



平成28年(㉔)第28号

債権者 [REDACTED] 外2名

債務者 四国電力株式会社

平成28年4月25日

答 弁 書

広島地方裁判所民事第4部 御中

〒760-0026 高松市磨屋町7番地5

田代法律事務所

電 話 087-822-6099

F A X 087-822-6069

債務者訴訟代理人弁護士 田 代



〒760-0026 高松市磨屋町6番地5

のぞみビル2階

弁護士法人のぞみ総合法律事務所

電 話 087-811-0177

F A X 087-811-0166

債務者訴訟代理人弁護士 兼 光 弘



同弁護士 松 繁



〒730-0041 広島市中区小町4番33号

中国電力1号館内

川本賢一法律事務所

電話 082-544-2744

FAX 082-544-2744

債務者訴訟代理人弁護士 川 本 賢



〒730-8701 広島市中区小町4番33号

中国電力株式会社

電話 050-8202-2996

FAX 082-544-2747

債務者訴訟代理人弁護士 水 野 絵 里 奈



〒730-0012 広島市中区八丁堀4番1号

アーバンビューグランドタワー10階

弁護士法人あすか 広島事務所 (送達場所)

電話 082-227-7145

FAX 082-227-7146

債務者訴訟代理人弁護士 福 田



目次

申立ての趣旨に対する答弁.....	1
債務者の主張.....	1
第1 はじめに.....	1
第2 差止請求の要件及び判断枠組みについて.....	3
1 人格権に基づく差止請求の要件として「具体的危険性」の存在 が必要であること.....	3
2 科学技術の利用に関する基本的な理念と原子力裁判における具 体的危険性の判断の枠組み.....	5
3 「具体的危険性」の有無の判断において、科学的・専門技術的 知見を踏まえることは不可欠であること.....	8
4 人格権侵害の具体的危険性の存在及び保全の必要性についての 主張疎明責任を債権者らが負うこと.....	9
第3 債務者及び本件発電所.....	12
1 債務者.....	12
2 本件発電所.....	13
(1) 本件発電所の概要.....	13
(2) 本件発電所の設置の経緯等.....	15
ア 本件1・2号機.....	15
イ 本件3号機.....	16
第4 本件発電所の必要性.....	16
1 原子力発電の必要性.....	16
(1) 原子力発電の特長.....	17
ア エネルギーの供給安定性.....	17

イ	経済性及び価格安定性	18
ウ	地球温暖化問題への対応（環境性）	18
(2)	エネルギー政策における位置付け	19
(3)	原子力発電所の停止による影響	20
ア	エネルギーの供給安定性への影響	20
イ	経済性及び価格安定性への影響	21
ウ	環境性への影響	22
2	本件3号機の運転の必要性	23
(1)	安定供給等への対応	23
(2)	債務者の事業への影響	25
(3)	環境性への影響	25
(4)	まとめ	26
第5	原子力発電の仕組み及び本件3号機の設備	26
1	原子力発電の仕組み	26
(1)	核分裂の仕組み	26
(2)	原子力発電の仕組み	28
(3)	原子炉の種類	29
2	本件3号機の設備の基本構成	31
(1)	原子炉	32
ア	原子炉容器	33
イ	燃料集合体	34
ウ	制御材	35
(ア)	ホウ素	35
(イ)	制御棒	36

(2) 一次冷却設備	38
ア 加圧器	39
イ 蒸気発生器	40
ウ 一次冷却材ポンプ	42
(3) 二次冷却設備	42
ア 主蒸気逃がし弁	42
イ タービン	42
ウ 復水器	42
エ 主給水ポンプ	43
オ 補助給水設備	43
(4) 電気設備	44
ア 発電機	44
イ 外部電源	45
ウ 非常用ディーゼル発電機	46
エ 直流電源設備	46
(5) 工学的安全施設	47
ア 原子炉格納施設	47
イ 非常用炉心冷却設備 (ECCS)	48
ウ 原子炉格納容器スプレイ設備	49
エ アニュラス空気再循環設備	50
(6) 使用済燃料ピット	51
第6 安全確保の考え方について	53
第7 自然的立地条件に係る安全性について	55
1 地盤に係る安全性	56

(1) 敷地周辺地域の地質環境が基礎地盤の安定性を損なうもので はないことについて.....	57
ア 陸域の地質が安定していること	57
イ 海域の中央構造線が本件発電所敷地の地盤の安定性を損な わないこと.....	59
(2) 敷地の地盤において本件3号機の安全上重要な設備に損傷を 与えるような変位等が生じないことについて.....	60
ア 本件発電所敷地の地盤が安定していること	60
イ 敷地内断層は変位を生じさせるものではないこと.....	62
(3) 基礎地盤が十分な地耐力を有することについて.....	65
ア 十分な支持力を有すること	67
イ すべり安全性（せん断抵抗力）を有すること.....	67
ウ 地盤の沈下及び傾斜に対する安全性(変形に対する抵抗力) を確保していること.....	68
(4) 基準地震動 S_s による地震力に対する本件3号機の周辺斜面 の安定性.....	69
2 地震に係る安全性.....	71
(1) 地震及び地震動について.....	73
ア 「地震」と「地震動」との違いについて.....	73
イ 地震の仕組み.....	74
ウ 断層運動とその種類.....	75
エ 地震の分類.....	77
(ア)プレート間地震.....	77
(イ)内陸地殻内地震.....	78

(ウ) 海洋プレート内地震.....	79
オ 地震動に影響を与える特性	79
カ 加速度時刻歴波形と応答スペクトル	81
(2) 地震動評価手法の発展及びそれを踏まえた債務者の対応につ いて.....	85
ア 耐震設計審査指針策定以前（本件1・2号機建設時）の評 価.....	86
(ア) 耐震設計審査指針策定以前の原子力発電所における地 震動評価手法について	86
(イ) 本件1・2号機建設時の耐震設計において基準とした地 震動.....	87
イ 耐震設計審査指針制定後の評価	89
(ア) 耐震設計審査指針制定後の原子力発電所における地震 動評価手法について.....	89
a 活断層による地震の考慮	89
b 地震地体構造による地震の考慮	90
c 直下地震の考慮.....	91
d 応答スペクトルに基づく地震動評価手法の採用	92
(イ) 本件3号機建設時の耐震設計において基準とした地震 動.....	93
a 設計上想定すべき地震の選定	95
b 設計用最強地震及び設計用限界地震の選定	97
c 基準地震動の策定.....	98
ウ 耐震設計審査指針の改訂後の評価	99

(ア) 1995年兵庫県南部地震を契機とした知見の蓄積と 地震動評価手法の発展について	99
(イ) 耐震設計審査指針の改訂	104
a 基準地震動の一本化	104
b 「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」の策定	105
c 「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」の実施	107
d 「不確かさ」の考慮	108
e 「残余のリスク」の認識	108
(ウ) 平成18年の耐震設計審査指針の改訂を踏まえた債務 者の対応	109
a 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	111
b 震源を特定せず策定する地震動	114
c 基準地震動 S_s の策定と耐震安全性の確認	114
(エ) 原子力発電所の地震観測記録から得られた知見の反映	115
エ 新規制基準制定後の評価	118
(ア) 新規制基準の制定	118
(イ) 新規制基準の制定に伴う債務者の対応	119
(3) 新規制基準の制定後に実施した地震動評価及び基準地震動の 策定	119
ア 基準地震動策定の流れ	119
イ 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	121
(ア) 検討用地震の候補とする地震の選定	121

a	被害地震の調査.....	121
b	国の機関等による知見.....	122
c	敷地周辺の地震発生様式及び地震発生状況.....	127
d	活断層の分布状況.....	128
	(地質境界としての中央構造線).....	129
	(活断層としての中央構造線).....	132
e	地震の分類.....	136
(イ)	検討用地震の選定.....	138
(ウ)	地震動評価のための敷地地盤の評価.....	143
a	地震観測記録を用いた評価.....	143
b	深部ボーリング等による評価.....	144
	(地質構造).....	146
	(速度構造).....	146
c	解放基盤表面の設定.....	149
(エ)	地震動評価.....	149
a	内陸地殻内地震.....	151
	(基本震源モデル).....	151
	(不確かさの考慮).....	152
	(応答スペクトルに基づく地震動評価).....	159
	(断層モデルを用いた手法による地震動評価).....	160
b	海洋プレート内地震.....	162
	(基本震源モデル).....	162
	(不確かさの考慮).....	162
	(応答スペクトルに基づく地震動評価).....	163

(断層モデルを用いた手法による地震動評価)	163
c プレート間地震	163
(基本震源モデル)	163
(不確かさの考慮)	163
(応答スペクトルに基づく地震動評価)	164
(断層モデルを用いた手法による地震動評価)	164
ウ 震源を特定せず策定する地震動	164
(ア)加藤ほか(2004)の知見	164
(イ)震源近傍の観測記録の収集・検討	165
エ 基準地震動 S_s の策定	171
(ア)敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	171
(イ)震源を特定せず策定する地震動	174
(ウ)基準地震動 S_s の最大加速度	175
オ 基準地震動 S_s の年超過確率	177
(ア)年超過確率の算定方法	177
(イ)年超過確率の算定結果	178
(4) 耐震安全性の確保について	179
ア 本件3号機建設時の耐震設計の基本的な考え方について	179
(ア)耐震設計の基本方針について	179
(イ)重要度分類に応じた耐震設計について	180
イ 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	183
(ア)耐震設計方針について	184
a 耐震重要度分類	184
b 耐震設計に用いた地震力	185

(イ) 基準地震動 S_s に対する耐震安全性について	185
a 建物・構築物	186
(評価の方法)	186
(評価結果)	190
b 機器・配管系	191
(評価の方法)	191
(評価結果)	193
(ウ) 耐震安全性向上工事の実施について	194
(エ) 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	196
a 重大事故等対処施設の耐震安全性	197
b 波及的影響の考慮	200
ウ 耐震安全上の余裕	202
(ア) 弾性設計による余裕	202
(イ) 耐震設計の過程で生まれる余裕	203
(ウ) 耐震設計以外の設計から生まれる余裕	205
(エ) 耐震安全上の余裕	206
(オ) 耐震安全上の余裕に係る評価，実証試験等	207
3 津波に係る安全性	210
(1) 津波が発生する仕組み	211
(2) 本件発電所の建設時における津波に係る安全性の確保	212
(3) 平成18年9月の耐震設計審査指針の改訂を踏まえた津波に 係る安全性の確認	213
(4) 2011年東北地方太平洋沖地震発生後の状況を踏まえた本	

件発電所の津波に係る安全性の確認	214
ア 基準津波の策定.....	215
(ア) 既往津波に関する調査	216
(イ) 津波発生要因の検討（対象津波の選定）と津波評価.....	216
a 海域の活断層による地震に伴う津波の検討	217
b 地すべりに伴う津波の検討	218
c その他要因に伴う津波の検討	220
(ウ) 重畳津波の検討.....	221
(エ) 基準津波の策定方針.....	222
イ 基準津波による影響の評価	222
(ア) 津波による水位上昇に対する安全性	222
(イ) 津波による水位低下に対する安全性	223
4 小括	226
第8 平常運転時の被ばく低減対策について	227
1 平常運転時の放射性物質放出抑制対策	227
(1) 一次冷却材中の放射性物質の抑制	227
ア 燃料の健全性確保（核分裂生成物の放出抑制）	227
イ 一次冷却材の水質管理等（放射化生成物の発生抑制）	228
ウ 原子炉冷却材圧力バウンダリの健全性確保	229
(2) 放射性廃棄物処理設備による処理・管理	229
2 本件発電所における放射性物質の放出管理	230
(1) 本件発電所における放出管理目標値及び線量評価	230
(2) 本件発電所における放射性物質の放出量等の実績	232
3 本件発電所周辺における放射線調査等の結果	236

(1) 環境放射線モニタリング調査の概要	236
(2) 環境放射線モニタリング調査結果	238
第9 事故防止に係る安全確保対策について	242
1 異常発生防止対策	243
(1) 原子炉の安定した運転を維持するための対策	243
ア 自己制御性を有する原子炉の採用	243
イ 原子炉出力等の安定制御	245
ウ 誤作動及び誤操作を防止するシステムの採用	245
(2) 放射性物質を閉じ込める機能を有する設備の健全性確保	246
2 異常拡大防止対策	246
(1) 異常の早期検知	246
(2) 原子炉の停止	247
3 放射性物質異常放出防止対策	250
(1) 原子炉の冷却	250
(2) 放射性物質の閉じ込め	251
第10 福島第一原子力発電所事故後の安全確保対策について	252
1 福島第一原子力発電所事故の概要	253
2 福島第一原子力発電所事故を踏まえた規制要求の強化	254
(1) 新規制基準の制定経緯	254
(2) 新規制基準の概要	256
3 安全確保対策の強化	257
(1) 事故防止に係る安全確保対策の強化	258
ア 自然的立地条件に対する対策の強化	258
イ 火災，溢水等に対する対策の強化	258

ウ	電源設備の強化.....	259
(2)	さらなる安全確保対策について.....	260
ア	原子炉の停止及び冷却.....	260
(ア)	原子炉の停止.....	261
a	原子炉の自動停止機能が喪失する事象の特徴.....	261
b	原子炉の自動停止機能が喪失する事象における炉心 損傷の防止.....	262
(イ)	原子炉の冷却.....	263
a	全交流動力電源が喪失する事象の特徴.....	263
b	全交流動力電源が喪失する事象における炉心損傷の 防止.....	264
c	全交流動力電源が喪失する事象以外の炉心が損傷に 至る可能性がある事象における炉心の冷却.....	266
イ	放射性物質の閉じ込め.....	268
(ア)	原子炉格納容器過圧破損に至る可能性のある事象の特 徴.....	268
(イ)	原子炉格納容器の過圧破損の防止.....	268
(ウ)	原子炉格納容器過圧破損以外の原子炉格納容器が破損 に至る可能性がある現象に対する原子炉格納容器によ る放射性物質の閉じ込め.....	271
第11	本件3号機の安全確保対策に係る実効性確保及び国の確認に ついて.....	272
1	安全確保対策の実効性確保.....	272
(1)	保安管理体制.....	273

(2) 運転管理	273
(3) 保守管理	274
(4) 保安教育	274
(5) 品質保証	274
2 安全確保対策の国による確認	275
(1) 原子力発電所に係る規制の概要	275
ア 原子炉等規制法による規制の概要	275
イ 新規制基準による規制の概要	276
(2) 本件3号機の安全確保対策に係る国の確認	278
第12 原子力防災対策について	279
1 原子力災害対策特別措置法に基づく原子力防災	279
2 福島第一原子力発電所事故を踏まえた原子力防災対策	280
3 伊方地域の緊急時対応	282
第13 まとめ	282
申立ての理由に対する認否	282
第1 「第1 はじめに」について	282
1 「1 福島原発事故の教訓」について	282
2 「2 原発再稼働の動きが加速していること」について	283
3 「3 本申立の目的」について	283
第2 「第2 当事者」について	283
1 「1 債権者ら」について	283
2 「2 債務者」について	283
第3 「第3 伊方原発の概要と原子力発電の仕組み」について	283
第4 「第4 被保全権利」について	283

第5	「第5 司法判断の在り方について」について	284
第6	「第6 伊方原発における過酷事故発生の蓋然性」について	284
1	「1 軽水型原子炉の危険性」について	284
2	「2 伊方原発における過酷事故の蓋然性」について	284
(1)	「(1) はじめに」について	284
(2)	「(2) 地震」について	284
ア	「ア 伊方原発の立地の危険性」について	284
イ	「イ 過去に大地震に見舞われていること」について	285
ウ	「ウ 伊方原発における基準地震動が過小であること」に ついて	286
(ア)	第1及び2段落について	286
a	原子力発電所の敷地周辺の地震発生環境の違い	286
b	原子力発電所の敷地の地下構造の違い	287
c	原子力発電所の解放基盤表面の違い	290
d	まとめ	292
(イ)	第3及び4段落について	293
エ	「エ 我が国の原発は想定を超える地震動に見舞われてき たこと」について	295
(ア)	5つの事例について	296
(イ)	5つの事例のうち当該地点に固有の地域特性による影 響が見られる事例（事例①②③④⑤）	309
(ウ)	5つの事例のうち地震発生様式がプレート間地震であ る事例（事例①④⑤）	312
(エ)	5つの事例のうち「基準地震動S _s 」を超過したもので	

はない事例（事例①②③）	314
(オ) 基準地震動の超過が直ちに原子力発電所の安全性を損 なうものではないことについて	315
(3) 「(3) 津波」について.....	316
(4) 「(4) 土砂災害」について	317
(5) 「(5) 過酷事故の原因となる人為的災害」について.....	317
(6) 「(6) 二次的に発生する事故」について.....	317
第7 「第7 新規制基準と審査方法」について.....	318
1 「1 はじめに」について.....	318
2 「2 設計基準対象施設」について	318
3 「3 重大事故等対処施設」について	319
(1) 「(1) 重大事故等対処施設の耐震性，耐津波性等」について.....	319
(2) 「(2) 可搬型設備」について	319
(3) 「(3) 水蒸気爆発」について	320
(4) 「(4) その他」について.....	320
ア 「ア」について.....	320
イ 「イ」について.....	321
4 「4 審査方法」について.....	323
(1) 「(1) 実力値および計算の厳密化」について	323
(2) 「(2) クロスチェック」について	323
(3) 「(3) 政治的影響」について	324
第8 「第8 伊方原発で過酷事故が発生した場合の債権者らの被害」 について.....	324
1 「1 被曝による被害」について	324

(1)	「(1) 福島第一原発事故における放射性物質の拡散状況」に ついて.....	324
(2)	「(2) 伊方原発で過酷事故が発生した場合に予想される放射 能汚染」について.....	324
(3)	「(3) 放射性物質の人体に対する影響」について.....	325
2	「2 被曝以外の様々な要因による被害」について.....	325
第9	「第9 保全の必要性」について.....	325
第10	「第10 担保は不要であること」について.....	325

申立ての趣旨に対する答弁

- 1 本件仮処分命令申立てを却下する。
- 2 申立費用は債権者らの負担とする。

との裁判を求める。

債務者の主張

第1 はじめに

- 1 債権者らは、申立書において、債務者の伊方発電所3号機（以下、伊方発電所全体を指して「本件発電所」といい、伊方発電所1号機、同2号機及び同3号機をそれぞれ「本件1号機」、「本件2号機」及び「本件3号機」という。また、例えば本件1号機及び本件2号機を併せて指す場合には「本件1・2号機」という。）を運転することが、平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震の影響により発生した東京電力株式会社の福島第一原子力発電所の事故（以下「福島第一原子力発電所事故」という。）のような深刻な事故を発生させ、債権者らの人格権を侵害する恐れのある行為だと主張し、本件3号機の運転差止めを求めている。
- 2 しかしながら、本件3号機に限らず、原子力発電所は、核分裂反応によって生じるエネルギーを利用して発電を行うため、運転に伴って必然的に放射性物質が発生するものであり、原子力発電所における安全確保とは、この放射性物質の持つ危険性を顕在化させないことであるところ、債務者は、本件3号機の安全性を十分に確保しており、債権者らの主張するような人格権を侵害するおそれはなく、本件3号機の運転差止めを命ずるよう求める本件仮処分申立てに理由はない。すなわち、
 - (1) 債務者は、本件3号機の安全性を確保するため、本件3号機の運転に

に伴い発生する放射性物質を、ペレット、燃料被覆管、原子炉容器、原子炉格納容器及びコンクリート遮へい壁の五重の障壁により発電所内に閉じ込めている。そして、本件発電所の自然的立地条件を適切に把握し、これを踏まえた上で、平常運転時に環境中へ不可避免的に放出される極めて微量の放射性物質による被ばくを低減するための対策を行うとともに、深層防護の考え方に基づく安全確保対策を講じ、機器の異常等によって放射性物質が環境中に異常に放出されることを防止している。

(2) 上記(1)の安全確保対策については、本件3号機の建設以降も、最新の知見、技術の進捗等を踏まえた評価・検討を行い、安全性が確保されていることを確認するなどして信頼性を確保している。

(3) また、福島第一原子力発電所事故の発生を踏まえ、安全確保に万全を期するため、万が一、上記の安全確保対策において考慮した事象を超える事象が発生した場合であっても、本件3号機の安全性を確保することができるよう安全確保対策を強化した。

(4) 以上のとおり、本件3号機は、安全性を確保しているところ、仮に、放射性物質が異常に環境中へ放出される事態をも想定し、その影響を緩和するための対策や原子力防災対策も講じている。

3 よって、本件3号機には、債権者らが主張するような放射性物質を環境中に異常に放出する事故が発生する具体的危険性はなく、債権者らの申立てに理由はない。

4 また、民事訴訟に関する一般原則に照らして、被保全権利及び保全の必要性の主張疎明責任は債権者らが負うべきものであるところ、債権者らは、本件3号機に影響を与える地震として中央構造線断層帯による地震や南海トラフの地震が想定されていることなどを主張するのみであり、これらが

如何にして本件3号機において「過酷事故が発生し放射性物質が放出される事態にまで至るのか、その具体的な機序及び根拠については何ら主張疎明がなされていない。この点においても、本件仮処分申立てが却下されるべきであることは明らかである。

