPaに単位換算すると、1kg/mm<sup>2</sup>はおよそ9.8MPaとなる。

この評価結果（評価値と評価基準値との対比）から、対象となつた施設が十分な安全余裕を確保していることが確認できた。また、本件1・2号機の主要な設備等が破壊に至るまでには、弾性設計に用いた地震動（設計地震動）に対して相当な安全余裕があることが裏付けられた。

#### (イ) 平成18年の耐震設計審査指針の改訂を踏まえた対応

被告は、平成18年の耐震設計審査指針の改訂を受けて前記(2)ウのとおり、基準地震動Ssを策定するとともに、本件発電所の耐震安全性に関する信頼性を一層向上させるとの観点から、同指針の趣旨を踏まえた耐震安全性向上工事を自主的に実施することとし、支構造物（サポート）の補強工事等様々な工事を実施した。

そして、本件3号機について耐震安全性評価を行い、本件3号機の安全性を確保できることを確認した。本件1・2号機については、Sクラス（改訂前の耐震設計審査指針では、Aクラスのうち安全上特に重要な施設をA sクラスとしていたが、改訂後の耐震設計審査指針は、Aクラス全体をA sクラスと同等の扱いとすることとし、これらをまとめてSクラスとしている。）の中でも、原子炉を「止める」「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」という安全機能を維持する観点から、安全上特に重要な施設について耐震安全性評価を行い、これらの施設が基準地震動S sに対する耐震安全性を有することを確認した。そして、その他の施設についても評価を進める中で、上記(3)エで述べたとおり、福島第一原子力発電所事故が発生し新規制基準が策定されたことを踏まえて新たに基準地震動S sを策定したことから、被告は、改めてこの新たな基準地震動S sについて本件発電所の耐震安全性評価を本件3号機から順次行うこととした。

#### ウ 新規制基準を踏まえた本件3号機の耐震安全性について

被告は、新規制基準を踏まえて策定した新たな基準地震動S sを踏まえ、本件3号機の施設のうち、最も重要な施設について、基準地震動S sによっても機能を失うことのないよう耐震安全性を確保することにより、本件3号機の耐震安全性を確保している。また、被告は、新たに策定した基準地震動S sが従来よりも大きな地震動であることなどを踏まえた耐震安全性向上工事を実施するとともに、新規制基準を踏まえて基準地震動S sに対する耐震安全性を確保すべき施設を拡充し、本件3号機の耐震安全性の強化を図っている。

##### (ア) 耐震設計方針について

### a 耐震重要度分類

被告は、設計基準対象施設（原子力発電所の安全設計の基本となる施設で、新規制基準において「運転時の異常な過渡変化<sup>93</sup>又は設計基準事故<sup>94</sup>の発生を防止し、又はこれらの拡大を防止するために必要となるもの」（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（以下「設置許可基準規則」という。）2条2項7号）と定義された施設）について、Sクラス、Bクラス及びCクラスにそれぞれ分類（耐震重要度分類）を行っている。このSクラス、Bクラス及びCクラスという耐震重要度分類について、新規制基準では、Sクラスの施設として、津波防護施設、浸水防止設備等（福島第一原子力発電所事故を踏まえて津波による浸水対策のために設けた水密扉、貫通部の止水措置等）が加わっているものの、改訂後の耐震設計審査指針における分類と同様に、基本的には、それぞれ本件3号機建設時に分類したAクラス（Asクラスを含む）、Bクラス及びCクラスに相当するものである。すなわち、本件3号機においてSクラスに分類した施設は、いわゆる安全上重要な施設に位置付けられるもので、Sクラスの施設の耐震安全性を確保することができれば、原子炉を「止める」「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」と

<sup>93</sup> 通常運転時に予想される機械又は器具の单一の故障若しくはその誤作動又は運転員の單一の誤操作及びこれらと類似の頻度で発生すると予想される外乱によって発生する異常な状態であって、当該状態が継続した場合には発電用原子炉の炉心又は原子炉冷却材圧力バウンダリの著しい損傷が生ずるおそれがあるものとして安全設計上想定すべきもの（設置許可基準規則2条2項3号）

<sup>94</sup> 発生頻度が運転時の異常な過渡変化より低い異常な状態であって、当該状態が発生した場合には発電用原子炉施設から多量の放射性物質が放出するおそれがあるものとして安全設計上想定すべきもの（設置許可基準規則2条2項4号）

いう安全機能を維持することができる。このため、Sクラスの施設について、基準地震動  $S_s$  による地震力に対する耐震性を持たせることにより、本件 3号機の高い耐震安全性を確保しているのである。

b 耐震設計に用いた地震力

Sクラスの施設は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して、安全機能を維持するとともに、弾性設計用地震動  $S_d$ （基準地震動  $S_s$  に 0.5 を下回らない係数を乗じて設定するもの）による地震力又は建築基準法の 3 倍（機器・配管系はさらにその 1.2 倍）の静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対して、おおむね弾性状態に留まる範囲で耐えられるもの（弾性設計）としている（乙ヨ 44）。このように弾性設計を行うことにより、耐震安全上の余裕が生まれる（後記工参照）。

(イ) 基準地震動  $S_s$  に対する耐震安全性について

被告は、基準地震動  $S_s$  の評価対象となる設備、新たに設置する設備等、工事計画認可申請の対象となる設備について、上記耐震設計方針に従って耐震安全性評価を行い、本件 3号機が耐震安全性を有していることを確認した。