5 本項（債務者の主張）では、第2において本件仮処分申立てにおける差止請求の要件及び判断枠組みについて、第3において債務者及び本件発電所について、第4において本件発電所の必要性について、第5において原子力発電の仕組み及び本件3号機の設備について、それぞれ述べる。その上で、第6から第10までにおいて、債務者が本件3号機に講じている安全確保対策を詳述する。具体的には、第6において安全確保対策の考え方を概説した上で、第7において本件発電所の自然的立地条件に係る安全性について、第8において平常運転時の被ばく低減対策について、第9において事故防止に係る安全確保対策について、それぞれ述べ、さらに、第10において福島第一原子力発電所事故後に講じた安全確保対策について述べる。そして、第11において本件3号機の安全確保対策に係る実効性確保及び国の確認について述べる。加えて、第12において原子力防災対策について述べた後、第13において債務者の主張のまとめに至る。

第2 差止請求の要件及び判断枠組みについて

1 人格権に基づく差止請求の要件として「具体的危険性」の存在が必要であること

債権者らは、人格権に基づく妨害予防請求権を根拠として本件3号機の運転差止めを求めている。しかしながら、人格権は、直接これを定めた明文の規定はなく、その要件や効果が自明のものではない。仮に、極めて広範囲の人格的利益を全て人格権の内容とした場合には、その概念内容は抽

象的であり，権利の外延が不明確なものとなり，その効果も不明瞭とならざるを得ない。したがって，人格権に基づく差止請求を検討する場合には，その法的解釈は厳格になされなければならない。

人格権に基づく差止請求は，相手方が本来行使できる権利や自由を直接制約しようとするものであるから，これが認められるためには，一般的に，

- ①人格権侵害による被害の危険が切迫しており，
- ②その侵害により回復し難い重大な損害の生じることが明らかであって，
- ③その損害が相手方（侵害者）の被る不利益よりもはるかに大きな場合で，
- ④他に代替手段がなく，差止めが唯一最終の手段であること

を要する（大阪地裁平成5年12月24日判決・判例時報1480号25頁）。

これらの要件のうち，①の人格権侵害による被害の危険の切迫性の要件は，他の②～④の要件の前提となるものであるが，本件仮処分申立てのような妨害予防請求においては，将来発生するか否か不確実な侵害の予測に基づいて相手方の権利行使を制約するものであるから，単に理論的ないし抽象的に危険性が存在するというのでは足りず，人格権侵害による被害が生じる「具体的危険性」の存在が必要である。

このことは上記の大阪地裁判決のほか，以下に示す従来の原子力発電所の差止請求訴訟の裁判例も等しく示してきたところである。

- ・仙台地裁平成6年1月31日判決・判例時報1482号3頁
- ・金沢地裁平成6年8月25日判決・判例時報1515号3頁
- ・名古屋高裁金沢支部平成10年9月9日判決・判例時報1656号37頁
- ・札幌地裁平成11年2月22日判決・判例時報1676号3頁

- ・仙台高裁平成11年3月31日判決・判例時報1680号46頁
- ・静岡地裁平成19年10月26日判決・公刊物未登載
- ・名古屋高裁金沢支部平成21年3月18日判決・判例時報2045号
3頁
- ・松江地裁平成22年5月31日判決・公刊物未登載

2 科学技術の利用に関する基本的な理念と原子力裁判における具体的危険性の判断の枠組み

およそ科学技術を利用した現代文明の利器は全て、その効用の反面に、多かれ少なかれ危険発生の可能性を内包している。社会はこの危険を人為的に管理して人類の利用に役立ててきたのであり、そこにおいては、危険が内在していること自体は当然の前提として、その内在する危険が顕在化しないよう、いかに適切に管理できるかが問題とされてきた。

したがって、原子力発電所に関しても、原子力発電に危険が内在すること自体が問題なのではなく、原子力発電に内在する危険が顕在化しないよう適切に管理できるかどうか問題とされるべきであり、裁判においては、このような観点から、内在する危険を適切に管理できるかどうか、具体的危険性の有無という形で判断されることになる。これに対し、論理的ないし抽象的、潜在的な危険性の存在のみをもって原子力発電の利用を否定することは、現代社会における科学技術の利用そのものを否定することになり、妥当ではない。

この科学技術の利用に関する基本的な理念は、行政法規の規定にも具現化されている。原子炉等規制法¹では、発電用原子炉を設置しようとする者は原子力規制委員会の許可を受けなければならないとされ（原子炉等規制

¹ 正式には「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」という。

法第43条の3の5第1項)、その許可の基準として「その者に発電用原子炉を設置するために必要な技術的能力及び経理的基礎があること」「その者に重大事故(・・・)の発生及び拡大の防止に必要な措置を実施するために必要な技術的能力その他の発電用原子炉の運転を適確に遂行するに足りる技術的能力があること」「発電用原子炉施設の位置、構造及び設備が核燃料物質若しくは核燃料物質によって汚染された物又は発電用原子炉による災害の防止上支障がないものとして原子力規制委員会規則で定める基準に適合するものであること」(同法第43条の3の6第1項第2～4号)等が必要とされている。

これは、原子力発電に一定の危険が内在することは前提として、そのような危険が具体的なものとして顕在化しないよう管理していくことが念頭に置かれたものである。仮に論理的ないし抽象的、潜在的な危険性が少しでもあれば原子力発電所の建設及び運転は一切許されないというのであれば、それは上記の原子炉等規制法の枠組みを否定することになる。

従前の裁判例もまた、上記の科学技術の利用に関する基本的な理念に沿う形で、以下のように判示している。これらは、福島第一原子力発電所事故以前の判決ではあるが、同事故を経た現在においても、この基本的な理念は妥当するというべきである。

- (1) 「そもそも、人間の生命、身体の安全は、最大限の尊重を必要とする重大な法益であることは改めていうまでもないが、文字どおりの意味において人間の生命、身体に対する害が、又はこれを生じる危険性(可能性)が・・・絶対的に零でなければ人間社会において存在を許されないとするならば、放射線のみならず、現代社会において現に存在が受容されているおびただしい物質、機器、施設等がその存在を否定されるべき

こととならざるをえない（たとえば、水力発電所も火力発電所も例外ではありえない。）」（水戸地裁昭和60年6月25日判決・判例時報1164号119頁（東海第二発電所原子炉設置許可処分取消請求事件））

(2) 「科学技術を利用した各種の実用機械、装置等にあつては、程度の差こそあれそれが常に何らかの危険を伴うことは避け難い事態ともいうべきところであり、ただ、その科学技術を利用することによって得られる社会的な効用、利便等との対比において、その危険の内容、程度や確率等が社会通念上容認できるような水準以下にとどまるものと考えられる場合には、その安全性が肯定されるものとして、これを日常の利用に供することが適法とされることとなるものと解すべきである。この理は、原子炉施設における安全性の問題についても基本的に異なるところはないものというべきであるから、原子炉施設の場合に限って、どのような異常事態が生じた場合においても災害及び障害の発生が完全に防止されるといった、ある意味では理論上達成不可能な水準の安全性の確保が要求されるものとするには、理由がないものというべきである」（東京高裁平成13年7月4日判決・判例時報1754号46～47頁（東海第二発電所原子炉設置許可処分取消請求控訴事件））

(3) 「確かに、原子力発電所の事故について、例えば、いわゆるシビアアクシデントのレベルのものを想定すると、その結果の深刻さはいうまでもないところである。しかし、原子力発電所の運転も、これに関する事故の発生の危険性も、法律的に評価するときは、結局、これを社会的かつ有限な事象としてとらえざるを得ないのであって、仮に、控訴人らの主張が原子力発電所の事故発生の具体的な危険性の有無を超えて、論理的ないし抽象的・潜在的なレベルでの危険性が少しでもあれば一切原子

力発電所の建設・運転が許されないという判断基準を求めるものであれば、採用することができない」（仙台高裁平成11年3月31日判決・判例時報1680号48頁(女川原子力発電所運転差止請求控訴事件)）

- (4) 「この安全性は、前記のような原子力発電所の持つ危険性に鑑みれば厳しく審査する必要があるが、他方で、科学技術を利用した各種の機械、装置等については、絶対に災害発生の危険がないという『絶対的安全性』は想定できないから、原子炉施設においても、放射線、放射性物質の環境への排出を完全に防止することを意味するということとはできず、放射線、放射性物質の環境への排出を可及的に少なくし、これによる災害発生の危険性を社会通念上無視し得る程度に小さなものに保つことを意味すると解するのが相当である」（名古屋高裁金沢支部平成21年3月18日判決・判例時報2045号36頁(志賀原子力発電所2号機運転差止請求控訴事件)）

- 3 「具体的危険性」の有無の判断において、科学的・専門技術的知見を踏まえることは不可欠であること

上記のとおり、原子力裁判においては、原子力発電に内在する危険性を管理できるかどうか、具体的危険性の有無という形で判断されることになるが、原子力発電が高度に科学的・専門技術的なものである以上は、この具体的危険性の有無の判断に際しては、科学的・専門技術的知見を踏まえることが不可欠である。

この点に関し、伊方発電所原子炉設置許可処分取消請求事件に関する最高裁判決（最一小判平成4年10月29日・民集46巻7号1174頁）においても、「原子炉設置許可の基準として、右のように定められた趣旨は、・・・原子炉施設の安全性が確保されないときは、・・・深刻な災害

を引き起こすおそれがあることにかんがみ、・・・原子炉施設の位置、構造及び設備の安全性につき、科学的、専門技術的見地から、十分な審査を行わせることにあるものと解される」「原子炉施設の安全性に関する審査は・・・多角的、総合的見地から検討するものであり、しかも、右審査の対象には、将来の予測に係る事項も含まれているのであって、右審査においては、原子力工学はもとより、多方面にわたる極めて高度な最新の科学的、専門技術的知見に基づく総合的判断が必要とされるものであることが明らかである」「内閣総理大臣は、・・・あらかじめ原子力委員会の意見を聴き、これを尊重してしなければならないと定めているのは、右のような原子炉施設の安全性に関する審査の特質を考慮し、・・・基準の適合性については、各専門分野の学識経験者等を擁する原子力委員会の科学的、専門技術的知見に基づく意見を尊重して行う内閣総理大臣の合理的な判断にゆだねる趣旨と解するのが相当である」と判示されている。

同最高裁判決は、原子炉等規制法に基づく行政処分取消しに係るものではあるが、行政訴訟であっても、人格権に基づく差止請求訴訟であっても、原子炉施設の安全性が確保されているか否かという基本的な問題点は共通しており、これを判断する際に、科学的・専門技術的知見を踏まえる必要があるという点は、何ら異なることはない。

4 人格権侵害の具体的危険性の存在及び保全の必要性についての主張疎明責任を債権者らが負うこと

人格権に基づく妨害予防請求として原子力発電所の運転差止めを求める訴訟では、当該原子力発電所に安全性に欠けるところがあって、原告の人格権、すなわち、生命、身体が侵害される具体的危険性の存在についての主張立証責任は、人格権に基づく差止訴訟の一般原則どおり、原告が負う

ものである。したがって、その保全処分としての原子力発電所の運転差止めを求める仮処分においても、債権者が、被保全権利としての上記の具体的危険性の存在及び保全の必要性について主張疎明責任を負う。

本件仮処分申立ては、人格権に基づく妨害予防請求権を根拠として本件3号機の運転差止めを求めるものであるため、被保全権利として本件3号機の運転により債権者らの人格権が侵害される具体的危険性の存在及び保全の必要性について、債権者らとその主張疎明の責任を負う。

ところで、名古屋高等裁判所金沢支部平成21年3月18日判決・判例時報2045号3頁は、「本件原子炉の安全性については、控訴人（債務者注：原子炉設置者）の側において、まず、その安全性に欠ける点のないことについて、相当の根拠を示し、かつ、必要な資料を提出した上で主張立証する必要がある、控訴人がこの主張立証を尽くさない場合には、本件原子炉に安全性に欠ける点があり、その周辺に居住する住民の生命、身体、健康が現に侵害され、又は侵害される具体的危険があることが事実上推認されるものというべきである。そして、控訴人において、本件原子炉の安全性について前記説示の主張立証を尽くした場合は、本来主張立証責任を負う被控訴人らにおいて、本件原子炉に安全性に欠ける点があり、被控訴人らの生命、身体、健康が現に侵害され、又は侵害される具体的危険があることについて、その主張立証責任に適った主張立証を行わなければならないとするのが相当である。」と判示する。このような主張立証の手順が採用される理由について、上記判決は、①原子力発電所において、その安全管理が不十分で放射性物質が原子炉の外部へ排出された場合、この放射性物質により当該発電所の原子炉周辺に居住する住民の被ばくの可能性が存在すること、②原子力発電所の安全管理の方法は、発電所ごとに異なり、

かつ、その資料は全て原子炉設置者の側が保持していることなどを考慮した結果だと説明するが、本件仮処分申立てにおいては、次に述べるように上記①及び②を考慮すべき事情が存在しないため、本件仮処分申立てにおいてこのような手順を経るのは適当ではなく、まず、債権者らにおいてその主張立証責任に適った主張立証（疎明）を行うべきである。

上記①は、原子力発電所において放射性物質を環境に放出する事故が発生した場合、基本的には、当該発電所からの距離が遠くなればなるほど、具体的危険が及ぶ可能性は低くなり、距離が近くなればなるほどその逆になることに鑑み、原子炉周辺に居住する住民との関係において、当該原子炉で放射性物質を環境に放出する事故が発生した場合の影響の大きさ（具体的危険が及ぶ可能性の高さ）を考慮し、事業者における主張立証の必要性を指摘したものであると考えられる。一方、本件仮処分を申し立てた債権者らは、申立書別紙当事者目録記載によれば本件発電所から約100kmと相当に遠方に居住しているとのことであるから、債務者が講じている安全確保対策を考慮するまでもなく、債権者らの人格権が侵害される可能性は極めて低い。このような場合には、上記①を考慮すべき事情は存在しないといえる。この点、福岡高裁宮崎支部平成28年4月6日決定・公刊物未登載は、原告が「遠く離れた地域に居住等する者である場合には、主張立証責任を負うべき原告において」、「具体的危険が存在することを主張立証すべきである。」と判示している。また、上記②は、被控訴人らが具体的な主張立証を行うために用いることができる資料が、控訴人（原子炉設置者）に比して著しく少ないことを考慮したものであると考えられる。一方、債務者は、本件3号機について、平成25年7月8日、新規制基準（後記第10の2参照）への適合性を踏まえた原子炉設置変更許可、工事

計画認可及び保安規定変更認可の各申請を原子力規制委員会に行い、その後、本件3号機に係る安全管理に関する事項について、広範かつ詳細な審査が行われたところ、当該審査に係る会合については、同委員会のウェブサイトにおいて、原則として全ての審査状況が動画配信されており、配付資料及び議事録とともに常時公開されている。上記判決が指摘するとおり原子力発電所の安全管理に関する資料を事業者が有しているとしても、上記のとおり、債権者らにおいても、同委員会のウェブサイトからいつでも容易に本件3号機の安全管理に関する情報を入手できる状況にあり、現にそれを踏まえた主張を行っているところである。資料入手の容易性という点において、上記判決がなされた時点から大きく事情が異なっており、本件仮処分が申し立てられた時点では上記②を考慮すべき事情はすでに存在しないと見える。

以上のとおり、本件仮処分申立てにおいては、具体的危険性の存在及び保全の必要性についての主張疎明責任を債権者らが負う。そして、まず、債権者らにおいてその主張疎明責任に適った主張疎明が行われなければならない。

もっとも、債務者は、債権者らがまず行うべき主張疎明を待つことなく、必要と考える範囲の主張疎明を行っていく。

第3 債務者及び本件発電所

1 債務者

債務者は、昭和26年5月1日に設立された株式会社であって、一般の需要に応じて電気の供給を行う事業（電気事業法2条1項2号に定められた小売電気事業）、一部地域を除く四国4県において託送供給及び発電量調整供給を行う事業（電気事業法2条1項8号に定められた一般送配電事

業)並びに発電事業(電気事業法2条1項14号に定められた発電事業)を行っており²,各事業を営む事業者として,四国の需要の大部分に相当する債務者の顧客の最大需要に対応する供給能力の確保,四国地域における電気の周波数の維持等の需給調整に必要な電力の確保などの義務を負っている。また,債務者は,電気事業法の改正法(平成26年6月18日法律第72号)附則2条2項に定められたみなし小売電気事業者でもある。

債務者は,同法17条3項の規定により,一般送配電事業を営むものとして,一部地域を除く四国4県において,他の小売電気事業者から電気の供給を受けることができなくなった者に供給を行う義務を負っている。また,同附則16条1項の規定により,自らの顧客需要に応じるために必要な供給力を確保することが義務付けられている。以上により,債務者は,相応の供給力を確保する必要があり,平成28年3月31日現在,水力発電所58か所(合計出力114万5796kW),火力発電所4か所(合計出力379万7000kW),原子力発電所1か所(出力202万2000kW)及び太陽光発電所1か所(出力2042kW)の発電設備を所有している。

2 本件発電所

(1) 本件発電所の概要

本件発電所は,債務者が愛媛県西宇和郡伊方町九町字コチワキ3番耕地40の3他に設置し,運転を行っているものである。本件1・2号機の電気出力はそれぞれ56万6000kW,本件3号機の電気出力は89万kWであり,いずれも加圧水型原子炉(PWR)を使用する原子力発電所で

² 電気事業法の改正法が平成28年4月1日に施行され,小売電気事業,送配電事業,発電事業の各事業区分に応じたライセンス制が導入された。債務者を含む従前の一般電気事業者は,この3つの事業を兼業している。

ある（図1，図2）。

建設工事開始日は，本件1号機が昭和48年6月15日，本件2号機が昭和53年2月21日，本件3号機が昭和61年11月1日であり，営業運転開始日は，本件1号機が昭和52年9月30日，本件2号機が昭和57年3月19日，本件3号機が平成6年12月15日である。

（以上，乙1）

なお，本件発電所の原子力発電設備のうち本件1号機については，平成28年5月10日に廃止を予定している。



国土地理院発行20万分の1地勢図をもとに作成

図1 本件発電所の位置

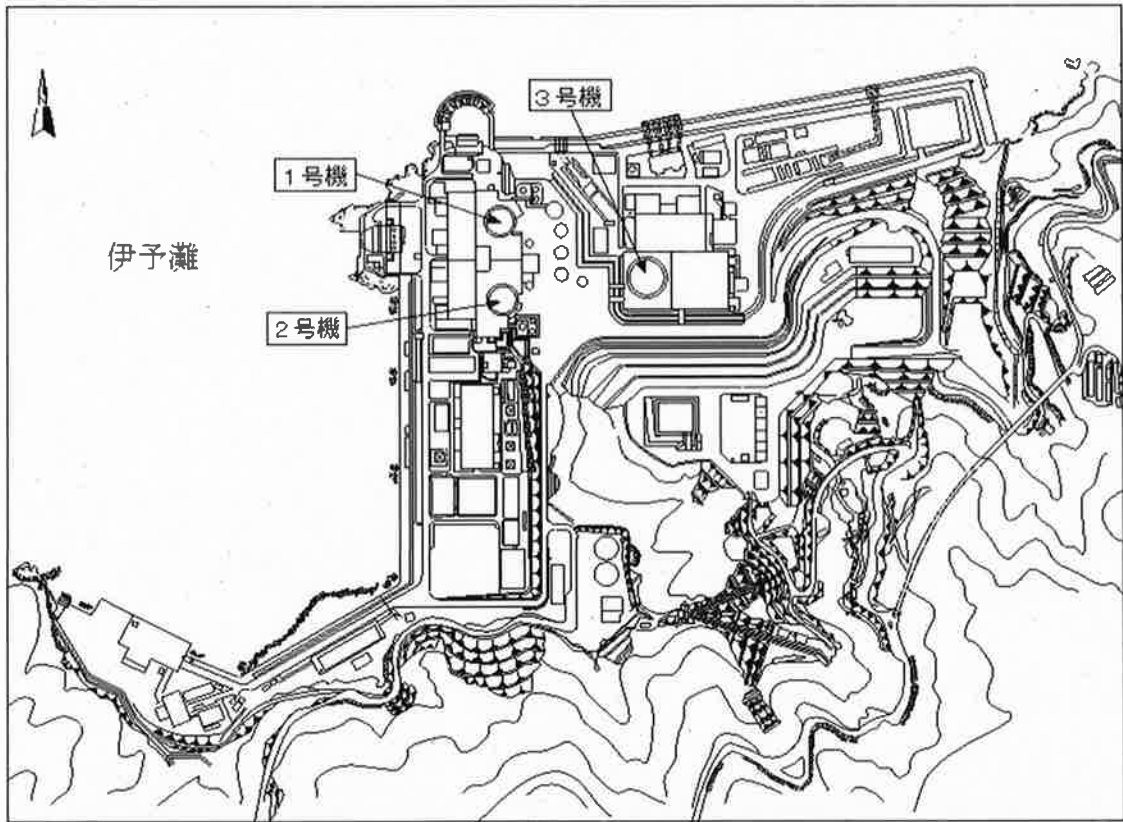


図2 本件発電所の敷地図

(2) 本件発電所の設置の経緯等

本件発電所の建設開始に至るまでの主な経緯は、以下のとおりである。

ア 本件1・2号機

債務者は、昭和45年5月から建設地点（愛媛県西宇和郡伊方町）の地質調査（ボーリング調査）を開始し、同年9月21日、同地点を原子力発電所の建設地として正式決定した。

本件1号機について、内閣総理大臣は、昭和47年2月25日の第58回電源開発調整審議会³での承認を経て、電源開発促進法に基づく

³ 電源開発調整審議会とは、旧電源開発促進法に基づき、電源開発に伴う諸事項を調査審議するための機関として総理府に設置されていた審議会をいう。

昭和46年度電源開発基本計画⁴に組み込んだ。昭和47年5月8日には、債務者が内閣総理大臣に原子炉設置許可申請を行い、これに対して、同年11月29日、内閣総理大臣が原子炉設置許可処分を行った。

本件2号機について、内閣総理大臣は、昭和50年3月17日の第66回電源開発調整審議会での承認を経て、昭和49年度電源開発基本計画に組み込んだ。昭和50年5月30日には、債務者が内閣総理大臣に原子炉設置変更（増設）許可申請を行い、これに対して、昭和52年3月30日、内閣総理大臣が原子炉設置変更（増設）許可処分を行った。

イ 本件3号機

債務者は、昭和55年5月7日、伊方町及び愛媛県に対して本件3号機増設を申し入れ、同町及び同県の上承を得た上で、昭和57年3月15日から、本件3号機増設に伴う環境調査を行った。

内閣総理大臣は、昭和58年3月18日の第91回電源開発調整審議会での承認を経て、本件3号機を昭和57年度電源開発基本計画に組み込んだ。昭和59年5月24日には、債務者が通商産業大臣に原子炉設置変更（増設）許可申請を行い、これに対して、昭和61年5月26日、通商産業大臣が原子炉設置変更（増設）許可処分を行った。

第4 本件発電所の必要性

1 原子力発電の必要性

我が国がさらなる発展を遂げていくためには、安定的で社会の負担の少

⁴ 電源開発基本計画とは、旧電源開発促進法に基づく電源開発に係る国の計画をいい、国土の総合的な開発、利用及び保全、電力需要その他電源開発の円滑な実施を図るために必要な事項を考慮して、内閣総理大臣が電源開発調整審議会に諮問して策定することとなっていた計画をいう。

ないエネルギー供給を実現する体制が求められており、そのためには、安定供給を第一とし、地球環境に配慮しつつ、経済的に電気を供給することが必要である。

(1) 原子力発電の特長

原子力発電は、以下に述べるとおり、「供給安定性」「経済性」「環境性」のいずれの点においても優れた電源である。

ア エネルギーの供給安定性

我が国のエネルギー自給率は、わずか6%程度にすぎず、残りの約94%を海外からの輸入に頼っている。これは、主要先進国の中で最も低い水準にあり、資源小国である我が国にとってエネルギーの安定供給に必要なエネルギー資源の安定確保は重要な課題の一つである。一方で全世界におけるエネルギー需要は、アジアを中心とした新興国の経済成長に伴って急増しており、今後さらにエネルギー資源獲得競争が激化すると予想されている。このような状況を踏まえると、これまで以上にエネルギー資源の安定確保は重要な課題となってくると考えられる。

この点、エネルギー資源の約半分を占める石油については、そのほとんどを政情が不安定になりやすい中東地域からの輸入に依存しているのに対して、原子力発電の燃料となるウラン資源は、採掘地域が政情の安定したオーストラリア、カナダ等の国々に分散していることから、供給の安定性に優れている。加えて、原子力発電は、少量で膨大なエネルギーを生み出すこと及び燃料を装荷すると1年以上にわたって運転を維持できることから、燃料の備蓄性にも優れている。

(以上、乙2(4～6頁、26頁))

以上から、原子力発電は、エネルギーの安定供給に資する発電方法であるといえる。

イ 経済性及び価格安定性

エネルギーについては、その供給安定性だけでなく、我が国産業の国際競争力強化及び国民生活の安定・向上の観点から、そのコストの持続的な低減及び価格の安定が求められている。

この点、原子力発電は、他の発電方法と比べ、1 kWh当たりの発電コストが低廉である（乙3）。さらに、原子力発電は、発電コストに占める燃料費の割合が火力発電と比べて小さいことから、発電コストが燃料費の値上り等の価格変動に左右されにくいという特長があり、価格の安定性に優れている。

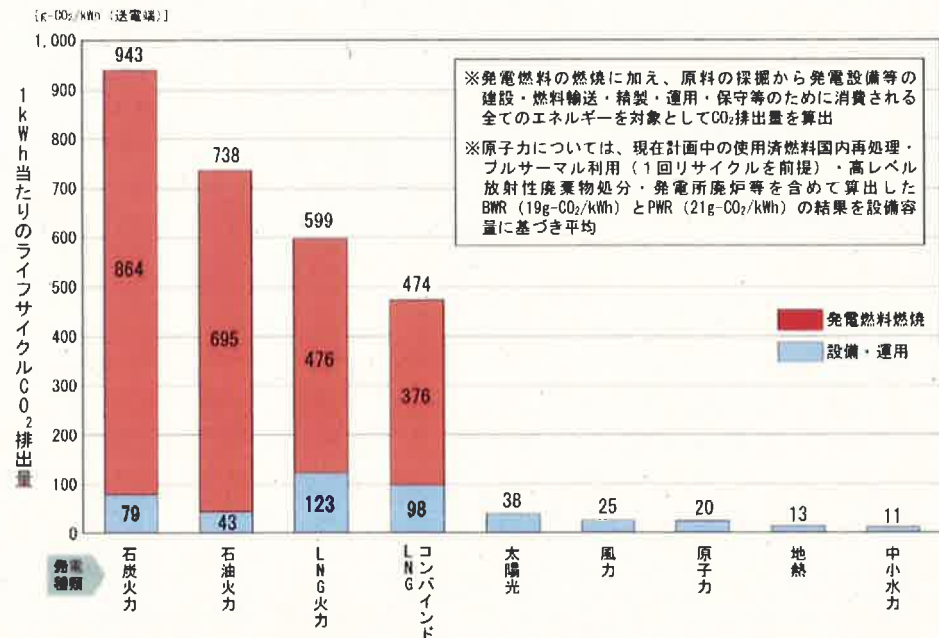
また、我が国において原子力発電を推進することは、エネルギー供給源の多様化につながり、燃料調達の場面において、資源保有国に対して一定の交渉力を保持することが可能となる。

（以上、乙2（26～27頁））

ウ 地球温暖化問題への対応（環境性）

二酸化炭素等の温室効果ガスの排出量増加に伴って生じるとされている地球温暖化に対しては、地球温暖化がもたらす異常気象等の地球環境への深刻な影響からして、早急な対策を講じる必要がある。

この点、原子力発電は、発電時に二酸化炭素を排出しない発電方法の一つであり、原子力発電所の建設、ウランの採掘、燃料の加工・輸送等を含めたライフサイクル全体で評価しても、1 kWh当たりの二酸化炭素排出量は化石燃料を用いた発電方法に比べて明らかに小さいものとなっている（図3）（乙2（27頁））。



（財）電力中央研究所「日本の発電技術のライフサイクルCO₂排出量評価 2010.7」より）

図3 各種電源別のライフサイクル二酸化炭素排出量

なお、太陽光発電及び風力発電も発電時に二酸化炭素を排出しない発電方法ではあるものの、その出力が気象条件に左右されるという特徴があることなどから、少なくとも現時点において、これらの発電方法のみで我が国のエネルギー需要を賄うことは現実的ではない。

(2) エネルギー政策における位置付け

政府は、福島第一原子力発電所事故をはじめとする国内外の環境の変化を踏まえて、新たなエネルギー政策の方向性を示すものとして平成26年4月にエネルギー基本計画⁵を策定した。本計画のエネルギー政策の基本的な方針においては、「国内資源の限られた我が国が、社会的・経済的な活動が安定的に営まれる環境を実現していくためには、エネルギー

⁵ エネルギー基本計画は、エネルギー政策の基本的な方向性を示すためにエネルギー政策基本法に基づき政府が策定（閣議決定）する。

一の需要と供給が安定的にバランスした状態を継続的に確保していくことができるエネルギー需給構造を確立しなければならない」一方、「各エネルギー源は、それぞれサプライチェーン上の強みと弱みを持っており、安定的かつ効率的なエネルギー需給構造を一手に支えられるような単独のエネルギー源は存在しない」中で、「危機時であっても安定供給が確保される需給構造を実現するため」、「エネルギー源ごとの強みが最大限に発揮され、弱みが他のエネルギー源によって適切に補完されるような組み合わせを持つ、多層的な供給構造を実現することが必要である」とされている。

原子力発電は、安全の確保に細心の注意を払う必要があるものの、上記(1)のとおり、「供給安定性」「経済性」「環境性」のいずれにおいても優れた電源であり、エネルギー基本計画においても、「エネルギー需給構造の安定性に寄与する重要なベースロード電源⁶」と位置付けられている。そして、同計画においては、原子力規制委員会により新規制基準に適合すると認められた場合には、その判断を尊重し、原子力発電所の再稼働を進める旨が明記されている。(乙2(10～11頁)、乙4(21～22頁))

(3) 原子力発電所の停止による影響

ア エネルギーの供給安定性への影響

福島第一原子力発電所事故以降、原子力発電所の稼働率が低下していることに伴い、政府による節電要請がなされるなど、電力需給は厳しい状態にある。また、原子力発電所の稼働率が低下したことによる

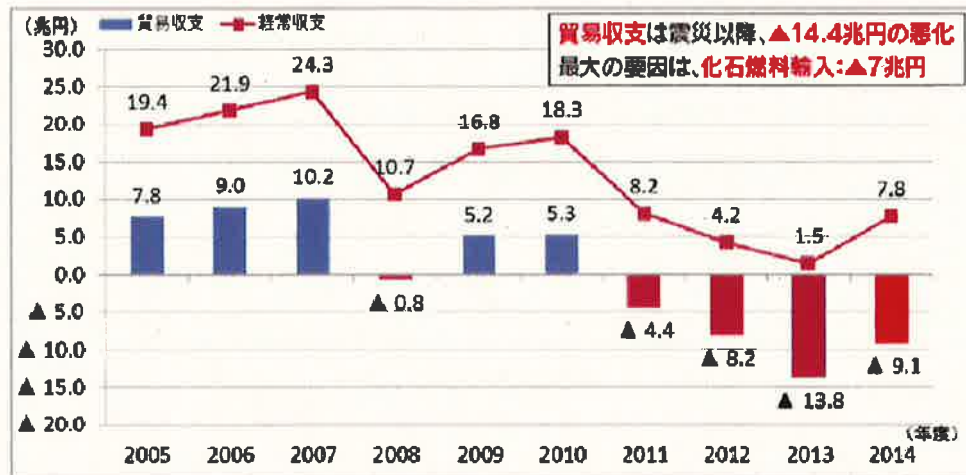
⁶ ベースロード電源とは、季節、天候、昼夜を問わず、一定量の電力を安定的に低コストで供給できる電源を指す。

発電電力量の減少分を補うために火力発電の焚き増し⁷が行われており、我が国のエネルギー供給体制は、現状では火力発電に大きく依存している。福島第一原子力発電所事故前の平成22年度においては、我が国の発電電力量の電源別構成比のうち、火力発電の割合は約6割であったところ、平成25年度においては約9割にまで上昇している。このように火力発電に大きく依存する状況が続けば、中東の政情が不安定となった場合に我が国のエネルギー供給体制は甚大な影響を受ける可能性がある。

イ 経済性及び価格安定性への影響

そして、原子力発電電力量を火力発電の焚き増しによって補った結果、燃料コストが上昇し、旧電気事業法が規定する一般電気事業者9社のうち債務者を含む6社が延べ9回にわたって電気料金の値上げを行っている。さらには、化石燃料の輸入が増加し、東日本大震災以前は黒字であった我が国の貿易収支は、震災以降、大幅な赤字が継続しており、原子力発電所の停止に伴う化石燃料輸入量の増加もその大きな要因となっている（図4）。（乙2（7～8頁））

⁷ 火力発電の発電量を増やすことをいう。

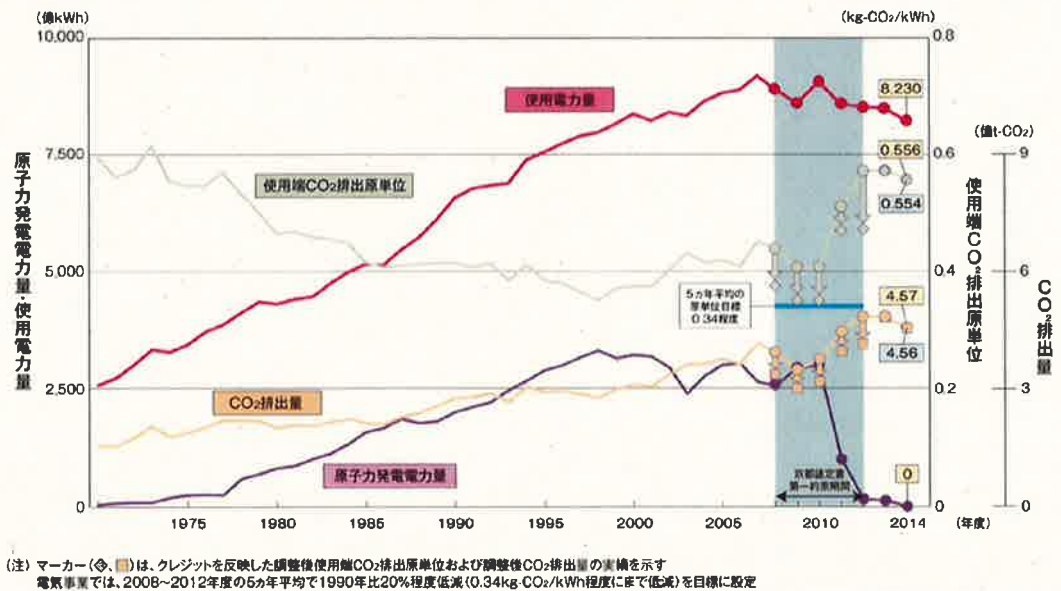


(資源エネルギー庁「エネルギー白書2015」より)

図4 貿易収支及び経常収支の推移 (年度ベース)

ウ 環境性への影響

また、火力発電電力量が大幅に増えた結果、全国的に原子力発電電力量の低下に比例して発電量1kWh当たりの二酸化炭素排出量であるCO₂排出原単位が上昇し、平成26年には京都議定書第一約束期間の5か年平均の発電量1kWh当たりの二酸化炭素排出量目標値である0.34kg-CO₂/kWhを大幅に上回る0.554kg-CO₂/kWhとなった(図5)(乙2(8~10頁))。



2-1-16

(一財)日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集2016」より

図5 発電に伴うCO₂排出量等の推移

2 本件3号機の運転の必要性

(1) 安定供給等への対応

本件発電所は、債務者の所有する唯一の原子力発電所であり、福島第一原子力発電所事故後に運転を停止する以前において本件発電所が発電する電力量は、債務者の発受電する年間の電力量（約377億kWh）のうち、約161億kWh、約43%（平成22年度実績）を占めており、本件発電所は四国地域の電力供給に重要な役割を担ってきた。現在、本件発電所は全て運転を停止しており、債務者は、原子力発電による発電電力量の減少分を補うため、火力発電所について、長期間停止させていた発電所の運転を再開したり、定期検査の時期を延期して運転を継続させたりするなどしている。

債務者の平成27年夏季（7月～9月）の電力需給状況については、

最大需要を記録した8月7日においても、最大需要511万kWに対して553万kWの供給力を確保した（供給予備率⁸は、8.2%。安定供給のためには最低3%以上の供給予備率が必要とされる。）。しかしながら、本件発電所の運転停止以降、火力発電所の稼働率が上昇する中で、火力発電所のトラブルが増加しており、平成27年度夏季には坂出發電所4号機の計画外停止（故障、トラブルによる停止）し、水力発電所の計画外停止なども重なり、7月30日には最大で41万kWの供給力が低下した。仮に、この41万kWの供給力低下が最大需要を記録した8月7日に発生したとすると、供給予備率はわずか0.1%となり、平成27年夏季についても綱渡り的な需給状況であった。こうした傾向は、系統連系された債務者を含む一般送配電事業者6社のエリア⁹全体においても同様である（乙5（4～6頁））。

また、平成24年2月2日には、債務者の供給力534万kWに対して522.2万kWの最大電力を記録し（供給予備率2.2%）、火力発電所の過負荷運転¹⁰を行うなどして供給力を積み増すことによって、供給予備率3%を確保した。（乙6）

以上のとおり、本件発電所の運転停止以降、厳しい電力需給状況が続いており、特に債務者が発電所を設置している四国地域は需要規模が小

⁸ 供給予備率とは、供給能力から最大需要電力を差し引いた供給予備力を用いて算出する需給の均衡度合を指し、 $(\text{ピーク時供給力} - \text{予想最大需要}) \div \text{予想最大需要} \times 100$ という計算式で求める。

⁹ 日本の電気の周波数は、東日本は50Hz、西日本は60Hzと異なっており、同じ周波数のエリアにおいては、エリア間の連系線の容量の範囲で、周波数の変換を経ずに電気の融通を行うことができる。60Hzのエリアにおける一般送配電事業者は、中部電力株式会社、北陸電力株式会社、関西電力株式会社、中国電力株式会社、九州電力株式会社及び債務者の6社である。

¹⁰ 過負荷運転とは、定格出力を超えた運転で、設備への負担を考慮して通常は行わない運転をいう。

さく発電設備 1 機当たりの寄与する割合が大きいことから、万が一、電力需要が高まる時期に大規模な発電所（例えば、債務者の橘湾発電所は 1 基で 70 万 kW の出力がある。）が計画外停止した場合には、四国地域における電力需給バランスは危機的な状況となるところ、本件 3 号機（89 万 kW）が稼働した場合にはこうした懸念が一定程度解消されることとなる。

(2) 債務者の事業への影響

原子力発電電力量の減少分を補うために火力発電所の焚き増しを行うことにより債務者の化石燃料購入量は増加しており、これに伴い燃料調達費用が増大している。このような事情を背景として、債務者は、やむを得ず、経済産業大臣の認可を受けて、平成 25 年 9 月 1 日から電気料金を平均 7.80%（料金規制のない自由化分野については、同年 7 月 1 日から平均 14.72%）値上げした（乙 7、乙 8、乙 9（8 頁））。なお、値上げ申請時には、本件 3 号機が平成 25 年 7 月に再稼働することを前提としていたが、原子力規制委員会の審査が慎重に進められたことなどから現在もなお本件 3 号機は営業運転に至っていない。本件 3 号機が運転できないことによって、債務者の燃料調達費用は、電気料金の値上げ時の予定よりも大幅に増加し続けており、平成 27 年度の化石燃料調達価格を基にすると、1 日当たり約 1 億円の費用増が発生している。原子力規制委員会の審査に合格し必要な許認可を得て本件 3 号機を運転できる状況になったにもかかわらず、万が一、本件 3 号機の運転を禁止する仮処分命令によって本件 3 号機を運転できない事態となった場合には、債務者にはこの費用増分の損害が生じ続けることとなる。

(3) 環境性への影響

債務者は原子力発電量の減少分を火力発電によって補っていることから、債務者の二酸化炭素排出量は、平成22年には950万トンであったところ、平成26年には1816万トンとなった。CO₂排出原単位で見ても、平成22年の0.326 kg-CO₂/kWhから平成26年には0.688 kg-CO₂/kWhとなり、本件発電所の停止後、債務者の二酸化炭素排出量は倍増している（乙10）。

(4) まとめ

上記のとおり、本件発電所の停止によって、四国地域の電気の安定供給について危機的な状況になるとともに、四国地域の電気料金の水準及び環境保全に重大な影響が生じており、少なくとも本件3号機の運転再開をなくしては、この事態を打開することは困難である。

第5 原子力発電の仕組み及び本件3号機の設備

1 原子力発電の仕組み

(1) 核分裂の仕組み

全ての物質は元素（原子）から成っており、原子の中心には原子核（陽子と中性子の集合体）がある。

1個の原子核が複数の原子核に分裂する現象を核分裂というが、核分裂性核種の一つであるウラン235¹¹の原子核は、中性子を吸収すると2個（まれに3個）に核分裂しやすい性質を有しており、核分裂の際に、大きなエネルギーとともに、核分裂生成物（放射性物質であるヨウ素131、キセノン133等）及び2個又は3個の速度の速い中性子（高速中性子）を発生させる。発生した中性子の一部が別のウラン235の原

¹¹ 原子核の中の陽子数と中性子数の合計が235個であるウラン。元素によって陽子数は決まっている（ウランの場合92個）が、同じ元素でも中性子数が異なる原子核が存在し、原子核の性質が異なる。

子核に吸収されて次の核分裂を起こすが、このような核分裂が次々と繰り返されることを核分裂連鎖反応という。(図6)