以下では、原子力発電所の安全性を確保する上で最も重要な S クラスの施設が基準地震動  $S_s$  に対する耐震安全性を有すること、すなわち、本件 3号機が耐震安全性を確保していることについて、対象となる施設を建物・構築物及び機器・配管系とに分けて説明する。

なお、被告は、基準地震動  $S_s$  として 11 通りの地震動を策定しているが（上記(3)工参照）、これら全てに対する、S クラス施設の耐

震安全性を評価している。また、評価対象となる設備は膨大なものであるため、評価結果については、建物・構築物及び機器・配管系それぞれの代表的な設備等を例示しているが、当然ながら、評価対象全ての施設が必要な耐震安全性を確保していることを確認しており、本書面において具体的に数値を示していないからといって、当該施設が耐震安全性を有していないわけではない。

#### a 建物・構築物

##### (評価の方法)

原子力発電所の耐震安全性評価においては、基準地震動 S s に対する応答性状を適切に反映するモデルを設定する必要がある。一般的には、建物・構築物の重量分布を各階とも床面に集中させ、部位の剛性や減衰などを考慮した質点系モデル(その形状から「串団子モデル」とも呼ばれる。)が使われている。一つの質点で表すモデルを単質点モデルといい、複数の質点で表す質点系モデルを多質点モデルという。(図 6 2)

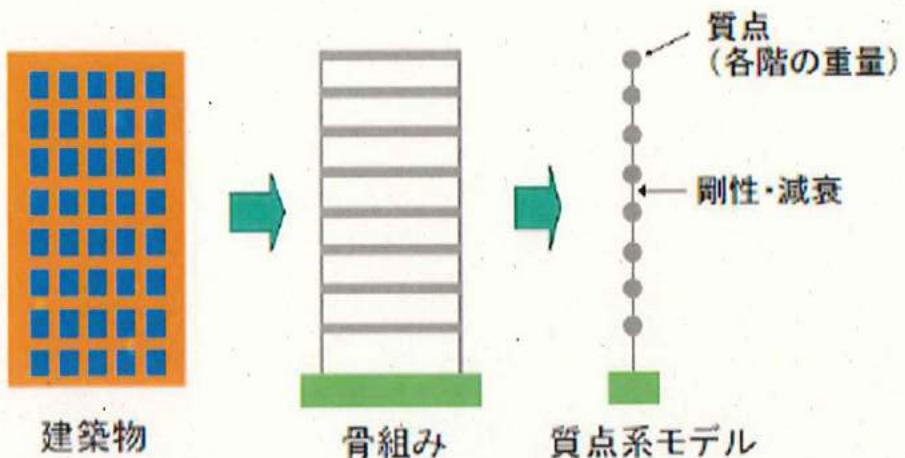


図 6.2 建築物のモデル化の例（質点系モデル）

次に、建物・構築物のモデルに地震波（地震力）を入力し、そのモデルがどのように揺れるか、どのような力が働くかなどについて解析（地震応答解析）を行う。そして、モデルの各階に働く力・変形を基に、建物・構築物の各部材（壁、柱、梁等）を評価する。

ちなみに、基準地震動 S s は、様々な周期の地震波を含んでおり（つまり、様々な周期特性を有しており）、建物・構築物の固有周期によって、揺れの大きさが大きく異なる。例えば、図 6.3 の固有周期 0.1 秒の建物の場合、基準地震動 S s - 1 に対して 1700 ガル程度の応答（揺れ）であるのに対し、固有周期 1 秒の建物の場合、700 ガル程度の応答（揺れ）となる。