原子力発電は、核分裂連鎖反応によって、持続的に生じるエネルギーを利用して発電するものである。

ウラン235の原子核が中性子を吸収して核分裂する確率は、速度の遅い中性子(熱中性子)の場合に大きくなるが、高速中性子の平均速度は、約2万km/秒と速いため、熱中性子を利用して核分裂連鎖反応を行わせる種類の原子炉では、高速中性子の速度を熱中性子の速度(約2.2km/秒)まで減速させる必要があり、このため、減速材が用いられる。減速材を使用することで、高速中性子が減速材中の軽い元素の原子核と衝突を繰り返し、高速中性子の速度が減少し、熱中性子となる。

また、核分裂を安定的に持続させていくためには、核分裂を起こす中性子の数を調整することが必要であり、このため、原子炉では、中性子を吸収しやすい性質をもつ制御材を用いている(図6)。

(以上、乙2(20~21頁, 25頁))

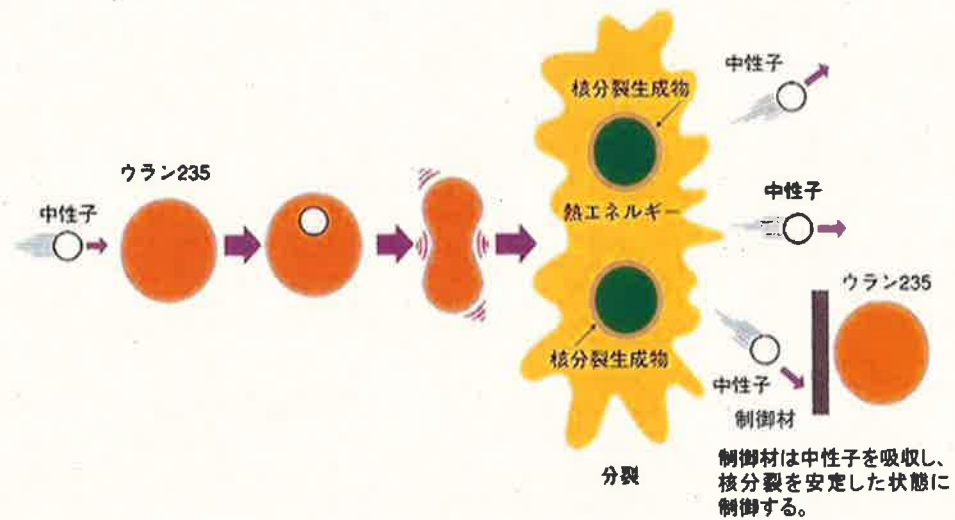


図6 核分裂と制御の仕組み

(2) 原子力発電の仕組み

原子力発電は、核分裂反応によって生じるエネルギーを熱エネルギーとして取り出し、この熱エネルギーを発電に利用するものである。つまり、原子力発電では、原子炉において取り出した熱エネルギーによって蒸気を発生させ、この蒸気でタービンを回転させて発電を行う。一方、火力発電では、石炭、石油等の化石燃料が燃焼する際に生じる熱エネルギーによって蒸気を発生させ、この蒸気でタービンを回転させて発電を行う。このように、原子力発電と火力発電とは、熱エネルギーの取り出し方が異なるが、蒸気でタービンを回転させて発電を行う点では同じである(図7)。(乙2(20~21頁))

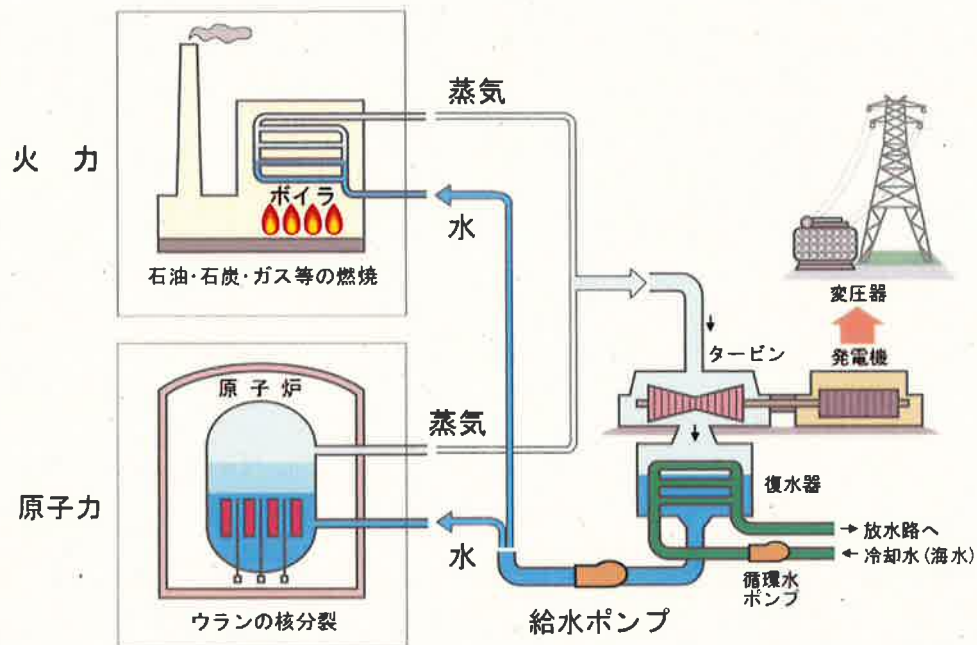


図7 火力発電と原子力発電の違い

(3) 原子炉の種類

原子炉内には、前述のとおり、高速中性子の速度を熱中性子の速度まで減速させるために、減速材が用いられている。減速材には、軽水（普通の水）、黒鉛等が用いられるが、減速材として軽水を用い、減速材を冷却材（炉心を冷却するとともに、原子炉で発生したエネルギーを取り出すための媒介となるもの）と兼用するものを軽水炉という。

軽水炉は、タービン蒸気の発生のさせ方によって、沸騰水型原子炉（BWR）と、加圧水型原子炉（PWR）に区分される（図8）。

沸騰水型原子炉（BWR）は、冷却材を原子炉内で沸騰させることにより、発生した蒸気を直接、タービンに送って発電する。

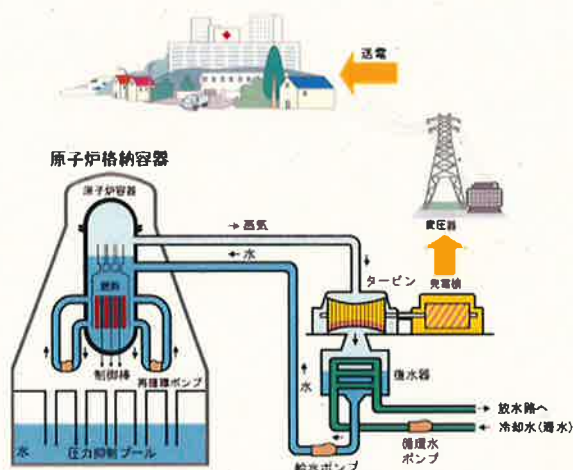
加圧水型原子炉（PWR）は、一次冷却系と二次冷却系を有し、原子炉で発生させた高温高压の一次冷却材のもつエネルギーを、蒸気発生器

を介して二次冷却系に伝達し，二次冷却系で発生した蒸気をタービンに送って発電する。

(以上，乙2 (21～22頁))

本件発電所は，上記のうち加圧水型原子炉(PWR)を採用しており，各号機に一つの原子炉を設置している。

沸騰水型原子炉（BWR）



加圧水型原子炉（PWR）

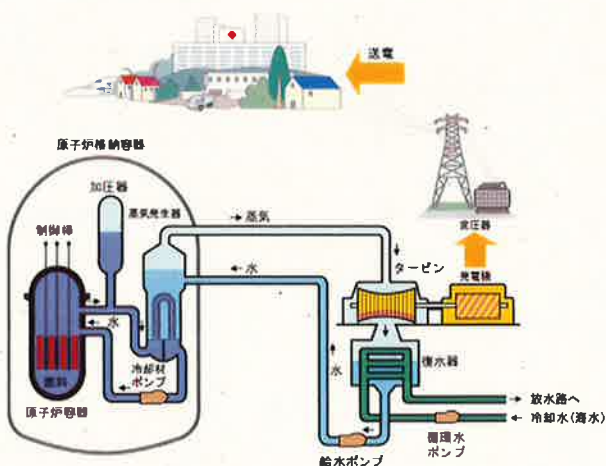


図8 沸騰水型原子炉（BWR）と加圧水型原子炉（PWR）の違い

2 本件3号機の設備の基本構成

加圧水型原子炉（PWR）である本件3号機的主要な設備は、燃料から熱エネルギーを取り出すための原子炉、原子炉から取り出した熱エネルギーを二次冷却材に伝達する一次冷却設備、蒸気によってタービンを回転させるための二次冷却設備及び発電し電気を供給するための電気設備に加え、

緊急時の安全性を確保するための工学的安全施設，使用済燃料を保管するための使用済燃料ピット等である（基本構成は，末尾別図 1 のとおりである。）。

(1) 原子炉

原子炉（別図 1 の橙色の部分）は，核分裂連鎖反応により発生する熱エネルギーを安全かつ有効に取り出す設備である。原子炉内は，一次冷却材である水（軽水）で満たされており，この水を減速材として中性子を減速させることで燃料であるウランを核分裂させるとともに，制御材を用いて核分裂連鎖反応を安定的に制御している（乙 1 1（8 - 3 - 1 頁以下））。

原子炉は，原子炉容器，核分裂を起こして熱エネルギーを発生させる燃料集合体及び原子炉内の中性子の数を調整し核分裂を制御する制御材等で構成されている（図 9）。

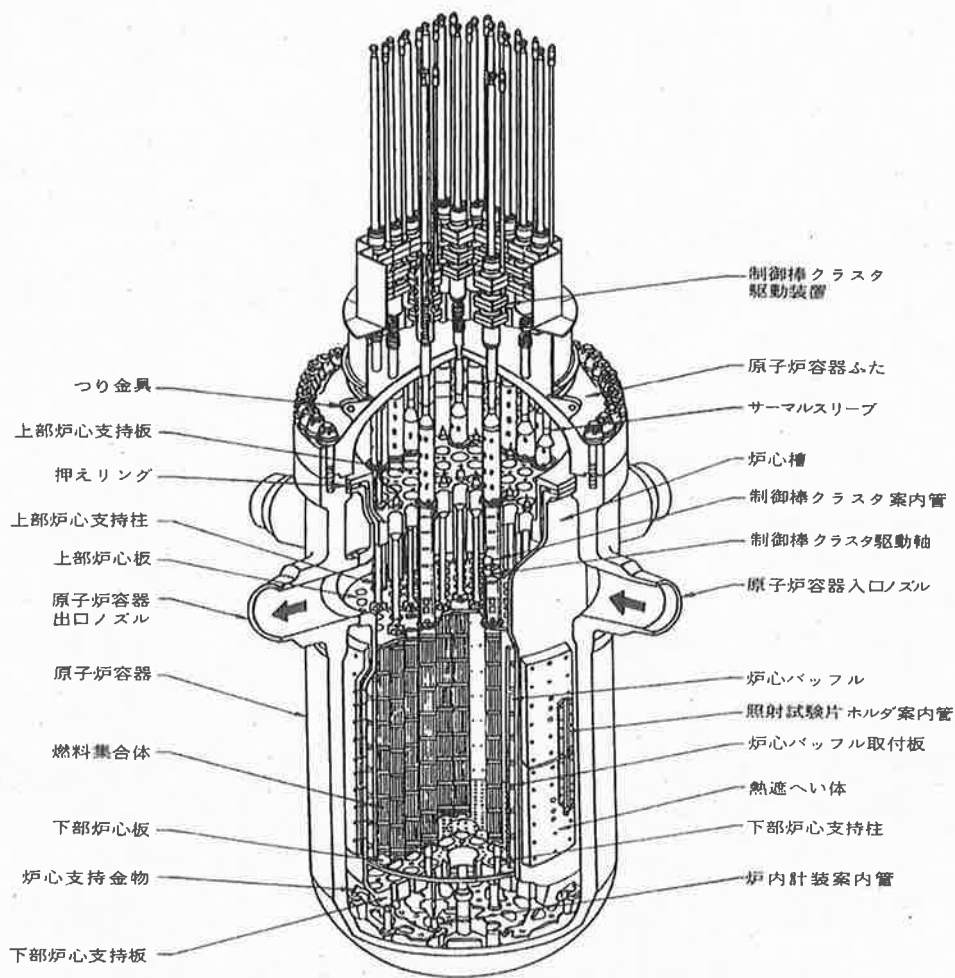


図9 原子炉

ア 原子炉容器

原子炉容器は、燃料集合体等を収納する容器で、低合金鋼を材料とし、胴部の厚さが約20cmであり、通常運転時の圧力・温度はもちろん、原子炉内の圧力・温度の異常上昇時にも、また、地震の際に生じる荷重にも十分耐えられる強固な構造となっている。低合金鋼は、鉄に合金元素（マンガン、モリブデン、ニッケル等）を加えた金属材料であり、こうすることで金属材料の強度が増し、耐食性（腐食作用に

耐える性質)も向上する。また、原子炉容器内面の一次冷却材と接触する部分には、腐食を防ぐためにステンレス鋼¹²を内張りしている。

(乙11(8-3-97頁, 8-5-4~8-5-6頁, 8-5-183頁, 8-5-261頁))

イ 燃料集合体

燃料集合体は、ペレットを燃料被覆管の中に詰めた燃料棒を束ねたものである。

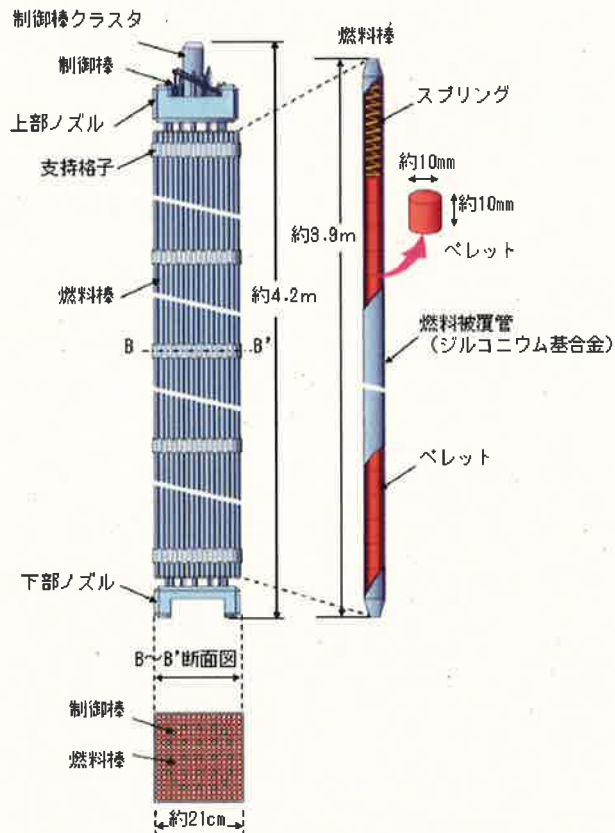
ペレットは、原子力発電の燃料となるウランと酸素との化合物である二酸化ウランの粉末をプレス装置で成型し焼き固めたものを主に用いる。¹³本件3号機で使用しているペレットは、直径及び高さとも約10mmの円柱状のものである。

ペレットを、長さ約3.9mのジルコニウム基合金製の管(燃料被覆管)に入れて密封溶接されたものが燃料棒であり、この燃料棒を格子状に束ねたものが燃料集合体である(図10)。

本件3号機においては、燃料棒を17行17列の正方格子状に束ねた燃料集合体を157体、装荷している。(乙11(8-3-1頁, 8-3-8頁及び8-3-74~8-3-80頁))

¹² ステンレス鋼とは、耐食性を向上させる目的で、鉄に、クロム又はクロム及びニッケルを含有させた金属材料をいう。一般には、クロム含有量が約11%以上の鋼をステンレス鋼という。

¹³ 本件3号機においては、二酸化ウランと二酸化プルトニウムの混合物質であるウラン・プルトニウム混合酸化物(Mixed Oxide)を用いた燃料も使用しており、この燃料をMOX燃料という。海外では、約40年以上に亘り、57基の原子力発電所で約6000体のMOX燃料が使用された実績がある。



((一財) 日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集」に一部加筆)

図 1 0 燃料集合体

ウ 制御材

上記 1 (1) のとおり、原子炉において核分裂を安定的に持続させ制御していくためには、核分裂を起こす中性子の数を調整することが必要であり、制御材は、この調整に用いるものである。本件 3 号機では、制御材として、ホウ素、制御棒等を用いている。

(ア) ホウ素

ホウ素は、中性子を吸収しやすい性質があるため、一次冷却材に添加し、一次冷却材のホウ素濃度を調整することによって、原子炉内の中性子の数を調整し、核分裂の連鎖を安定した状態に制御する。一次冷却材のホウ素の濃度の調整は、平常運転時には化学体

積制御設備¹⁴で行っており、ホウ酸タンク等を用いて濃度を調整したホウ酸水を充てんポンプによって一次冷却設備に注入するなどして行う。(乙11(8-3-44~45頁, 8-5-131~8-5-141頁, 8-5-230~8-5-237頁))

一次冷却材のホウ素濃度は、燃料集合体の取替直後は原子炉内のウラン235の濃度が高く核分裂が発生しやすい状況にあることから、核分裂を抑えるために高めに調整している。また、燃料集合体の取替後、ウラン235が核分裂するにつれて、徐々に原子炉内のウラン235の濃度が低くなって核分裂が発生しにくくなっていくことから、これに合わせてホウ素濃度を徐々に下げ、原子炉内のウラン235の濃度に関わらず原子炉の出力が一定になるよう制御している。ホウ素を用いた制御は、主にこのような比較的ゆっくりした反応度¹⁵変化に対する制御に用いている。

(イ) 制御棒

制御棒は、中性子を吸収しやすい性質をもつ銀・インジウム・カドミウム合金を用いたものであり、本発電所では、燃料集合体の上部から挿入できるよう組み込まれており、制御棒の先端(下端)は、常に燃料集合体の中に入った状態となっている。また、1つの燃料集合体に挿入される制御棒の全ては上部で束ねられており、これを制御棒クラスタと呼ぶ。この制御棒クラスタを制御棒クラスタ駆動装置によって保持するとともに、原子炉内で上下に駆動させる

¹⁴ 化学体積制御設備とは、体積制御タンク、充てんポンプ、ホウ酸タンク、ホウ酸ポンプ等の設備から構成され、一次冷却材中のホウ素濃度の調整のほか、一次冷却材設備(後述)の一次冷却材保有量の調整、一次冷却材中の水質維持等の機能を持つ。

¹⁵ 反応度とは、原子炉が臨界状態からずれている程度を表す数値。臨界状態に近いほど反応度は0に近い数字となる。

ことで、原子炉内の中性子の数を調整し、核分裂の連鎖を安定した状態に制御する。通常運転時には、ほぼ全ての制御棒が引き抜かれた状態で原子炉内の核分裂反応は安定しているが、タービン出力が変化するなど急な原子炉出力調整の必要が生じた際には自動で上下駆動し原子炉出力を安定的に制御する。(図 1 1)

また、緊急時には、制御棒クラスタが自動的に炉内に挿入され、原子炉を停止する。この際は、原子炉トリップ遮断器¹⁶が開放され(つまり、制御棒クラスタ駆動装置への電源が遮断され)、制御棒クラスタを保持する力がなくなることにより、制御棒クラスタが自重で落下する仕組みとなっている。この緊急に制御棒を炉心に挿入し核反応を停止させることを、原子炉トリップという。

(乙 1 1 (8 - 3 - 2 7 頁, 8 - 3 - 2 9 ~ 3 3 頁, 8 - 3 - 8 1 頁, 8 - 6 - 1 3 3 頁, 1 0 - 1 - 8 ~ 1 0 - 1 - 1 0 頁))

¹⁶ 原子炉トリップ遮断器は、制御棒クラスタ駆動装置と電源を接続又は切断するための設備である。

〈制御棒クラスタ〉

〈制御棒クラスタ駆動装置〉

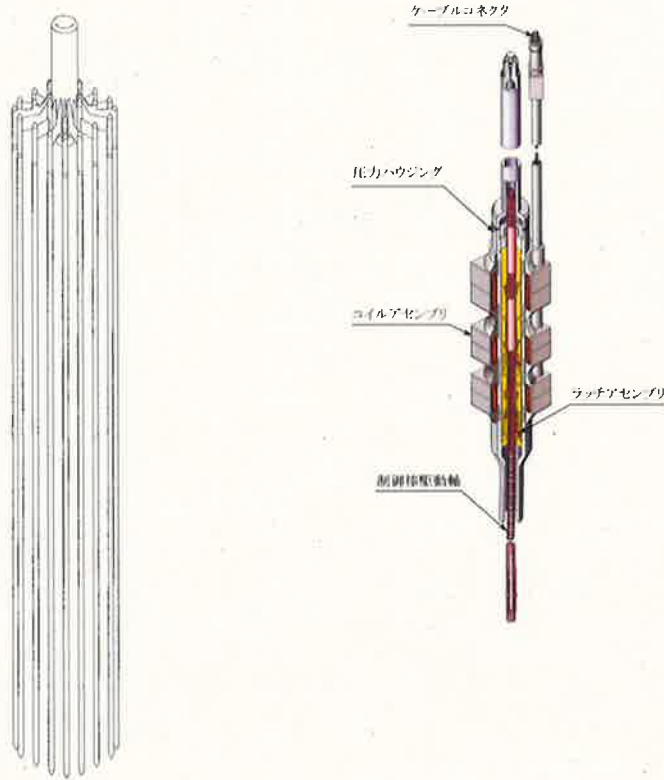


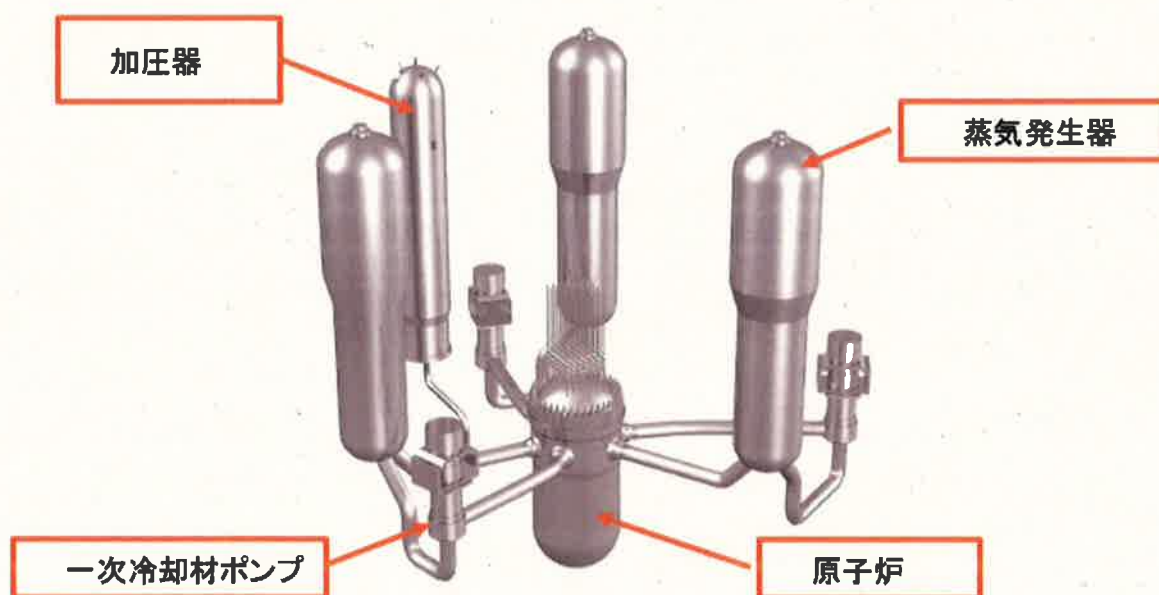
図 1 1 制御棒クラスタと制御棒クラスタ駆動装置

(2) 一次冷却設備

一次冷却設備（別図 1 の青色の系統の設備）は、原子炉内で核分裂によって生じた熱エネルギーによって高温となった一次冷却材を蒸気発生器に送り、蒸気発生器内において一次冷却材の熱エネルギーを二次冷却材に伝え、二次冷却材に熱エネルギーを伝えて低温になった一次冷却材を、再び原子炉に戻し循環させる機能をもつ。

一次冷却設備は、主に加圧器、蒸気発生器及び一次冷却材ポンプから構成されており、原子炉及びこれらの設備は、一次冷却材管によって接

続され循環回路を形成している。本件3号機はこの回路を3組有している（ただし、加圧器は3組で1つ設置）。このような一次冷却設備による循環回路は、放射性物質を閉じ込めるために全体として一つの障壁を形成しており、この障壁となる範囲のことを原子炉冷却材圧力バウンダリと呼称している（図12）。（乙11（8-5-1～8-5-4頁，8-5-259～260頁，8-5-266～8-5-267頁））



（三菱重工業（株）ホームページより）

図12 原子炉冷却材圧力バウンダリ

ア 加圧器

加圧器は、原子炉で高温になった一次冷却材が沸騰しないように高い圧力をかけ、かつ、一次冷却材の熱膨張及び収縮による圧力変動を緩和し、一次冷却材の圧力を一定に維持する機能を有する。加圧器による加圧は、その底部に設置した電熱ヒータで加圧器内部の水を加熱

することによって行う。また、加圧器には、加圧器スプレイ並びに加圧器逃がし弁及び加圧器安全弁を設けている。加圧器スプレイは、負荷変動に伴う圧力上昇に対して低温側配管から水を取り入れて加圧器内にスプレイすることによって加圧器内部の蒸気を凝縮させて圧力を下げる働きをする。加圧器逃がし弁及び加圧器安全弁は、加圧器スプレイの制御範囲を超える圧力上昇があった場合に作動し、一次冷却材の圧力が過度に上昇することを防止する。加圧器は低合金鋼製で、内面はステンレス鋼を内張りしている。（乙 1 1（8-5-16頁，8-5-186頁，8-5-265頁））

イ 蒸気発生器

蒸気発生器は、一次冷却材の熱エネルギーを二次冷却材に伝えるための装置であり、熱交換器の役割を果たす。具体的には、蒸気発生器の内部にある約 3 3 8 0 本の逆 U 字型をした伝熱管（外径約 2 2 mm，厚さ約 1. 3 mm）の内部を高温の一次冷却材が通ることで、伝熱管の外側の二次冷却材に熱エネルギーを伝えて、蒸気を発生させる仕組みとなっている（図 1 3）。

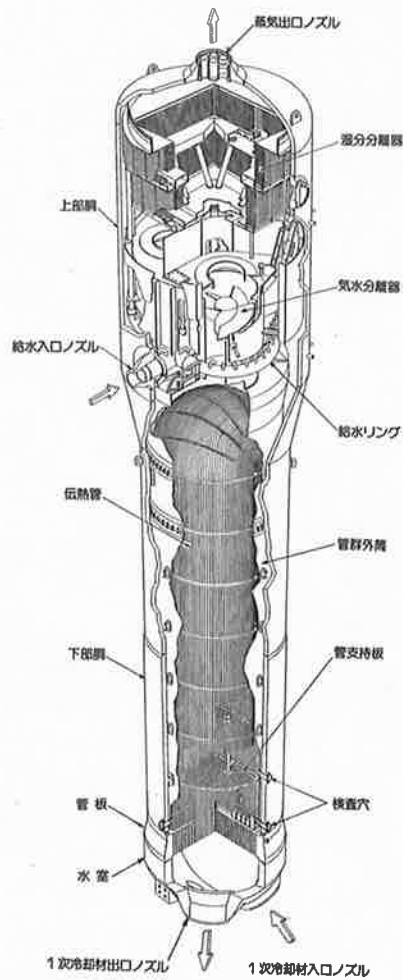


図 1 3 蒸気発生器

蒸気発生器の材料としては、本体には低合金鋼を、伝熱管には特殊熱処理された690系ニッケル基合金を用いているが、この合金は、優れた耐食性を有している。また、伝熱管が逆U字型に曲がっている部分には、振動及び摩耗を防止するために、伝熱管と伝熱管の間に、振止め金具を設置している。

(乙11(8-5-6~8-5-8頁, 8-5-184頁, 8-5-262~8-5-263頁))

ウ 一次冷却材ポンプ

一次冷却材ポンプは、蒸気発生器を出た一次冷却材を原子炉容器に戻して循環させるための電動ポンプであり、炉心で発熱している燃料棒から熱を取り出すのに必要な一次冷却材流量を確保できる容量を有している（乙11（8-5-16頁，8-5-185頁））。

(3) 二次冷却設備

二次冷却設備（別図1の赤色の系統の設備）は、二次冷却設備（別図1の赤色の系統の設備）は、蒸気発生器内で熱交換を行って一次冷却材を除熱するとともに蒸気となった二次冷却材をタービンに送り、発電した後の蒸気を水に変えた後で、再び蒸気発生器に戻すための設備であり、主蒸気逃がし弁、タービン、復水器、主給水ポンプ、補助給水設備等から構成されている。なお、二次冷却材は、放射性物質を含む一次冷却材とは隔離されているため、放射性物質を含んでいない。

ア 主蒸気逃がし弁

主蒸気逃がし弁は、二次冷却設備の系統の圧力が上昇した場合に、主蒸気を大気中に放出してその流量を制御することによって、余剰となった原子炉の発生熱を除去するための設備である（乙11（8-5-165頁及び8-5-248頁））。

イ タービン

タービンは、蒸気発生器で発生した蒸気によって高速回転する羽根車であり、蒸気の持つエネルギーを機械的動力に変換し、この変換した力を後記(4)アの発電機に伝える装置である（乙11（8-5-166～8-5-167頁，8-5-249頁））。

ウ 復水器

復水器は、タービンで使用した蒸気を海水との熱交換によって冷却凝縮し、水に戻すための装置である（乙11（8-5-171～8-5-172頁，8-5-251～8-5-252頁））。

エ 主給水ポンプ

主給水ポンプは、復水器で蒸気から水に戻された二次冷却材を蒸気発生器へ戻すための装置である（乙11（8-5-174頁及び8-5-254頁））。

オ 補助給水設備

原子炉が停止した後にも、核分裂生成物の崩壊により発生する熱（崩壊熱）等があるため、これらの残留熱を除去する冷却手段を確保する必要がある。通常は、主給水ポンプを用いた二次冷却材の循環により、蒸気発生器への二次冷却材の給水を継続して、原子炉の残留熱を一次冷却材から蒸気発生器を通じて二次冷却材へ伝えることなどで残留熱を除去する。主給水ポンプが使えない場合などに、蒸気発生器に給水して、原子炉の冷却を可能とする設備が補助給水設備である。

補助給水設備には、電動補助給水ポンプとタービン動補助給水ポンプとがある。電動補助給水ポンプは、外部電源が失われた場合でも、非常用ディーゼル発電機により稼働させることが可能であり、また、タービン動補助給水ポンプは、蒸気発生器で発生する蒸気で稼働するため、外部電源及び非常用ディーゼル発電機からの電力供給が失われた場合にも稼働させることが可能である（図14）。（乙11（8-5-161頁，8-5-163頁，8-5-175～8-5-176頁，8-5-241～8-5-242頁，8-5-255頁））

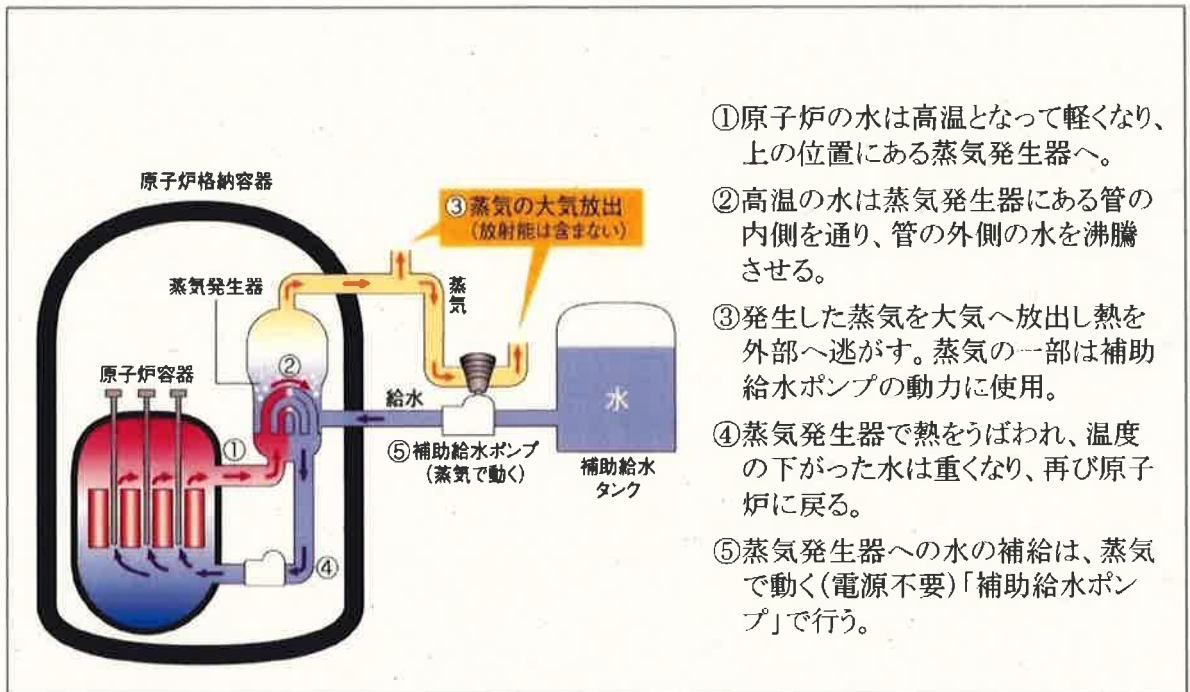


図 1 4 タービン動補助給水ポンプを用いた炉心冷却の仕組み

(4) 電気設備

タービンの回転によって発電機において電気が発生し、発生した電気は送電線に送られ、送配電網を通じて各需要家に供給される。

また、本件発電所内の機器を運転するのに必要な電気は、通常運転時においては発電機から変圧器を通じて供給するが、発電機の起動時及び停止中には、外部電源から供給を受ける。

また、発電機が停止し、かつ外部電源が喪失した場合に備えて、非常用ディーゼル発電機が設けられている。原子炉の温度、圧力等を監視・制御するために必要な機器については、発電機、外部電源及び非常用ディーゼル発電機からの電気の供給が喪失した場合に備え、直流電源設備を設けている。

ア 発電機

発電機は、二次冷却設備のタービンに同軸で直結され、タービンが回転するエネルギーをもとに電気を発生させる設備である。発生した電気は、需要家への供給に加えて、本件発電所内の機器に供給される。

(乙11(8-10-38~8-10-39頁))

イ 外部電源

外部電源は、本件発電所の外部で発電した電気を本件発電所に供給するための設備であり、発電機の停止中に本件発電所内の機器を運転するのに必要な電気の供給源である。本件3号機においては、川内変電所からの1ルート2回線、大洲変電所からの2ルート4回線の送電線によって供給を受けることができる。また、亀浦変電所からの配電線によって供給を受けることができる(図15)。(乙11(8-10-33~8-10-38頁)、乙12(5頁)、乙14(図表-48頁))

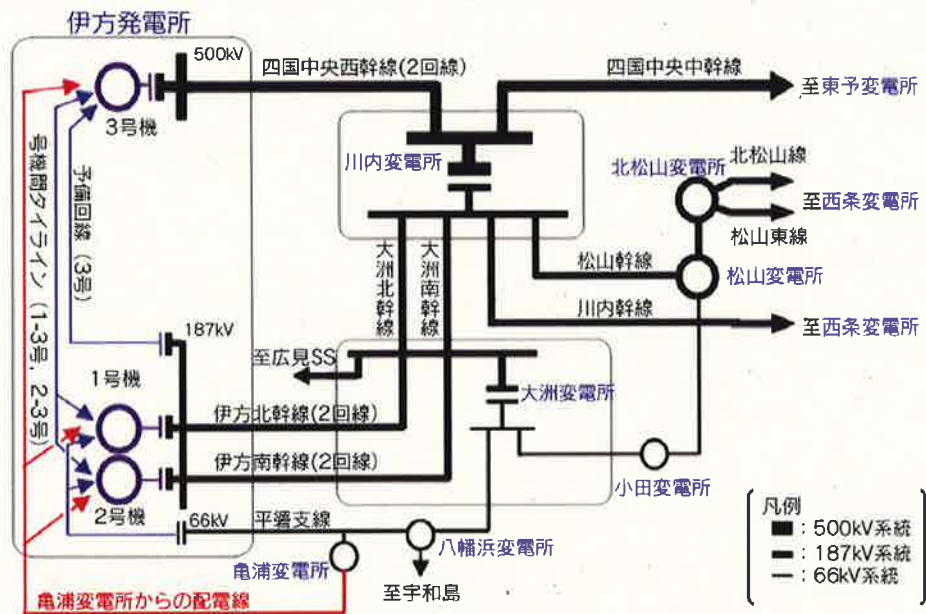


図 1 5 本件発電所の外部電源系統図

ウ 非常用ディーゼル発電機

非常用ディーゼル発電機は、発電機が停止しかつ外部電源が喪失した場合に、発電所の安全を確保するために必要な設備を起動するための設備である。非常用ディーゼル発電機は、本件3号機においては、1台で必要な容量を有するものを2台各々建屋内の別の部屋に備え、それぞれ7日間にわたって必要な電力を供給することができるだけの燃料を備蓄している。また、本件発電所においては、各号機をケーブルで接続して相互に電力を融通できるようにしており、例えば、本件3号機の非常用ディーゼル発電機が2台とも使えない場合に本件2号機の非常用ディーゼル発電機を本件3号機の電源として使用することができる。(乙11(8-10-1頁, 8-10-5~8-10-9頁及び8-10-135~136頁), 乙14(110頁))。

エ 直流電源設備

直流電源設備は、2組のそれぞれ独立した蓄電池、充電器、直流コントロールセンタ等で構成する。外部電源及び非常用ディーゼル発電機からの交流電源を全て喪失した場合であっても、直流電源設備によって、原子炉の温度、圧力等を監視・制御するために必要な機器に電気を供給することができる。（乙11（8-10-9～8-10-10頁，8-10-137～8-10-138頁））

(5) 工学的安全施設

ア 原子炉格納施設

放射性物質を閉じ込める施設として、原子炉格納容器及びコンクリート遮へい壁を設けている。

原子炉格納容器（末尾別図1の黒太線部分）は、原子炉、一次冷却設備等を囲っている気密性の極めて高い密封容器で、炭素鋼を材料としている。その内容量は、約67400 m³であり、胴部の厚さは約4.5 cmである。原子炉格納容器は、原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する配管の破損により一次冷却材喪失事故（LOCA¹⁷）等が発生した場合に圧力障壁となり、放射性物質の放出に対する障壁となる。

また、コンクリート遮へい壁は、原子炉格納容器のさらに外側をコンクリートで囲んでおり、胴部の厚さ（最大）は約140 cmである。

原子炉格納容器とコンクリート遮へい壁の間には密閉された円環状空間であるアニュラス部を設け、二重格納の機能を持たせている（図16）。

（以上、乙11（8-9-1～8-9-8頁，8-9-142頁，8-9-191頁）参照）

¹⁷ LOCAとは loss-of-coolant accident（冷却材喪失事故）の略。

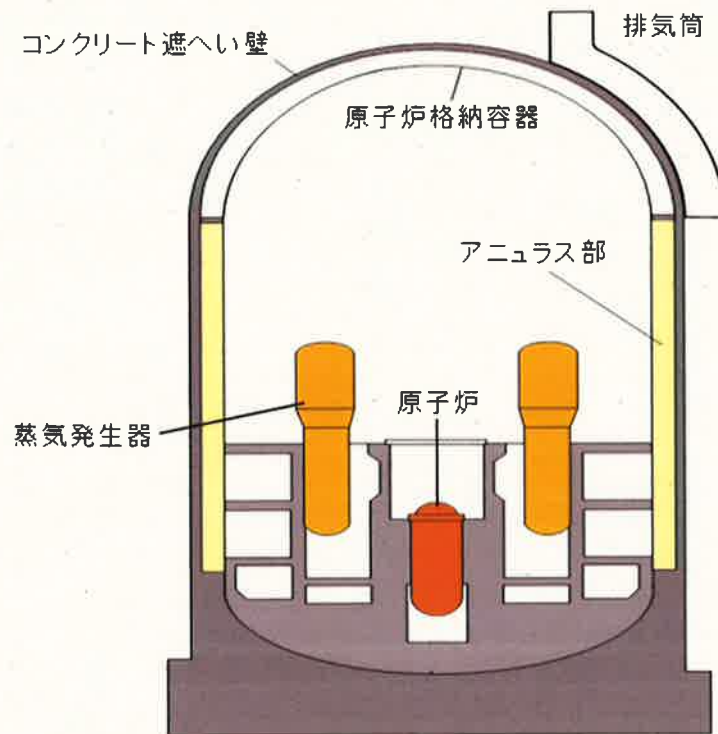


図 1 6 原子炉格納施設

イ 非常用炉心冷却設備 (ECCS¹⁸)

非常用炉心冷却設備 (ECCS。次項原子炉格納容器スプレイ設備と併せて別図 1 の紫色の系統の設備) は、仮に LOCA 等が発生して一次冷却材が減少し原子炉を冷却する機能が低下した場合であっても、原子炉にホウ酸水を注入することで、燃料の重大な損傷を防止するための設備である。ECCS には、蓄圧注入系、高圧注入系及び低圧注入系があり、それぞれ複数の系統を設けている (図 1 7)。

蓄圧注入系は、LOCA 等が発生し、一次冷却系の圧力が低下すると、自動的に、ホウ酸水を原子炉容器内に注入する。ホウ酸水は蓄圧

¹⁸ ECCS とは、Emergency Core Cooling System の略。

タンク内に封入した窒素ガスの圧力によって注入されるため、外部電源等の駆動源は必要としない。

高圧注入系及び低圧注入系は、電動ポンプにより、ホウ酸水を原子炉容器内に注入する。高圧注入系で用いるポンプは高圧注入ポンプ、低圧注入系で用いるポンプは余熱除去ポンプ¹⁹であり、系統ごとに1台ずつ設置されている。