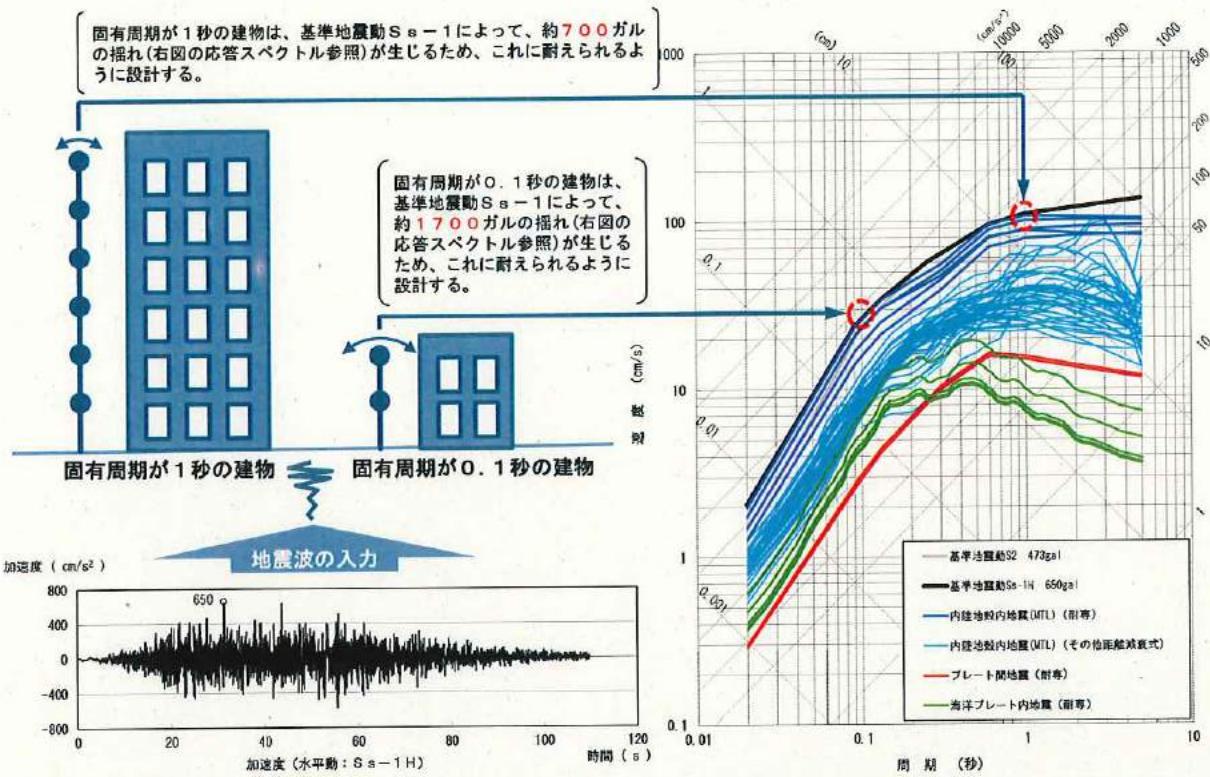


図 6-3 基準地震動  $S_{s-1}$  と建物の応答・耐震設計のイメージ

本件 3 号機においても、基準地震動  $S_s$  による評価対象の建物・構築物をモデル化し、基準地震動  $S_s$  を当該モデルに入力して、基準地震動  $S_s$  に対する地震応答解析を行った（原子炉建屋の地震応答解析モデル（質点系モデル）を図 6-4 に例示する。）。

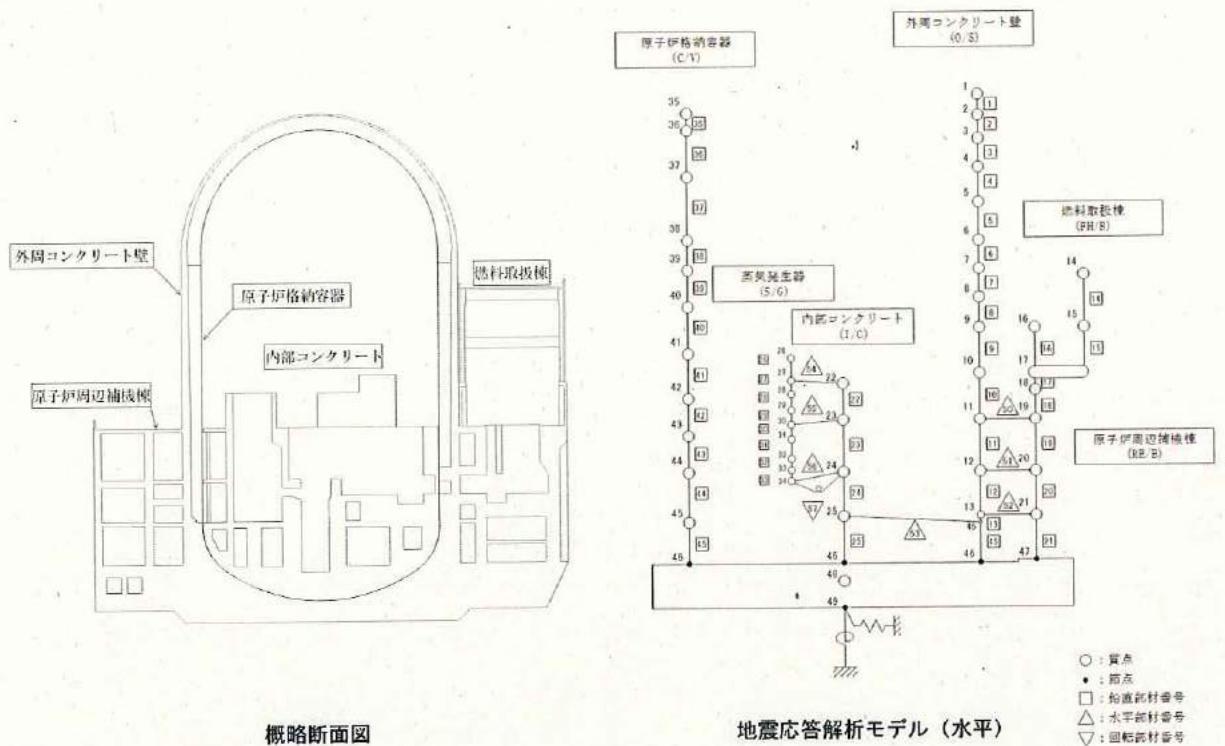


図 6-4 本件 3 号機の原子炉建屋の地震応答解析モデル（質点系モデル）

そして、上記解析により、モデルの各層の鉄筋コンクリート造耐震壁のせん断ひずみの最大値を評価し、この最大値（評価値）が評価基準値を超えないこと、すなわち、基準地震動 S s に対する耐震安全性を有していることを確認した。

せん断ひずみは、せん断力（ずれを生じさせる力）によって変形（せん断変形）する際の変形の割合のことをいい、耐震壁の場合、地震動によって生じるせん断変形（図 6-5 の b）を耐震壁の高さ（図 6-5 の a）で除することで求められる。評価基準値は、原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1）（乙ヨ46）に基づき、既往の実験結果のバラツキも考慮して評価した鉄筋コンクリート造耐震壁の終局せん断ひずみ ( $4.0 \times 10^{-3}$ ) に余