(以上、乙11(8-5-28~8-5-35頁, 8-5-195~8-5-196頁)参照)

ウ 原子炉格納容器スプレイ設備

原子炉格納容器スプレイ設備(前項ECCSと併せて別図1の紫色の系統の設備)は、格納容器スプレイポンプ、スプレイリング等で構成されている。LOCA等が発生した場合に、核分裂により生成された放射性ヨウ素を吸収しやすくなる薬剤を添加しながら原子炉格納容器内にホウ酸水を噴霧することで、原子炉格納容器内の水蒸気を凝固させて圧力上昇を抑えるとともに、原子炉格納容器内に浮遊する放射性ヨウ素等を除去する機能を持つ(図17)。(乙11(8-9-11~8-9-16頁, 8-9-159~8-9-160頁))

¹⁹ 低圧注入系は、通常原子炉停止時において原子炉の崩壊熱等を除去し一次冷却材の温度を下げる機能も有しており、余熱除去系の役割の一部を担う。

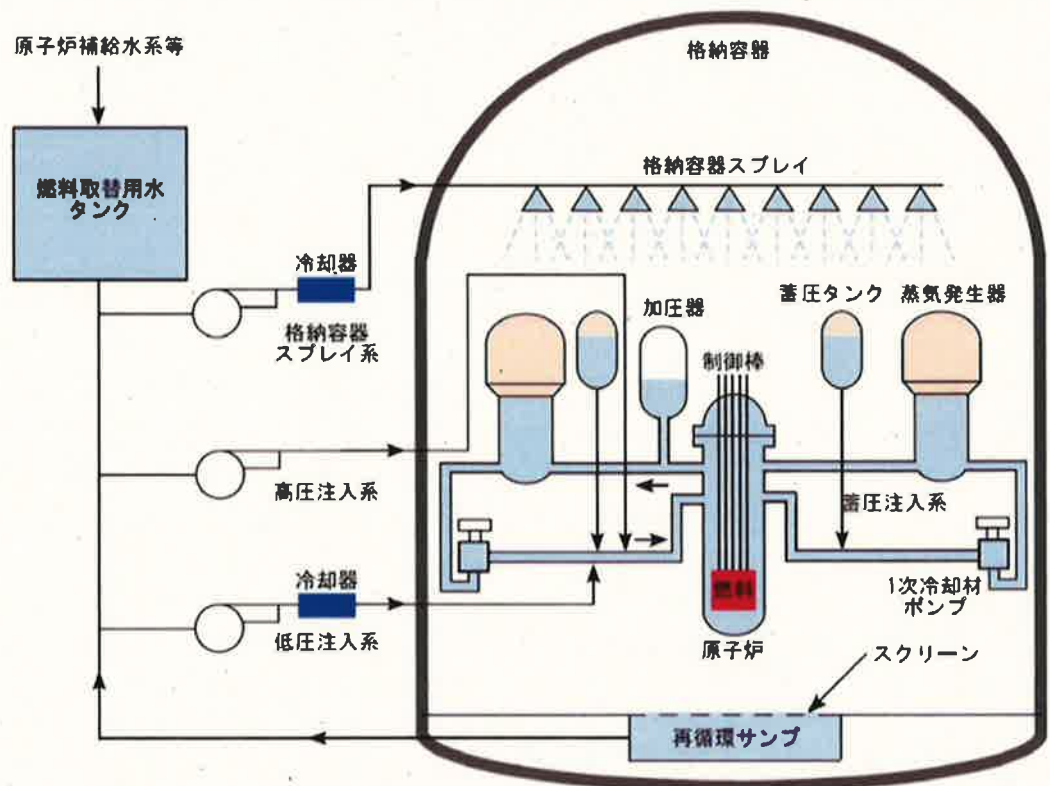


図17 ECCS・格納容器スプレイの仕組み²⁰

エ アニュラス空気再循環設備

アニュラス空気再循環設備は、アニュラス排気ファン、アニュラス排気フィルタユニット等で構成されている。LOCA等が発生した場合に、アニュラス部を負圧²¹に保ちながら、原子炉格納容器からアニュラス部に漏えいした空気を浄化しながら再循環し、この空気に含ま

²⁰ LOCAの発生により系外に漏えいした一次冷却材（ECCSにより注入したホウ酸水を含む。）及び格納容器スプレイによりスプレイされた水は、原子炉格納容器下部の再循環サンプに溜まるように設計されている。ECCSや格納容器スプレイの水源である燃料取替用水タンクの水位が低くなると、再循環サンプをECCS及び格納容器スプレイの水源として利用することで、原子炉への注水及び原子炉格納容器内へのホウ酸水の噴霧を継続できる。

²¹ 負圧とは、一般に、容器内の内部の圧力が外部（大気圧）よりも低い状態をいう。放射性物質は、他の一般的な物質同様、圧力が高い方から低い方へ流れるため、本件発電所においては、アニュラス部を負圧に保つことで、LOCA時等に原子炉格納容器からアニュラス部に漏えいした放射性物質が直接外部に漏えいすることを防止する。

れる放射性物質の外部への放出を抑制する。本件3号機においては、アニュラス排気フィルタユニットは、ヨウ素除去効率95%以上、粒子除去効率99%以上の性能を持っている。(乙11(8-9-17~8-9-20頁及び8-9-176~8-9-177頁))

(6) 使用済燃料ピット

使用済燃料ピットは、原子炉から取り出された使用済燃料を貯蔵する設備である。本件3号機においては燃料取扱棟内に設置されており、壁面及び底部を鉄筋コンクリート造とし、その内面にステンレス鋼板を内張り(ライニング)した強固な構造物である。

使用済燃料ピットは、通常、水位1.2mのホウ酸水で満たされており、使用済燃料から発生する崩壊熱を除去するために冷却設備により継続的に冷却され、水温約40℃以下に保たれている。使用済燃料ピット内では、長さ約4mの使用済燃料を燃料ラックに垂直に立てた状態で収納しており、使用済燃料の上端から水面までの水位は約8mと、使用済燃料からの放射線を遮へいするのに十分な水深が確保されている(図18)。そして、使用済燃料ピットの水位等は常時監視されており、蒸発等によって失われる使用済燃料ピット水を補給するための設備を備えている。

ちなみに、使用済燃料ピットは、その水面の高さが構内道路と同程度であることに加え、構内道路に近接した場所に配置されているため、車両や要員のアクセス性は非常に高く、外部からの注水も容易である(図19)。

(以上、乙11(8-4-1~4頁、8-4-7~8-4-8頁、8-4-12~8-4-14頁、8-4-19~8-4-35頁及び8-4-38~46頁)参照)

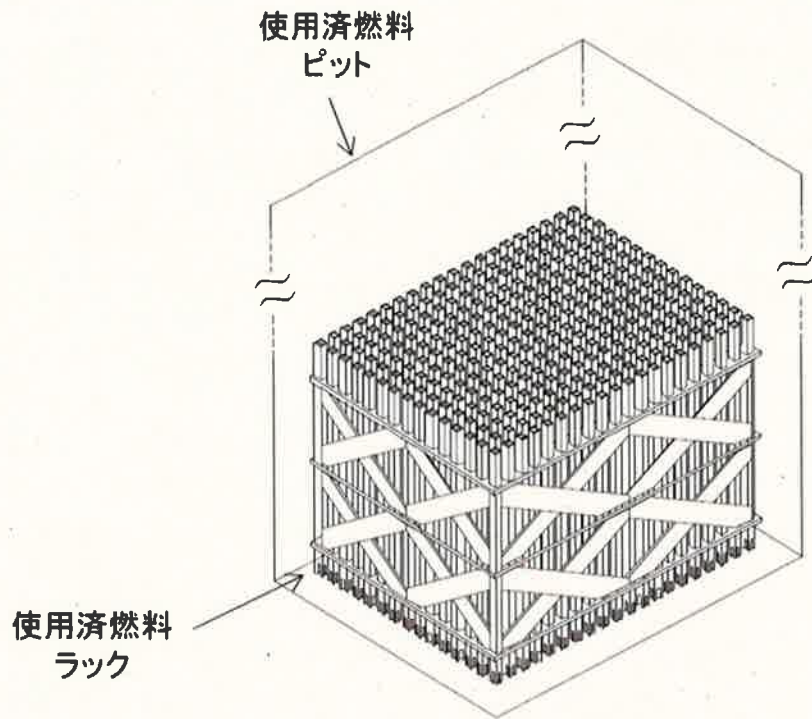


図 1 8 使用済燃料ピット内での保管状態

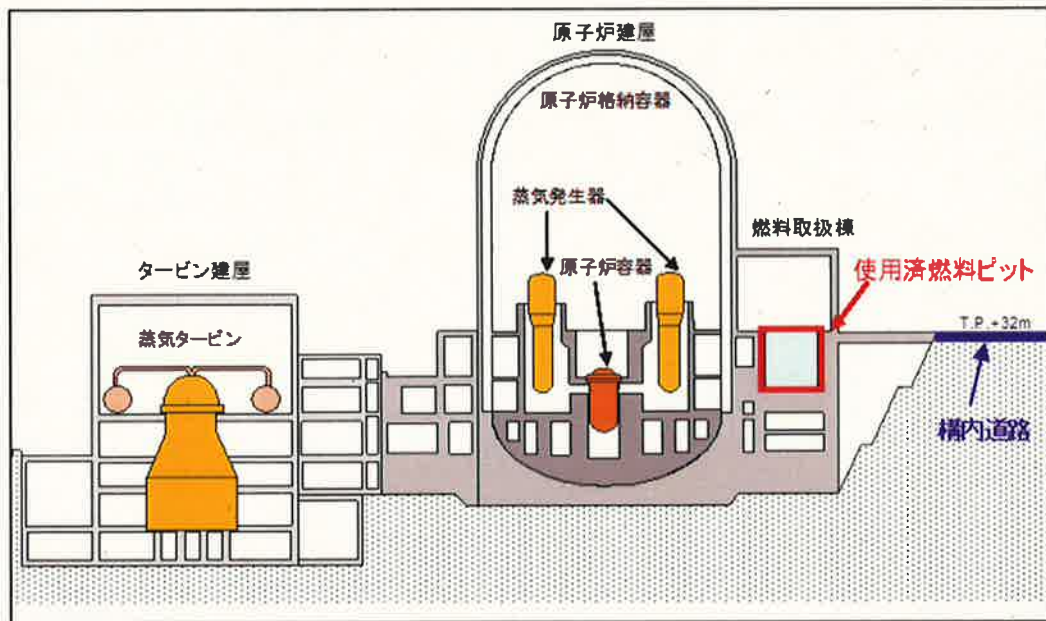


図 1 9 使用済燃料ピットの位置

第6 安全確保の考え方について

原子力発電所は、核分裂反応によって生じるエネルギーを利用して発電を行うため、運転に伴って必然的に放射性物質が発生する。原子力発電所における安全確保とは、この放射性物質の持つ危険性を顕在化させないことである。このため、原子力発電所の運転に伴い発生する放射性物質は、ペレット、燃料被覆管、原子炉容器、原子炉格納容器及びコンクリート遮へい壁の五重の障壁により発電所内に閉じ込める（図20）。すなわち、原子力発電所の安全確保とは、放射性物質による周辺公衆への影響を防止する観点から、多重の障壁により放射性物質を閉じ込め、平常運転時における放射性物質の放出を極力低く抑えるとともに、異常が発生した場合においても、放射性物質を障壁内に確実に閉じ込めることにより、放射性物質を環境中へ大量に放出する事態を防止することである。

債務者は、本件3号機の安全性を確保するため、次のとおり、安全確保対策を講じている。

- ① 原子力発電所を設置するにあたっては、建設する地点及びその周辺の自然的立地条件、すなわち、地盤、地震、津波等の影響を考慮した上で、これらが、原子力発電所の安全確保に影響を与えるような大きな事故の誘因とならないようにしなければならない。このため、債務者は、本件3号機を建設する地点及びその周辺の自然的立地条件について、詳細な調査を行い、その特性を十分に把握した上で、自然的立地条件に対する安全性が確保できるよう十分に余裕を持った設計及び建設を行った。そして、建設以降も最新の知見、調査結果等を前提としても十分な安全性を有していることを確認している（後記第7）。
- ② 原子力発電所においては、平常運転時に極めて微量の放射性物質を

環境中へ放出することが避けられない。このため、債務者は、本件発電所の平常運転時に放出される放射性物質のもつ危険性が顕在化することのないよう、すなわち、平常運転時に放出される放射性物質によって周辺公衆の生命、身体が害されることのないよう、放出する放射性物質を可能な限り低減するための対策を講じるとともに、放出する放射性物質の量を厳格に管理し、周辺環境への影響を監視するなどの対策を講じている（後記第8）。

- ③ また、債務者は、原子炉を「止める」「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」という安全上重要な設備を用いて事故防止に係る安全確保対策を講ずることにより、異常発生時においても上記の五重の障壁をもって放射性物質を発電所内に閉じ込め、放射性物質を環境へ大量に放出する事態を防止している（後記第9）。

（以上、乙11（8-1-1～8-1-3頁，8-1-14～8-1-15頁））

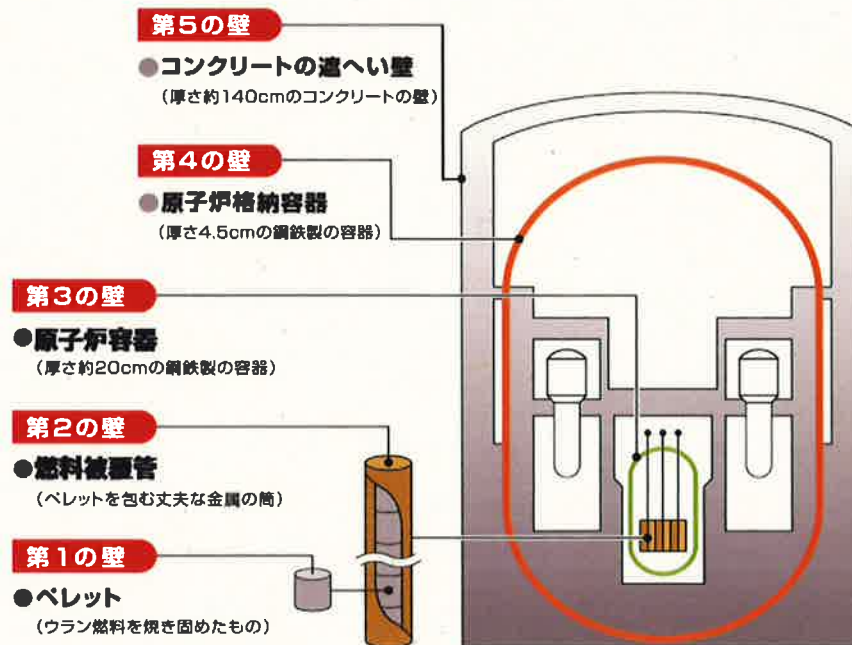


図20 放射性物質を閉じ込めるための五重の障壁

第7 自然的立地条件に係る安全性について

原子力発電所を建設するにあたっては、建設する地点及びその周辺の自然的立地条件、すなわち地盤、地震、津波等の影響を考慮した上で、これらが原子力発電所の安全確保に影響を与えるような大きな事故の誘因とならないようにしなければならない。自然的立地条件が原子力発電所に与える影響は、当然、それぞれの発電所を建設する地点によって異なることから、その影響を考慮するにあたっては、それぞれの地点の自然的立地条件に係る特性を十分に把握する必要がある。

債務者は、本件発電所を建設する地点の特性を十分に踏まえ、本件発電所を建設する地点の自然的立地条件が本件発電所の安全性に影響を与えないことを確認するか、又は、影響が考えられる場合には、その影響を考慮した上で設計及び建設を行った。そして、建設以降も最新の知見、調査等

に基づいた評価・検討を行い、これらの最新の知見、調査等の結果を前提としても本件発電所が十分な安全性を有していることを確認するなどしている。

以下では、自然的立地条件のうち、本件3号機への影響が比較的大きいと考えられる地盤、地震及び津波に対して、本件3号機が安全性を確保していることについて述べる。

1 地盤に係る安全性

原子力発電所において、安全上重要な施設を支持する地盤が、十分な強度を有していなかったり、地震動の影響などで大きく変形（地盤の撓み、傾斜等）したり、変位（地盤のずれ）が生じたりすれば、建屋及びその内部の機器等が損傷し、安全上重要な設備の機能が失われる可能性がある。このため、原子力発電所の建設にあたっては、敷地及びその周辺地域の地形、地質等について詳細な調査を行い、当該立地地点の地盤に係る安全性を確保しておく必要がある。

そして、債務者は、本件発電所の建設時に、地形、地質等に関する詳細な調査を実施し、本件発電所の敷地が原子力発電所の立地地点として適地であることを確認して以降も、新たな知見の収集に努め、適宜、より精度の高い情報を基に本件発電所の地盤に係る安全性を確保している。すなわち、本件発電所の敷地及び周辺地域において、地質、地盤に係る詳細な調査を実施し、本件発電所の敷地周辺地域の地質環境が基礎地盤の安定性を損なうものではないこと（下記(1)）、敷地の地盤において本件3号機の安全上重要な設備に損傷を与えるような変位等が生じないこと（下記(2)）、基礎地盤が安全上重要な施設を設置するのに十分な地耐力を有すること（下記(3)）を確認し、さらには、本件3号機の周辺斜面の地すべり等によ

って本件3号機の安全性が損なわれないことを確認している（下記(4)）。

以下、具体的な内容について述べる。

- (1) 敷地周辺地域の地質環境が基礎地盤の安定性を損なうものではないことについて

債務者は、本件発電所の敷地周辺地域の地質及び地質構造を把握するため、陸域において、既往文献調査、地形調査、地表地質調査、地球物理学的調査²²等を、海域において、既往文献調査、海底地形調査、海上音波探査、地球物理学的調査等を実施した（乙11（6-3-1頁、6-3-2～6-3-7頁））。

そして、債務者は、これらの調査結果から、本件発電所の敷地周辺地域の地質環境が基礎地盤の安定性を損なうものではないことを確認した。

ア 陸域の地質が安定していること

本件発電所は、四国の西端に突出した佐田岬半島の付け根付近に位置し、瀬戸内海の伊予灘に面している。

本件発電所の敷地周辺地域の陸域は、中央構造線によって北側の西南日本内帯と南側の西南日本外帯に分けられる。敷地周辺の西南日本内帯は領家帯に属し、高温高压型の変成作用を受けた領家変成岩類、領家花こう岩類等が分布する。敷地周辺の西南日本外帯の地質は、三波川帯²³、秩父累帯及び四万十帯に分けられる。本件発電所敷地は、

²² 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、重力探査（重力を測定し、その測定結果から地下構造を推定する調査）、地表弾性波探査（地盤を伝播する弾性波（地震波）が地層境界を通過する時の反射、屈折等から地質構造を把握する調査）等が含まれる。

²³ 関東山地にはじまり、西南日本の中央構造線の外側に接して、中部地方の天竜川地域から紀伊半島及び四国を経て九州佐賀関半島まで延長約700キロメートル余にわたって分布する結晶片岩（変成岩）地域をいう。変成岩とは、堆積岩、火成岩及び変成岩に分類される岩石のうちで、高い温度及び圧力によって、元の岩石とは異なった鉱物へと変成してできた岩石のことをいう。

西南日本外帯に位置しており，中央構造線を北限とする三波川帯に属する（図21）。

中央構造線は，敷地周辺で最も重要な断層であり，四国中東部から松山平野南縁を東西に通過して伊予市双海町上灘付近で伊予灘に入る。北側の和泉層群と南側の三波川変成岩類とを境する地質境界としての中央構造線と活断層としての中央構造線とは区別されるが，詳しくは後記2(3)イ(ア)dにおいて述べる（以下，両者を区別して，活断層としての中央構造線を指す場合は「中央構造線断層帯」といい，地質境界としての中央構造線を指す場合は，「地質境界としての中央構造線」というようにその旨を明記する。また，両者を総称する場合には，「中央構造線」という。）。（乙11（6-3-19～6-3-21頁））

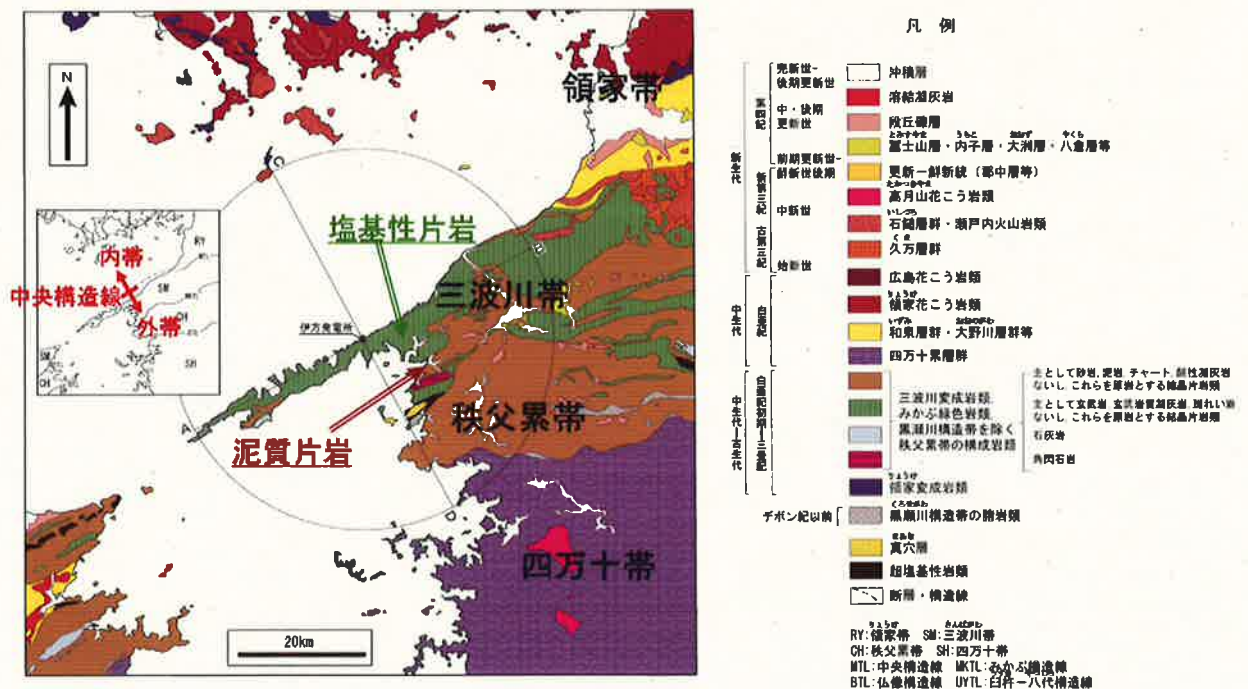


図21 本件発電所敷地周辺の地質

三波川帯には、三波川変成岩類が帯状に分布している。三波川変成岩類は、主に塩基性片岩（緑色片岩）²⁴、泥質片岩、砂質片岩、珪質片岩等から成り、地下の深いところで低温高压型の変成作用を受けて形成されたものである。本件発電所周辺に分布する三波川変成岩類は、主に白亜紀（約1億年前）頃に地下深部で変成作用を受け、その後上昇して古い時代に地表付近に位置して以降大きな変成作用を受けていない。また、変成作用によって形成された片理²⁵がほぼ水平であり堅硬かつ緻密な岩盤であることから、地表に上昇して以降、大きな変形や破碎もを受けていない。したがって、本件発電所の敷地周辺の陸域は、長期間にわたって地質的に安定している。（乙11（6-3-8～6-3-12頁））

イ 海域の中央構造線が本件発電所敷地の地盤の安定性を損なわないこと

敷地周辺の海域は、佐田岬半島によって北側の伊予灘と南側の宇和海とに二分されている。本件発電所の敷地前面海域の伊予灘には、陸域に分布する中央構造線断層帯の最西端である伊予市双海町高野川沖から南西方向に細長く幅を持って雁行（がんこう）配列する一連の断層群が認められる。海底には上灘沖から大洲市長浜町沖を経て三崎沖まで細長い凹みを形成し、北東-南西方向に直線状に配列している。このように、敷地前面海域には、中央構造線断層帯に属する断層群が分布する。（乙11（6-3-31～6-3-32頁，6-3-36～

²⁴ 結晶片岩のうち、海底火山活動に伴う岩石（塩基性岩）が地下深部で変成作用を受けたもので、緑色に見えることから、緑色片岩ともいう。なお、結晶片岩のうち、粘土及び泥が堆積してできた堆積岩が変成作用を受けたものを泥質片岩という。

²⁵ 岩石が、地下深部において長い間、圧力、温度等の作用（これを「変成作用」という。）を受けた場合には、鉱物が再結晶し、鉱物の配列に方向性が生じる。片理とは、この方向性を有する組織をいい、その面を片理面という。

6-3-39頁)

中央構造線断層帯が本件発電所敷地に与える影響について、地震動に係る影響は後記2(3)イで詳しく述べる。また、地震動による影響の他、中央構造線断層帯の断層運動が本件発電所敷地の地盤に変位や変形をもたらすことも考えられるが、中央構造線断層帯と敷地とは約8km離れていること、深部ボーリング孔を利用した地下構造調査の結果(後記2(3)イ(ウ)b)、本件発電所の敷地内断層(下記(2))と中央構造線断層帯との連続性は認められないこと、また、中央構造線断層帯が活動した場合の地殻変動に伴う本件発電所敷地の地盤の傾斜を評価したところ、最大傾斜は1/28000と無視し得る程度であったことから、中央構造線断層帯の断層運動は、本件発電所敷地の地盤の安定性を損なうものではない。(乙11(6-3-118~6-3-119頁))

- (2) 敷地の地盤において本件3号機の安全上重要な設備に損傷を与えるような変位等が生じないことについて

債務者は、本件発電所の敷地内において、地表地質調査、地表弾性波探査、ボーリング調査、試掘坑調査、掘削面観察、深部ボーリング調査、地下水位調査等を実施した(乙11(6-3-73~6-3-75頁))。

これらの調査の結果、以下のとおり本件発電所敷地の地盤は安定しており、本件3号機の安全上重要な設備に損傷を与えるような変位等は生じない。

ア 本件発電所敷地の地盤が安定していること

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

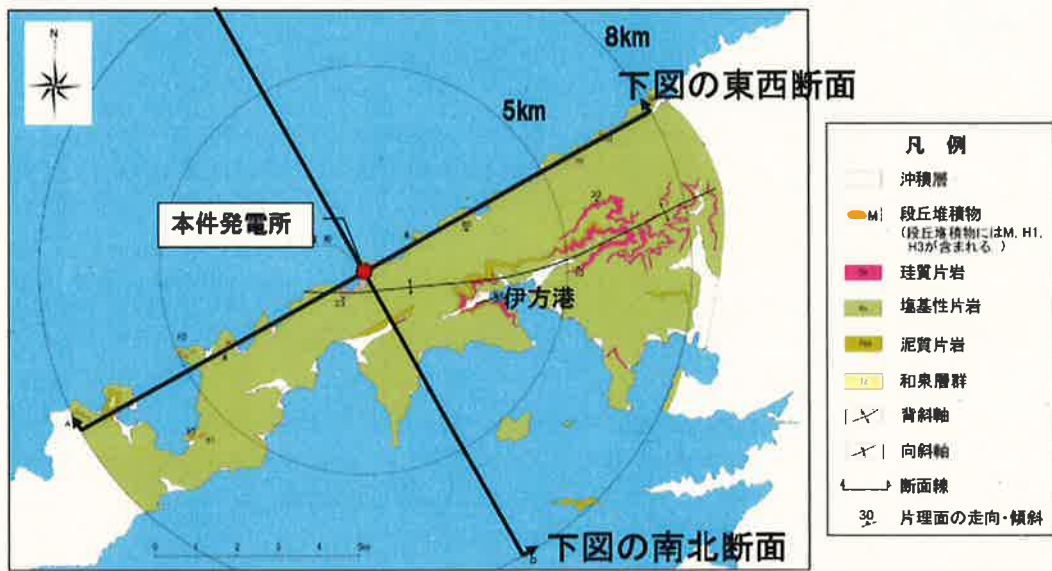
るものの、一般に剥離性が弱く、塊状かつ堅硬である（乙11（6-3-76頁））。また、ボーリング調査の結果、本件発電所敷地の地盤においては、堅硬な塩基性片岩が深度数百mまで連続し、それ以深においても少なくとも深度約2000mまでは堅硬かつ緻密な泥質片岩を主体とする結晶片岩が連続している。そして、ボーリング調査の結果や深部ボーリング孔を利用した地下構造調査の結果（詳しくは後記第7の2(3)イ(ウ)b)からは、本件発電所の敷地地盤は地下深部までほぼ水平成層かつ均質な層が連続し、地表から深度約2000mまで連続する。（図22）

また、敷地は火山フロント²⁶から大きく南東に外れて第四紀火山²⁷と離隔があり、敷地近傍に火山岩の貫入も認められない。

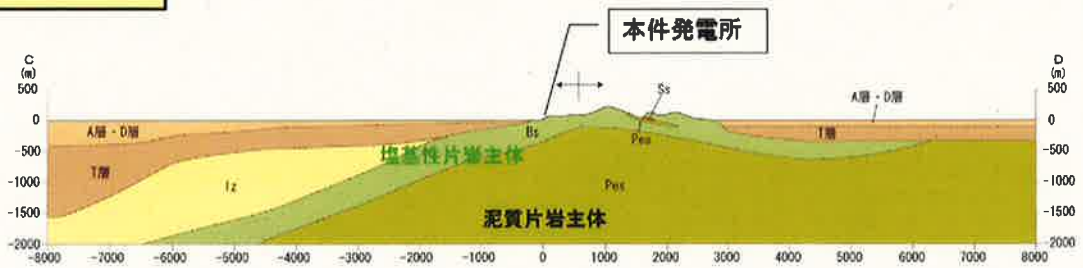
したがって、本件発電所敷地は、基礎地盤となる良質な岩盤が十分な広がりをもっており、安定した地盤である。

²⁶ 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かける火山フロント沿いに火山が分布している。

²⁷ 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。



南北断面



東西断面

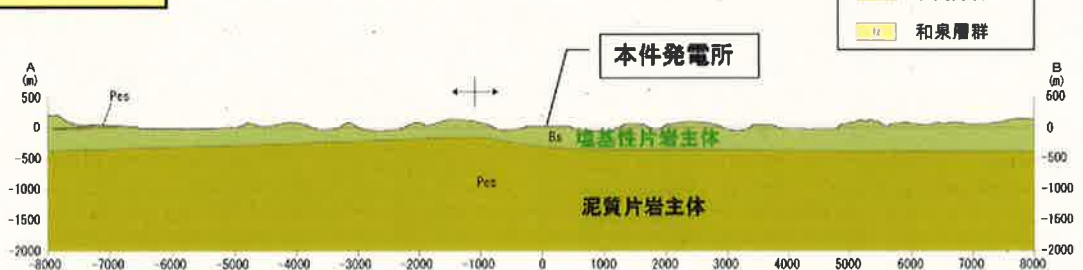


図 2 2 敷地近傍の地質構造 (上：平面図，下：断面図)

イ 敷地内断層は変位を生じさせるものではないこと

地形調査によると、本件発電所敷地には、後期更新世²⁸以降の断層

活動を示唆する変位地形・リニアメント²⁹は認められないものの、小規模な断層が観察される（図23）。これらの断層の破碎幅はほとんどが10cm未満で、大部分が固結して軟質部を含まず、片理の引きずり³⁰が見られるなど地下深所で形成された特徴を示している。（乙11（6-3-75～6-3-78頁））

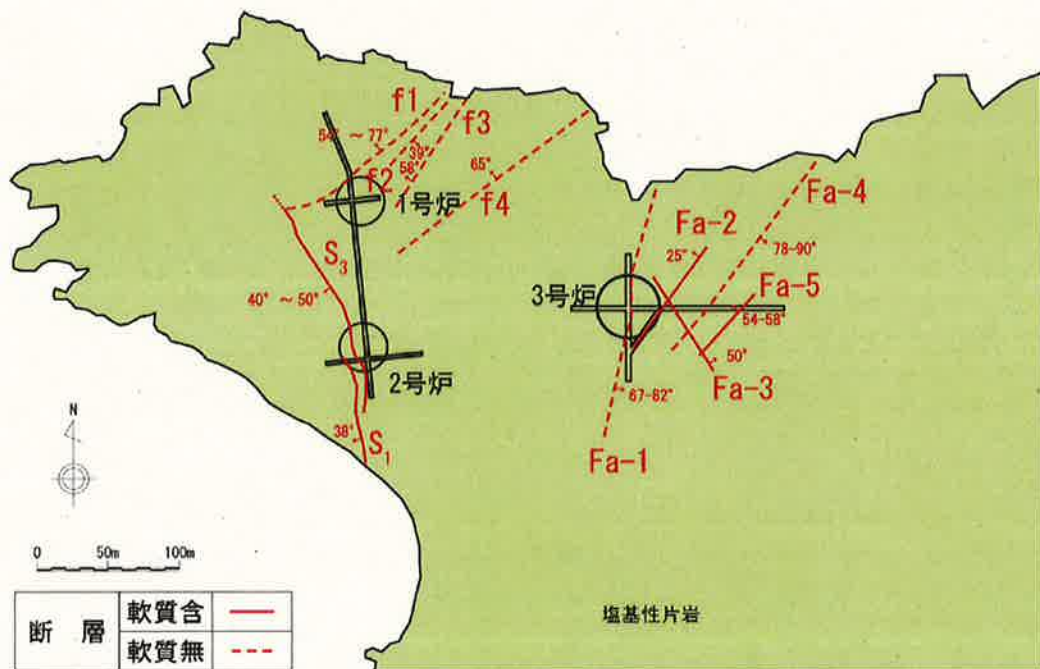


図23 本件発電所の敷地内断層の分布

敷地内断層の活動性については、地震を発生させる震源として考慮する必要性に加え、地盤の安定性の観点から、地震活動などに伴って永久変位を生じさせる可能性について検討が必要となるが、本件発電

²⁹ 河川、谷、尾根等の傾斜急変部、屈曲部等の地形的特徴が直線又は直線に近い状態に配列している地形のことをいう。

³⁰ 断層に片理面がひきずられるように変形した形状が見られるのは、その断層のずれが塑性流動（高温高圧下において、岩石が砕けることなく流れるように変形すること）が起こり得る地下深部で発生したことを示している。

所の敷地内断層は、いずれも規模は小さく、地下深部への連続性もないことなどから、地震を発生させる活断層として考慮すべき断層であるとは考えられない（乙13（12～13頁））。したがって、以下では、地震活動などに伴って永久変位を生じさせる可能性があるか否かについて検討する。

債務者は、建設時に採取したボーリングコアや断層露頭などで観察できる断層の性状を詳細に検討し、次のとおり活動性の有無を慎重に評価した。（ただし、図23で示した断層のうち、S1及びS3断層は付近に本件3号機の重要施設がなく、その変位が本件3号機の施設に影響を及ぼすものではないため、本件3号機の安全性に係る検討の対象からは除く。）

(ア) 一般に、地表付近の浅いところで活動した断層は、断層面に沿って岩石が破碎されたり、すり潰されたりすることにより、粘土状の軟質部を伴うが、地下の深いところで形成された場合は、地下深部の温度と圧力によって断層内物質が固結し、岩石化する。つまり、断層内物質が岩石化している場合には、地下深くに位置していた古い時代に活動したもので、かつ、地上付近に位置して以降は活動していないと評価できる。そして、債務者は、慎重に検討するため、まずは岩石化していると考えられる（軟質部を含まない）断層を肉眼観察により選別し、選別した断層（図23のFa-1, Fa-4断層, f1～f4断層）について、さらに物理試験、針貫入試験³¹、薄片観察等を行い、古い時代に地下深部で

³¹ 土・岩に針を貫入し、その貫入長さや貫入荷重を測定して、その関係から針貫入勾配（強度）を求めるもの

生成した断層が新しい時代には活動していないことを総合的に判断することとした。

(イ) 一方、地下深くにおいて活動し、地上付近に位置して以降は活動していない断層であっても、地下水が細粒部に浸入し軟質化することなどによって、断層内物質が軟質部を伴う場合がある。このため、債務者は、肉眼観察により断層内物質に軟質部を伴う断層（図23のFa-2, Fa-3, Fa-5断層。ただし、Fa-5は変位の状況からFa-3断層よりも活動時期の古い断層であると判断されるため、Fa-3断層の評価で代表させた。）については、ボーリングコアなどから採取した断層部分の薄片及び研磨片についてX線写真・CT画像や顕微鏡を用いて、断層内物質の微細な構造の観察を行うことにより、活動性の有無を判断することとした。

(ウ) そして、債務者は、敷地内断層はいずれも後期更新世や中期更新世よりもはるかに古い時代から活動しておらず、将来も活動することがない断層であることを確認した。

以上のことから、本件発電所の敷地内断層は、いずれも地震活動等に伴って本件発電所敷地の地盤に永久変位を生じさせる可能性はなく、地盤の安定性の観点から問題となるようなものではない。

(以上、乙11(6-3-77~6-3-82頁, 6-3-94~99頁), 乙13(30~31頁))

(3) 基礎地盤が十分な地耐力を有することについて

債務者は、本件3号機の原子炉設置位置付近の基礎地盤の性状を把握

するため、原子炉設置位置付近において、地表弾性波探査³²、ボーリング探査、試掘坑調査³³、掘削面観察等を実施し、地質、地質構造の検討を実施した。試掘坑内においては、平板載荷試験³⁴、岩盤せん断試験³⁵、弾性波試験等の岩盤試験を実施するとともに、岩石の物理的・力学的特性を把握するボーリングコアによる岩石試験を実施した。（乙11（6-3-84頁～6-3-93頁））

これらの詳細調査の結果、基礎地盤を構成する緑色片岩がS波速度³⁶として2600m/秒を有する非常に堅硬で、原子炉施設を設置するのに十分に適した岩盤であることを確認した上で（乙11（6-3-103頁））、本件3号機を設置する基礎地盤が、安全上重要な施設を支持するための十分な地耐力（支持力、すべり安全性及び地盤の沈下、傾斜等に対する安全性（変形に対する抵抗力）を有することを確認するとともに、地震時においても、当該施設を支持し得ることを確認する観点から、基準地震動Ss（本件発電所に影響を及ぼす可能性のある地震による地震動で、後記2(3)で詳述する。）による安定性評価を実施するとと

³² 弾性波探査とは、地下を伝わる弾性波が物性（主にP波速度、S波速度および密度）の異なる境界で屈折や反射などの現象を生じることを利用して地下構造を調査するための手法

³³ 試掘坑は、基礎岩盤を直接確認したり、岩盤試験を実施したりするために掘削する坑道のこと。試掘坑内での調査により、基礎地盤の地質及びその分布並びに岩盤の特性等を詳細に把握することができる。

³⁴ 平板載荷試験とは、岩盤の荷重に対する支持力を測定する試験をいう（乙11（6-3-311頁参照））。

³⁵ 岩盤の原位置でのせん断強度特性を求める試験方法で、試掘トレンチ内の岩盤上にコンクリートブロックを置き、そのブロックを介して直下の岩盤をせん断する試験をいう（乙11（6-3-313頁参照））。

³⁶ 地盤及び岩盤中では、縦波（波の進行方向と振動方向が同じ波、疎密波とも呼ばれる。）及び横波（波の進行方向と振動方向が直角をなす波、せん断波とも呼ばれる。）との2種類の弾性波が伝わる。地震学では、縦波をP波（Primary wave）、横波をS波（Secondary wave）と呼ぶ。P波の伝播する速度をP波速度、S波の伝播する速度をS波速度と呼ぶ。

一般に、S波速度が概ね700m/秒以上であれば、硬い岩盤であるとされているが、本件発電所の基礎地盤である緑色片岩はこの約4倍の2600m/秒であり、特に堅硬な岩盤といえる。

もに、周辺地盤の変状によっても基礎地盤の安定性が損なわれないことを確認した。

ア 十分な支持力を有すること

基礎地盤の支持力が十分でなければ、当該基礎地盤に設置する施設の重量を支えきれず、基礎地盤を構成する岩盤が破壊され、施設が傾斜又は転倒するなどして損傷する恐れがある。このため、安全上重要な施設を設置する基礎地盤は、十分な支持力を有していなければならない。

債務者が試掘横坑内の岩盤で実施した平板載荷試験では、本件3号機の基礎地盤の岩盤は最大 7.84 N/mm^2 （ 1 m^2 当たり800t）程度までの繰り返し荷重に対しても十分に弾性的な性状（荷重を除去すると元の状態に戻る性質）を示していることから、極限支持力は 7.84 N/mm^2 （ 1 m^2 当たり800t）以上であると評価できる。これに対し、地震時における本件3号機の原子炉建屋基礎底面に係る最大荷重（下方向への荷重）が約 2.2 N/mm^2 （ 1 m^2 当たり約220t）であることから、本件3号機の基礎地盤は十分な支持力を有している。したがって、支持力に対する十分な安全性（つまり、岩盤破壊が生じない。）を確保している。（乙11（6-3-104～6-3-105頁，6-3-117頁），乙13（31～32頁））

イ すべり安全性（せん断抵抗力）を有すること

仮に原子力発電所の基礎地盤に岩盤の密着が弱い部分があり、そこに地震力が作用するなどして亀裂が生じ、当該亀裂（すべり面）を境にして基礎地盤に変位（ずれ，地すべり）が生じれば、当該地盤に設置している施設が損傷する可能性がある。このため、安全上重要な施

設を設置する基礎地盤は、すべりに対する安全性を十分に有していなければならない。

債務者が実施したボーリング調査及び試掘横坑内での地質調査の結果によれば、本件発電所の基礎地盤は、全般的に堅硬である（乙11（6-3-94頁））。基礎地盤には数本の破碎帯が見られたが、これらについては、上記(2)で述べたとおり、いずれも小規模で、地震活動などに伴って本件発電所敷地の地盤に永久変位を生じさせる可能性はない。また、岩石試料によるせん断試験及び試掘トレンチ内における岩盤のせん断試験から求められたせん断強度を用い、安全上重要な施設を設置する基礎地盤について、基準地震動 S_s が作用した場合のすべり安全率を解析評価した結果、いずれの地点においても、すべり安全率³⁷は、基準値1.5を上回っている（乙11（6-3-116～6-3-117頁）、乙13（31～32頁））。したがって、本件3号機の基礎地盤は、すべりに対して十分な安全性（せん断抵抗力）を有している。