裕を持たせて、より厳しい値となる  $2.0 \times 10^{-3}$  と設定した。

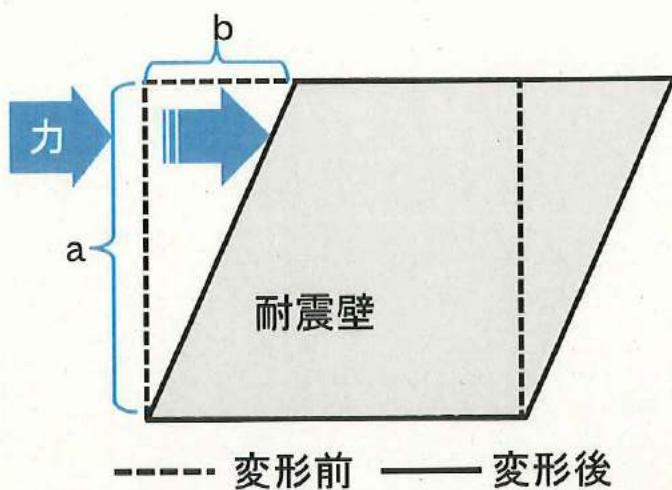


図 6 5 せん断ひずみのイメージ

#### (評価結果)

本件 3 号機の安全上重要な建物・構築物のうち、代表的な施設として原子炉建屋及び原子炉補助建屋について、基準地震動 S s の地震応答解析による耐震安全性評価結果を表 1 1 に示す（乙ヨ 47, 乙ヨ 48）。表中の評価値の欄には、基準地震動 S s による各層の耐震壁のせん断ひずみのうちの最大値を記載している。本件 3 号機の原子炉建屋及び原子炉補助建屋のせん断ひずみの最大値はいずれも評価基準値を下回っており、本件 3 号機の各建屋は基準地震動 S s に対する耐震安全性を有している。

表 1.1 原子炉建屋及び原子炉補助建屋の耐震安全性評価結果（本件 3 号機）

評価対象	評価部位	評価値		評価基準値
		旧 S s *	新 S s *	
原子炉建屋	耐震壁	$0.63 \times 10^{-3}$	$0.65 \times 10^{-3}$	$2.0 \times 10^{-3}$
原子炉補助建屋	耐震壁	$0.84 \times 10^{-3}$	$1.01 \times 10^{-3}$	

\* 「新 S s」の欄は、新たに策定した基準地震動 S s（最大加速度 650 ガル）に対する評価値を記載し、「旧 S s」の欄は「新 S s」策定以前の基準地震動 S s（最大加速度 570 ガル）（上記(2)ウ(ウ)c 参照）に対する評価値を記載。

### b 機器・配管系

#### (評価の方法)

機器・配管系の耐震安全性評価にあたっては、建物・構築物について構築したモデルに基準地震動 S s を入力し、それぞれの建屋の各階の揺れを求める（図 6.6）。

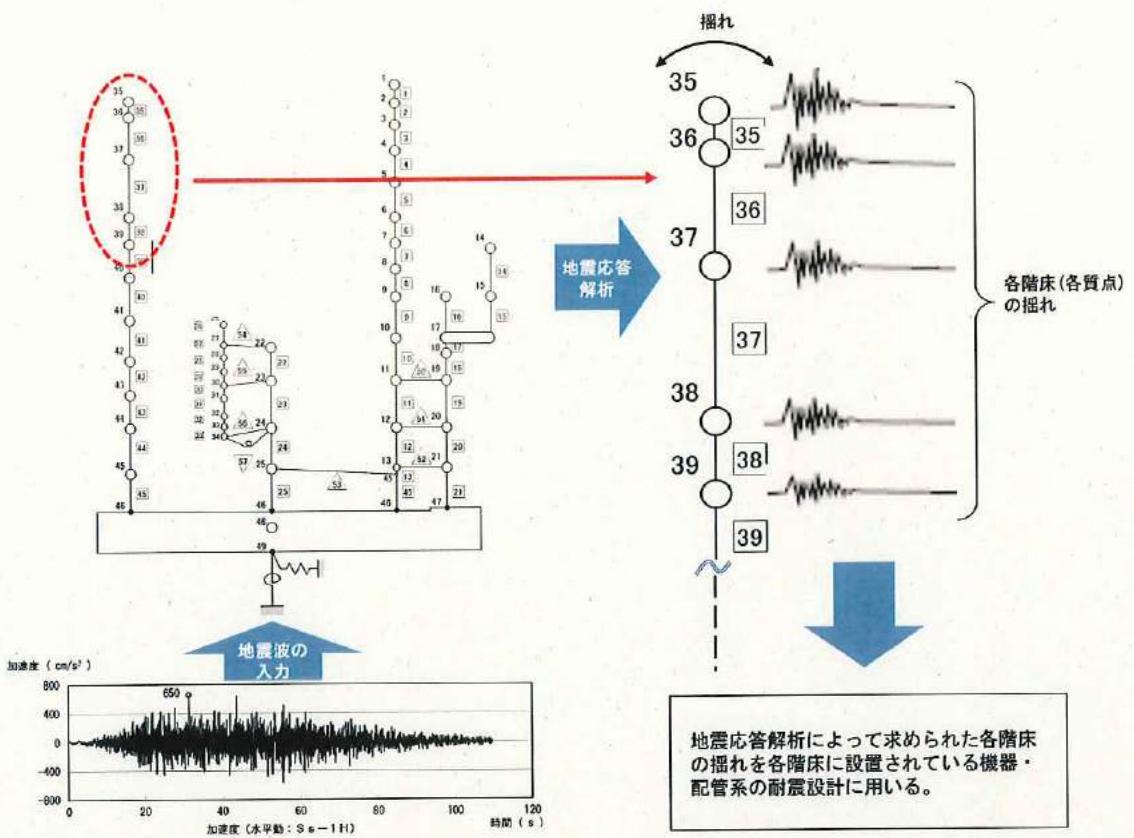


図 6.6 機器・配管系の地震動評価に用いる建屋床面の地震応答のイメージ

次に、この各階の揺れ（床応答波）を基に、当該各床に設置している機器・配管系（の本体や床に固定するためのボルト等の支持構造物）に生じる応力等（評価値）を求め、これを材料ごとに規格（J E A G 4 6 0 1 及び発電用原子力設備規格設計・建設規格（J S M E S N C 1））を基に設定した評価基準値と比較し、評価値が評価基準値を超えないことをもって、機器・配管系の耐震安全性を確認した。そして、動的機器（弁、ポンプ等）については、試験又は解析によって動作することが確認されている加速度と基準地震動  $S_s$  がもたらす加速度との比較によって、機能が維持できることも確認した。また、制御棒の挿入性について、安

全解析<sup>95</sup>の際に条件として用いた原子炉内への挿入時間（2.5秒）を評価基準値とし、基準地震動 S s による地震力が作用しても当該時間以内に挿入されることを確認した。

#### (評価結果)

本件 3 号機の安全上重要な機器・配管系について、その代表的な設備の評価結果を表 1-2 に示す。評価値は、いずれも評価基準値を下回っており、本件 3 号機の安全上重要な機器・配管系は基準地震動 S s に対して耐震安全性を有している（乙ヨ 4-9～乙ヨ 5-6、乙ヨ 4-5（3～6 頁））。

---

<sup>95</sup> 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故を想定した解析評価

表12 代表的な機器・配管系の耐震安全性評価結果（本件3号機）

対象機器	評価部位	単位	評価値		評価基準値 <sup>※2</sup>
			旧Ss <sup>※1</sup>	新Ss <sup>※1</sup>	
炉内構造物	ラジアルサポート	応力 [MPa]	217	307	372
制御棒 (挿入性)	—	時間 [秒]	2.21	2.39	2.50
蒸気発生器	管台	応力 [MPa]	257	270	413
一次冷却材管	管台	応力 [MPa]	170	171	383
余熱除去 ポンプ	ボルト	応力 [MPa]	21	25	210
余熱除去 設備配管	配管本体	応力 [MPa]	167	159	旧Ss:401 新Ss:361
原子炉容器	管台	応力 [MPa]	264	289	422
原子炉 格納容器本体	胴部	座屈	0.88	0.91	1.0

※1 「新Ss」の欄は、新たに策定した基準地震動Ss（最大加速度650ガル）に対する評価値を記載し、「旧Ss」の欄は「新Ss」策定以前の基準地震動Ss（最大加速度570ガル）に対する評価値を記載。

※2 余熱除去設備配管の評価基準値については、旧Ssと新Ssとで評価結果が厳しくなる部位が異なっているため、それぞれの評価基準値を記載。

#### (ウ) 耐震安全性向上工事の実施について

基準地震動Ssが従来よりも大きくなった場合、施設の性状等によって程度の大小はあるものの、一般的には評価値が大きくなると考えられるため、施設の耐震性が同じであれば、従来の評価結果と比較して耐震安全上の余裕（詳しくは後記工で述べる。）は低下することになる。

本件 3 号機においては、従来から適切に耐震安全上の余裕を確保しているため、耐震安全上の余裕が多少低下したとしても耐震安全性が損なわれるわけではないが、引き続き、適切に耐震安全上の余裕を確保し、高いレベルでの耐震安全性を確保するため、被告は、一部の設備について、耐震安全性向上工事を実施した（乙ヨ 57）。

耐震安全性向上工事は、本件 3 号機の主要設備の 681 か所において、機器・配管系の支持構造物の追加設置又は強度の高いものの取替え、基礎の拡張及び取付ボルトの追加設置等を行い（図 67），平成 27 年 9 月までに当該工事を完了した。

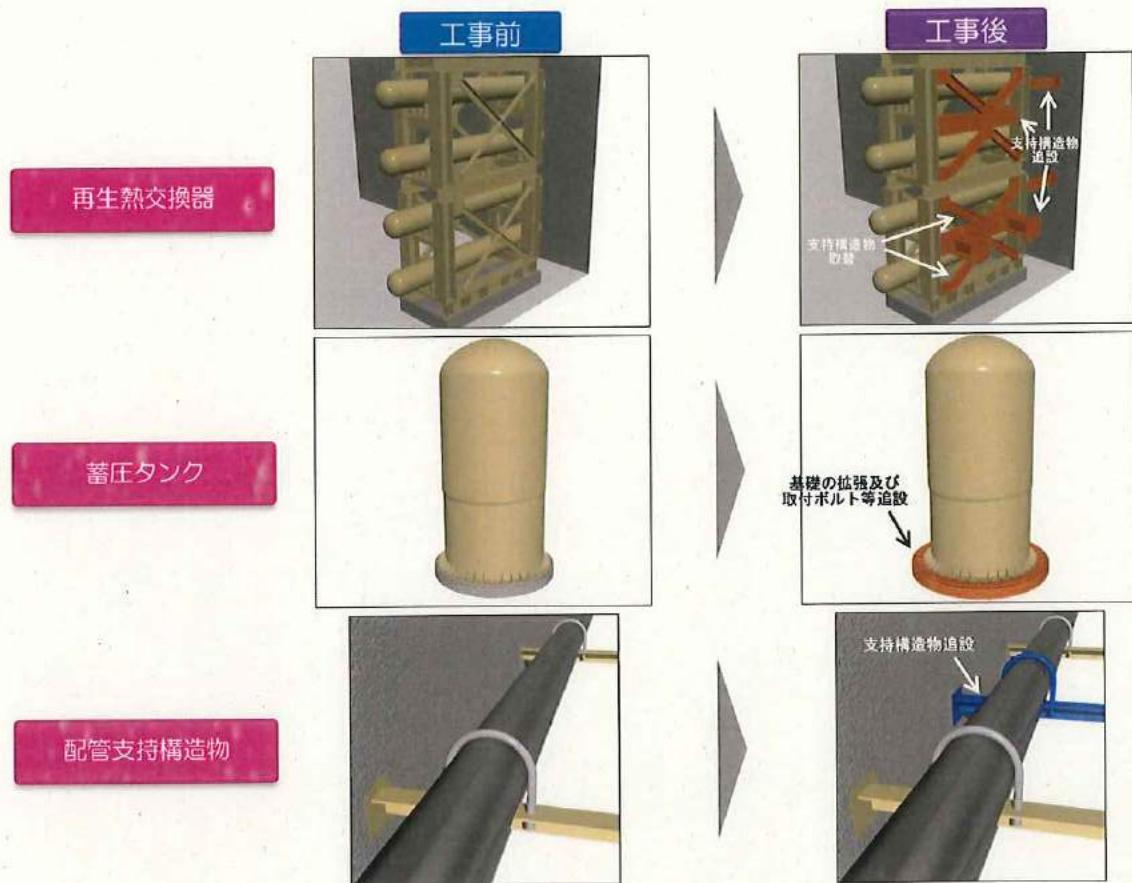


図 6-7 耐震安全性向上工事の実施例

(工) S クラス以外の施設の基準地震動  $S_s$  に対する耐震安全性について

新規制基準では、①重大事故等対処施設（新規制基準において「重大事故に至るおそれがある事故（運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故を除く。以下同じ。）又は重大事故（以下「重大事故等」と総称する。）に対処するための機能を有する施設」（設置許可基準規則 2 条 2 項 11 号）と定義された施設）の耐震安全性に係る要求が追加されるとともに、②波及的影響を及ぼすおそれのある、S クラスの施設及び常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和

設備が設置される重大事故等対処施設以外の施設（以下「下位クラス施設」という。常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備については、下記表1-3を参照）の対象が拡充されている。

①については、重大事故等対処施設として新たに設置した設備のみを対象とするものではなく、例えばSクラス施設が機能を喪失した場合に発生する重大事故等に対処するために、従来から備えられているBクラスの設備を当該Sクラス施設の代替施設として使用することも想定しており、当該Bクラスの設備にSクラスと同じく基準地震動S<sub>s</sub>への耐震安全性が求められている。また、②については、例えばCクラスの施設が基準地震動S<sub>s</sub>によって倒壊し、隣接するSクラスの施設の安全機能を毀損させることのないよう当該Cクラスの施設について基準地震動S<sub>s</sub>に対する耐震安全性の確認が求められている。これは、耐震設計審査指針においても考慮が求められていたもの（重大事故等対処施設に係る考慮は除く。）であるが、新規制基準では、より明確に、波及的影響として考慮すべき事項が示されており、その結果、基準地震動S<sub>s</sub>による評価の対象となる施設の範囲が広がっている。

以下、本件3号機における、重大事故等対処施設及び波及的影響を考慮すべき下位クラス施設の基準地震動S<sub>s</sub>に対する耐震安全性について述べる。

#### a 重大事故等対処施設の耐震安全性

重大事故等対処施設についても、設計基準対象施設と同様に、施設の各設備が有する重大事故等に対処するために必要な機能及び設置状態を踏まえた分類を行った上で、分類ごとに必要な耐震

安全性を確保している。まず、重大事故等対処設備を常設重大事故等対処設備と可搬型重大事故等対処設備に分類し、このうち、常設重大事故等対処設備を常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類した。さらに、常設重大事故防止設備を常設耐震重要重大事故防止設備及び常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備に分類した。（表1-3）

表13 重大事故等対処設備の分類について

設備分類		定義
重大事故等対処設備	可搬型重大事故等対処設備	重大事故等対処設備 <sup>※1</sup> のうち可搬型のもの (設置許可基準規則43条2項)
	常設重大事故等対処設備	重大事故等対処設備のうち常設のもの (設置許可基準規則43条2項)
	常設重大事故防止設備	重大事故防止設備 <sup>※2</sup> のうち常設のもの (設置許可基準規則38条1項1号)
	常設耐震重要重大事故防止設備	常設重大事故防止設備であって、耐震重要施設に属する設計基準事故対処設備 <sup>※3</sup> が有する機能を代替するもの (設置許可基準規則38条1項1号)
	常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備	—
	常設重大事故緩和設備	重大事故緩和設備 <sup>※4</sup> のうち常設のもの (設置許可基準規則38条1項3号)

※1 重大事故等対処設備：重大事故等に対処するための機能を有する設備（設置許可基準規則2条2項14号）

※2 重大事故防止設備：重大事故等対処設備のうち、重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合であって、設計基準事故対処設備の安全機能又は使用済燃料貯蔵槽の冷却機能若しくは注水機能が喪失した場合において、その喪失した機能（重大事故に至るおそれがある事故に対処するために必要な機能に限る。）を代替することにより重大事故の発生を防止する機能を有する設備（設置許可基準規則2条2項15号）

※3 設計基準事故に対処するための安全機能を有する設備（設置許可基準規則2条2項13号）

※4 重大事故緩和設備：重大事故等対処設備のうち、重大事故が発生した場合において、当該重大事故の拡大を防止し、又はその影響を緩和するための機能を有する設備（設置許可基準規則2条2項16号）

そして、常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設については、基準地震動S

s による地震力に対して必要な機能が損なわれるおそれのない設計とし、常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備が設置される重大事故等対処施設については、当該設備が代替する機能を有する設計基準事故対処設備の耐震重要度分類のクラスに適用される地震力に十分に耐えることができる設計とした（乙ヨ44、乙ヨ45（26～31頁））。

例えば、緊急時対策所は、Cクラスであるが、常設重大事故緩和設備に該当するため、基準地震動 S s に対する耐震安全性を有している（乙ヨ58）。

可搬型重大事故等対処設備については、車両型設備、ポンベ設備等の転倒評価、構造強度評価等の評価を実施し、基準地震動 S s によって重大事故等に対処するための機能を損なわないことを確認している（乙ヨ59、乙ヨ60）。

また、被告は、重大事故等対処設備が、設計基準事故対処設備の安全機能等と、環境条件、地震、津波その他の自然現象等による共通要因によって、同時にその機能が損なわれることのないよう可能な限り、多様性、独立性及び位置的分散を考慮して適切な措置を講じ、高い信頼性を確保している。例えば、屋外に保管するポンプ車や電源車は、少なくとも 2 セットは原子炉建屋から 100 m 以上の離隔距離を確保して保管するとともに、代替する設計基準事故対処設備が屋外設置の場合には当該設備から 100 m 以上の離隔を確保している。（乙ヨ11（8-1-21～8-1-24）、乙ヨ13（276 頁以下））

#### b 波及的影響の考慮

新規制基準は、Sクラスの施設及び常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設（以下、本書面においてこれらの施設を「上位クラス施設」という。）は、下位クラス施設の波及的影響によって、それぞれの安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれることのないよう求めている（設置許可基準規則4条3項、同39条1項1号及び3号並びに設置許可基準規則の解釈（乙ヨ68）別記2の6）。被告は、①設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下による影響、②上位クラス施設と下位クラス施設との接続部における相互影響、③建屋内における下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等による上位クラス施設への影響、④建屋外における下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等による上位クラス施設への影響、の4つの観点から調査、検討等を行い、波及的影響によって、上位クラス施設の安全機能又は重大事故等に対処するために必要な機能を損なわないように設計を行うべき施設を選定し、基準地震動Ssに対する耐震安全性を確保した。（乙ヨ45（5頁、29～30頁））

例えば、上記①の観点から、波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設として選定したタービン建屋が、上位クラス施設である原子炉建屋及び原子炉補助建屋に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。具体的には、基準地震動Ssに対する地震応答解析を行い、タービン建屋と隣接する上位クラス施設の原子炉建屋及び原子炉補助建屋との相対変位がタービン建屋と原子炉建屋及び原子炉補助建屋との離隔を超えて接触すること、つまり

り、地震動で隣接する建屋同士が揺れて衝突することによって、原子炉建屋及び原子炉補助建屋の機能が損なわれないことを確認するとともに、タービン建屋が崩壊に至らないことを確認した(乙ヨ61)。ちなみに、タービン建屋は、原子炉建屋及び原子炉補助建屋と同じ堅固な基礎地盤に直接支持させており、地盤の不等沈下による波及的影響を及ぼすことはない（基礎地盤の健全性については上記第7の1(3)参照）。

## エ 耐震安全上の余裕

上記(2)で述べたように、本件発電所が、その建設以降も、最新の知見等を踏まえた検討・評価を行い、その結果、設計時よりも大きな地震動に対する耐震安全性の評価を行うことになった場合でも、引き続き耐震安全性を有していることを確認することができるは、設計及び建設時において耐震安全上の余裕を十分確保するとともに、これを向上させるための対策を講じてきたからである。

以下では、被告が、本件発電所の耐震安全上の余裕をどのように確保してきたかについて述べる。

### (ア) 弹性設計による余裕

被告は、本件発電所の建設にあたっては、本件1・2号機は設計地震動に対して、本件3号機は基準地震動S1に対して、安全上重要な施設に発生する応力及び変形量が弾性範囲内（荷重が加わって損傷しないだけでなく、変形しても、荷重を除去した後は変形を残さずに元に戻る範囲）に収まるよう本件発電所を設計した（これを弾性設計という。なお、当然ながら、設計地震動又は基準地震動S1を超える地震動が発生したとしても、施設に生じる応力が弾性範

囲内であれば、変形を残さずに元の形に戻ることができる。)。一般に、原子炉建屋の弾性限界と機能維持限界の間には概ね2倍以上の裕度があるとされている(乙ヨ46)など、弾性限界を超えて、荷重を除去しても元の形に戻らない塑性領域に入った場合でも、破壊・破断が生じて要求される安全機能を失う(機能維持限界)までにはさらに余裕が存在することから、適切に耐震設計の基準となる地震動を設定し、これに基づく弾性設計を行うことにより、自ずと大きな耐震安全上の余裕を有することになるのである(この余裕の存在は、建設時には本件1・2号機について安全余裕検討用地震動により、また、本件3号機の建設時には基準地震動S2により評価・確認している。)。

#### (イ) 耐震設計の過程で生まれる余裕

a 耐震設計を行う過程においても、耐震安全上の余裕が生まれる。評価値を算定する際には、計算結果が保守的となるよう計算条件を設定している。例えば、機器・配管系の耐震安全性評価では、機器・配管系を設置している各階床の揺れ(床応答波)を用いるが(上記イ(イ)b), 評価に用いる床応答波から応答スペクトル(設計用床応答スペクトル)を作成する際には、得られた床応答スペクトルをそのまま用いるわけではなく、周期軸方向に±10%拡幅することにより余裕を与えて設定する(図68, 乙ヨ62)。

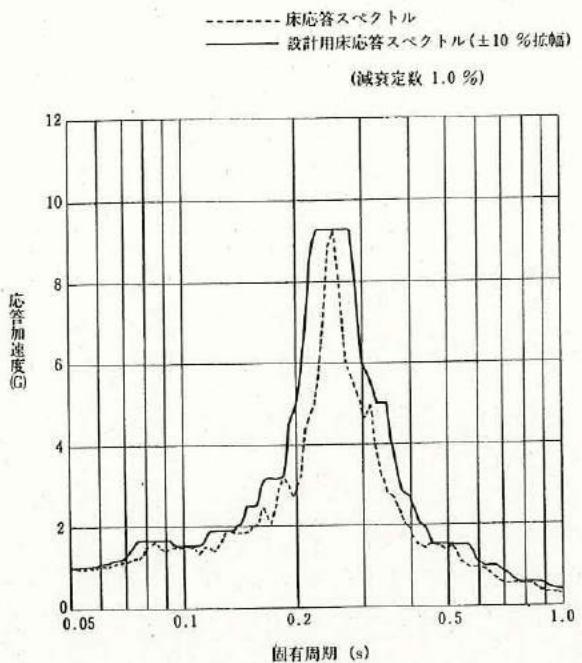


図 6.8 設計用床応答スペクトルの例

また、耐震設計における施設に係る応力を解析するにあたり、モデルに入力する施設の各位置に対する地震力について、地震応答解析において求められた動的地震力の最大値を静的地震力として用いる際には、大きな発生値が算定され、余裕が生じる。これは、実際の地震力は、時々刻々と変化する動的地震力であるのに對し、静的に用いることで構造物にほんの一瞬作用するだけの動的地震力の最大値が変化せず、一定の力で作用し続けると仮定するものであり、このような仮定は安全側の余裕を生じさせる。

b また、耐震設計を行う際、基準地震動等を用いて解析を行い、その解析において算定された評価値を基に設計を行うことになるが、その際、設計上の評価値とこの評価基準値とをぴたりと一致するように設計するのではなく（それ自体困難である。）、評価値

が評価基準値を下回るよう設計する。したがって、評価値と評価基準値との間には必ず差が生じることになる。この差も耐震安全上の余裕となる。例えば、上記表12によると、評価基準値と評価値との間の倍率が、蒸気発生器（管台）については約1.5倍、余熱除去ポンプ（ボルト）については約8.4倍、原子炉容器（管台）については約1.5倍、原子炉格納容器本体（胴部）については約1.1倍などとなっており、各設備の評価値が評価基準値に対して十分に余裕を有していることが確認できる。ちなみに、上記a及び下記cのように、評価値や評価基準値も余裕を持って設定しているため、実際には表12の数値から読み取れる以上の余裕が存在することになる。

c 耐震設計時の判定の基準となる評価基準値も、機能維持限界値に対して十分余裕を持った値を設定することなどにより余裕を生じさせている。例えば、本件3号機の建物・構築物に係る耐震安全性評価において、鉄筋コンクリート造耐震壁の評価基準値は、原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1）に基づき、終局せん断ひずみ（ $4.0 \times 10^{-3}$ ）に対して、2倍の余裕を持たせて、より厳しい値となる $2.0 \times 10^{-3}$ と設定している（上記イ(イ)a、乙ヨ63）。

#### (ウ) 耐震設計以外の設計から生まれる余裕

原子力発電所は、地震動の影響のみではなく、自重、内圧及び熱荷重に加え、事故時の荷重に対する強度設計、放射線防護の観点から行われる遮へい設計、回転機器の振動防止対策等の様々な要素を考慮した上で、そのうちで最も厳しい条件を満足するように余裕を

もった設計を行っている（乙ヨ18（8-1-5頁），乙ヨ20（8-1-7頁，8-11-1頁））。これらの設計，製作及び施工の各段階において，必要とされる強度を上回るよう材料の強度，寸法等に余裕を持たせており，出来上がったものは相応の実力を有している。

そして，耐震設計において，地震荷重に，自重，内圧及び熱荷重，さらには事故時の荷重を組み合わせて強度設計を行っており（乙ヨ18（8-1-60～8-1-61頁），乙ヨ20（8-1-7頁，8-1-111～8-1-114頁）），これによつても耐震上の余裕が生まれる。

#### (工) 耐震安全上の余裕

上記（ア）～（ウ）のとおり，本件発電所においては，様々な要因から耐震安全上の余裕，すなわち，①地震動によって現実に設備等に働く力と評価値との間の余裕（計算条件の余裕），②評価値と評価基準値との間の余裕，③評価基準値と機能維持限界値との間の余裕が生じている（図69）。