ウ 地盤の沈下及び傾斜に対する安全性（変形に対する抵抗力）を確保していること

基礎地盤に地震力が作用した場合には、わずかに変形が生じるが、仮に安全上重要な施設を設置する地盤に大きな沈下や傾斜が生じた場合には、当該施設が損傷する可能性がある。このため、安全上重要な

³⁷ すべり安全率は、地質調査結果等を基に、あらかじめすべり面を設定し、すべり面上のせん断抵抗力（すべりに抵抗する力）の和をすべり面上のせん断力（すべらそうとする力）の和で除して求める。したがって、すべり安全率が1を上回れば、理論上、すべりに抵抗する力がすべらそうとする力を上回るため、すべりに対する安全が確保されることになるが、物性値のばらつきなどを考慮して評価基準値は一般的には1.2が用いられる。ただし、原子炉建屋の基礎地盤については、その重要性等から、通常、すべりに対する安全率の基準値として、1.5が用いられる。

施設を設置する基礎地盤は、地震動の影響を受けた場合に生じる沈下や傾斜によって、当該施設の機能を損なうことのないよう安全性を確保する必要がある。

本件3号機の基礎地盤については、平板載荷試験の結果から、 7.84 N/mm^2 (1 m^2 当たり800t)程度の荷重に対する変形量が1mm未満であり、沈下に対する十分な安全性を有している(乙11(6-3-104~6-3-105頁, 6-3-397~6-3-403頁))。また、これを踏まえて、地震時において本件3号機の原子炉建屋の基礎底面に生じる傾斜³⁸を算定した結果、最大傾斜は $1/29000$ であり、上記(1)イで述べた基準地震動 S_s が作用した場合に生じる地殻変動による最大傾斜 $1/28000$ を考慮した場合でも、最大で $1/14000$ となり、基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド(原子力規制委員会平成25年6月)が定める評価基準値の目安である $1/2000$ を十分に下回っている(乙11(6-3-117~6-3-119頁), 乙13(32~33頁))。したがって、本件3号機の基礎地盤は、沈下及び傾斜に対する十分な安全性(変形に対する抵抗力)を有している。ちなみに、本件3号機の安全上重要な施設は、全て岩盤に支持させていることから、仮に地震発生時において、周辺地盤に変状(不等沈下、液状化及び揺すり込み沈下)が生じたとしても、その影響を受けるおそれはない(乙11(6-3-118頁), 乙13(32~33頁))。

(4) 基準地震動 S_s による地震力に対する本件3号機の周辺斜面の安定性

³⁸ 原子炉建屋の基礎底面に生じる傾斜は、原子炉建屋基礎最下部の両端の地震時における相対変位量を算定し、それを原子炉建屋基礎幅で除した値により評価する。

安全上重要な施設の周辺斜面において地すべりが発生した場合、崩壊した土塊により当該施設が損傷する可能性がある。このため、当該斜面において、地すべりが生じることのないよう、すべりに対する安全性を確保する必要がある。

債務者は、本件3号機の安全上重要な施設の周辺斜面について、安全上重要な施設との離隔距離や地すべりが生じた場合の方向を考慮して、評価の対象とする斜面を選定し、基準地震動 S_s を用いた解析を行うことにより、周辺斜面の安定性を評価した。そして、すべり安全率は、いずれも評価基準値である1.2を上回る結果となった。したがって、本件3号機の周辺斜面はすべりに対して十分な安全性を有している。（乙11（6-3-119～6-3-123頁）、乙13（20～21頁））

ちなみに、全体で最も小さなすべり安全率を示したすべり面の斜面は、本件3号機の南側斜面であるが、当該斜面を含む本件3号機原子炉建屋周辺斜面は、図24のとおり、斜面表面に保護工（ロックアンカー³⁹、ロックボルト⁴⁰、鉄筋コンクリート製の擁壁・格子柵）を施した上で、適切に保守管理を実施している。上記のすべり安全率の解析にあたっては、これらの保護工の効果を考慮していないため、本件3号機の南側斜面を含む本件3号機原子炉建屋周辺斜面の実耐力としては、上記の安定性評価の結果よりもさらに大きな裕度を有している。（乙14（43～44頁、図表-10頁））

³⁹ 岩盤の表層部にアンカー体（セメント等で形成する定着部）を挿入し、常時緊張力を生じさせることで積極的に土塊を安定させるもの

⁴⁰ 岩盤の表層部に鋼材を挿入し、土塊が変形しようとする際に鋼材に受動的に生じる引張力により地すべりの発生を抑止するもの

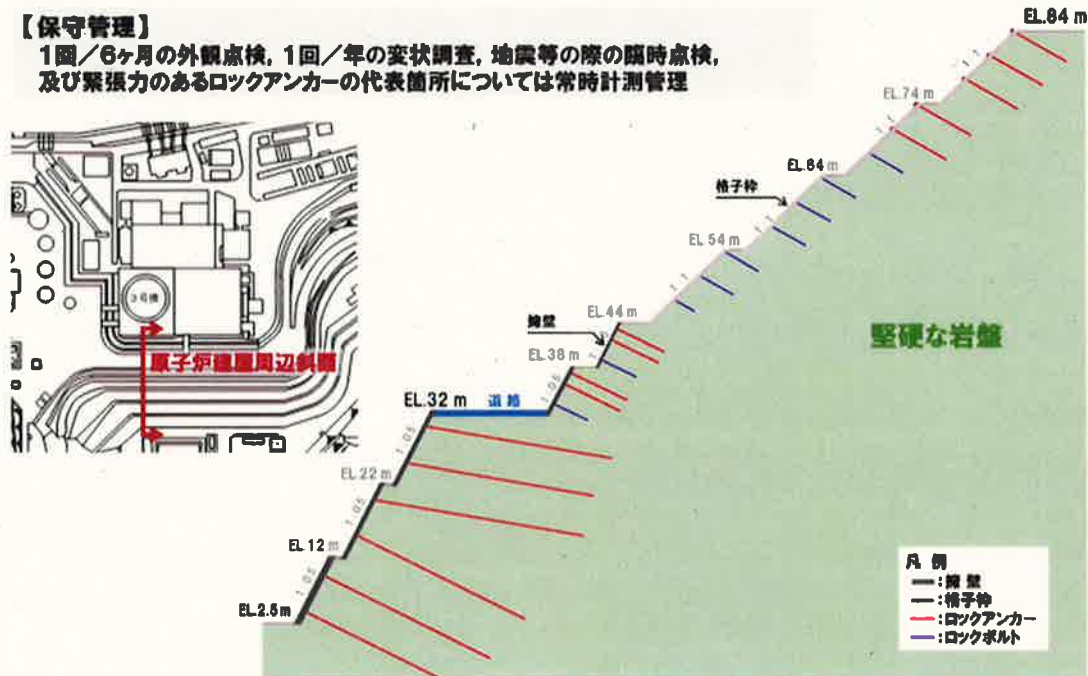


図 2 4 本件 3 号機原子炉建屋周辺斜面における保護工

(5) 以上のとおり，債務者は，本件発電所の敷地及び周辺地域において，地質及び地盤に係る詳細な調査を実施し，本件発電所の敷地周辺地域の地質環境，敷地の地盤，本件 3 号機の基礎地盤及び周辺斜面のいずれについても安全性を確保し，地盤に係る安全性を確保している。

2 地震に係る安全性

原子炉施設において，地震に対する安全性を確保するためには，施設に影響を及ぼす可能性のある地震を適切に選定した上で，その地震によって想定されるいかなる地震力に対しても，原子炉の安全上重要な設備の機能が失われることなく，大きな事故の誘因とならないように，十分な余裕をもって原子炉施設を設置する必要がある。

このため，債務者は，本件発電所を建設するにあたって実施した詳細な調査により本件発電所の地域特性を十分に把握し，これを踏まえ，本件発

電所に影響を及ぼす可能性のある地震を適切に選定するとともに、その地震によって本件発電所の敷地に引き起こされる地震動を想定し、これを基に耐震設計において基準とする地震動（原子力安全委員会が定めた耐震設計審査指針及び新規制基準では、これを「基準地震動」と呼ぶ。）を策定した。その上で、耐震設計において基準とする地震動がもたらされたとしても本件発電所の安全性が損なわれることのないよう耐震設計を行った。具体的には、本件発電所の建物・構築物及び機器・配管系について、地震により発生するおそれがある安全性に係る機能の喪失及びそれに続く放射線による公衆への放射線の影響の観点から、耐震設計上の重要度分類（耐震重要度分類）を行い、そのうち、本件発電所の安全性を確保する上で特に重要度の高い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に対しても機能を維持できるよう耐震設計を行った。

そして、債務者は、建設以降も最新の知見、調査等に基づいた評価・検討を行い、これらの最新の知見、調査等の結果を前提としても、本件発電所が十分な安全性を有していることを確認するなどしている。直近では、福島第一原子力発電所事故が発生したこと、新規制基準が制定されたことなどを踏まえ、改めて本件発電所に影響を及ぼす可能性のある地震について検討・評価を行い、基準地震動 S_s を策定し直すとともに、これを踏まえた耐震安全性の評価を行い、本件3号機が耐震安全性を確保していることを確認している。

以下では、まず、地震及び地震動に関する基本的な事項について説明し（下記(1)）、地震動評価手法が発展してきたこと、そして、それを踏まえて債務者は本件発電所の地震動評価を行ってきたことについて述べる（下記(2)）。その上で、福島第一原子力発電所事故が発生したこと、新規制基準

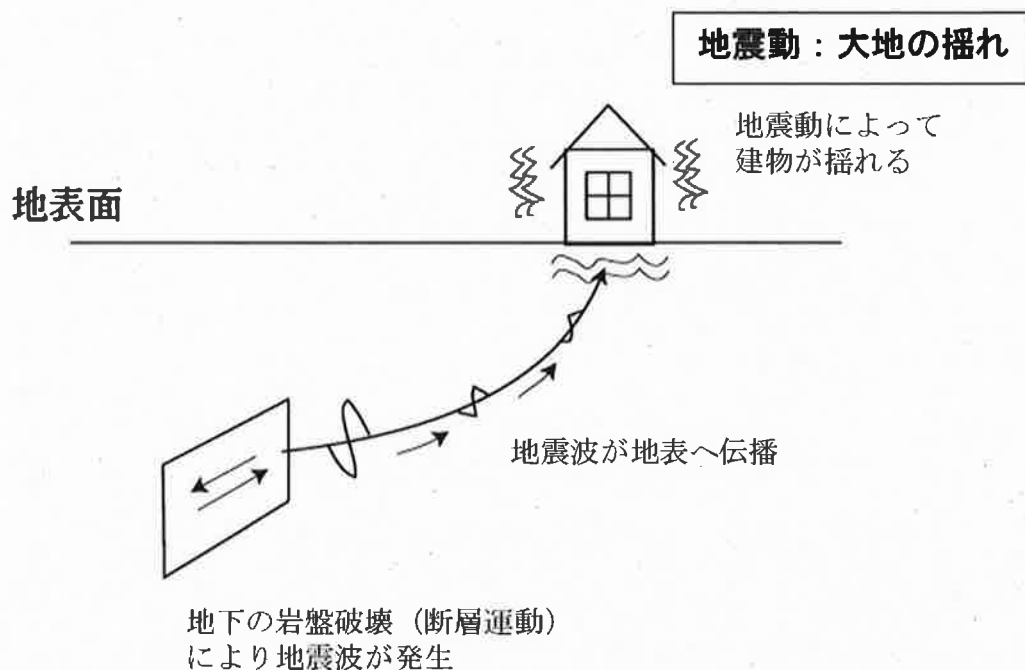
が施行されたことなどを踏まえて、債務者が改めて地震動評価を行い、新たに基準地震動を策定したことについて詳細に述べるとともに(下記(3)),新たに策定した基準地震動を踏まえても、本件3号機が耐震安全性を確保していることについて述べる(下記(4))。

(1) 地震及び地震動について

ア 「地震」と「地震動」との違いについて

一般に「地震」と「地震動」とは区別なく又は混同して用いられるが、専門的には、地震とは、大地に揺れをもたらす源(地下の岩盤破壊)を指し、地震動とは、地震によってもたらされる大地の揺れを指す(図25)。つまり、地震動とは、地震(地下の岩盤破壊)により放出された地震波が伝播し大地を揺さぶる、その揺れのことをいう。地震そのものの規模を表す指標として「マグニチュード」が用いられるのに対し、地震動を表す指標としては、震度又は加速度⁴¹が用いられる。マグニチュードは一つの地震について一つ定まるのに対し、震度又は加速度は観測地点によって異なるものである。(乙15(5頁), 乙16(14頁))

⁴¹ 地震によって地盤が振動する速度の単位時間当たりの変化の割合。単位は「ガル」。



地震：地震波を放出する地下の岩盤破壊

図 2 5 地震と地震動の違い

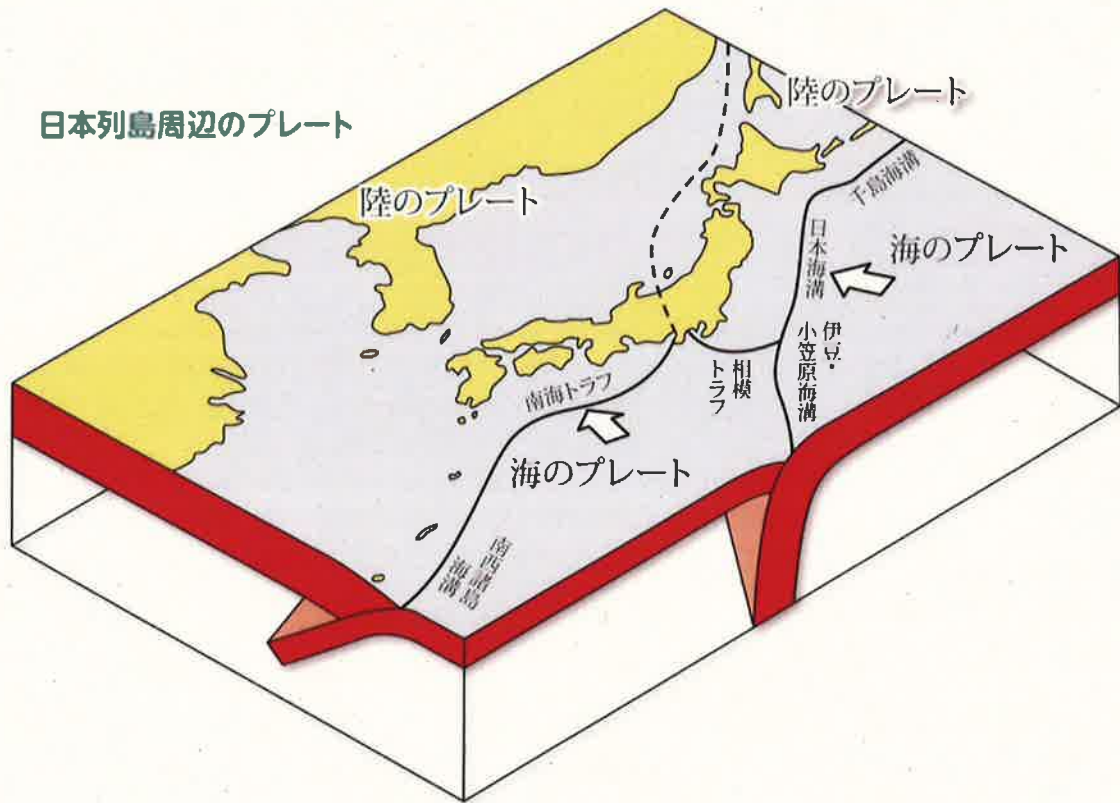
イ 地震の仕組み

地下の岩盤に強い力がかかると岩盤は次第に変形するとともに岩盤中に歪みとしてエネルギーが蓄積されていくが、力がかかり続けると岩盤は耐え切れなくなって破壊を起こし、それまでに蓄えられていた歪みのエネルギーを波（地震波）として急激に放出する。この現象が地震である（乙 1 6（6～7 頁））。

この地下の岩盤にかかる強い力は、プレート運動に起因して発生するとされている。すなわち、地球の全表面は、十数枚のプレートと呼ばれる岩盤の板で隙間なく覆われているが、これらのプレートはそれぞれ異なった方向に移動しているため、それぞれのプレート境界では、

プレートが離れたり、近づいたり、すれ違ったりしており、これらの動きが地下の岩盤に強い力をかけている。

(乙15 (1~2頁), (乙16 (6頁)))



(地震調査研究推進本部HPより抜粋)

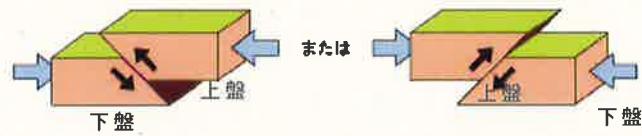
図26 日本列島周辺のプレート

ウ 断層運動とその種類

プレート運動による伸張の力や圧縮の力は、地下の岩盤に歪みを蓄積させる。その歪みに岩盤が耐え切れなくなると、ある面を境にして岩盤が急激に破壊され、地震が発生する。その破壊された面を断層面といい、既存の断層を動かしたり、新たに断層を作ったりする動きを、断層運動と呼ぶ。(乙15 (5頁), 乙16 (7頁))

断層運動は、地下の岩盤に働く力の向きの違いにより、断層面を挟んだ両側の岩盤に異なる動きを生じさせるため、①逆断層型、②正断層型、③横ずれ断層型の3つの基本的なパターンに分けられる（図27）。

逆断層型



正断層型



横ずれ断層型



図27 断層運動の基本的なパターン

①逆断層型は、水平の方向から岩盤が圧縮されたため、断層面を挟んで上側の岩盤がずり上がる（上側の岩盤が下側の岩盤にのり上がる）動きをしたものをいう。②正断層型は、水平の方向に岩盤が引っ張られることにより、断層面を境にして、上側の岩盤が下へ滑り落ちる動きをしたものをいう。③横ずれ断層型は、岩盤に圧縮や伸張がかかって、断層面を挟んで、それぞれの岩盤が逆方向にずれる動きをしたものをいい、断層面を挟んで向かい側の岩盤が右側にずれたものを「右横ずれ断層」、左側にずれたものを「左横ずれ断層」と呼ぶ。また、正断層と逆断層は、いずれも断層面に沿って岩盤が上下にずれる動き

をするので、「横ずれ断層」に対して「縦ずれ断層」に分類される。

エ 地震の分類

地震は、発生する様式（発生様式）の違いによって分類され、2つのプレートの境界面で発生するものをプレート間地震、陸側のプレートの内部で発生するものを内陸地殻内地震、海側のプレートの内部で発生するものを海洋プレート内地震と呼ぶ（乙15（3頁）、乙16（7頁））。

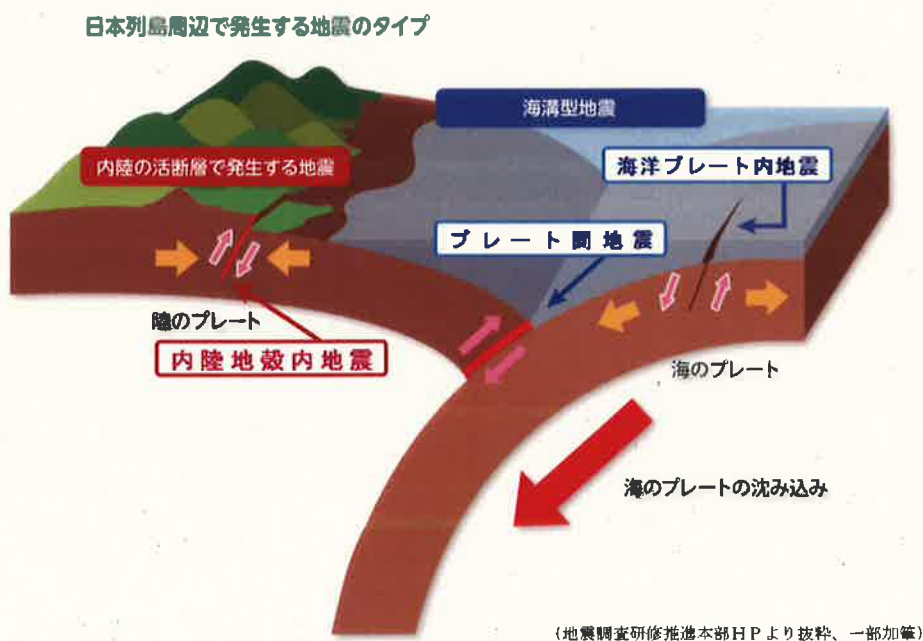


図28 日本列島周辺で発生する地震の分類

以下では、この分類について、本件発電所が位置する四国地方において発生している地震との関連において説明する。

(ア) プレート間地震

四国の太平洋側沖合いの南海トラフ⁴²において、海側のプレート

⁴² 南海トラフとは、西南日本の南側の海底にある帯状の深みをいう。このトラフの北端は

(フィリピン海プレート)が陸側のプレート(ユーラシアプレート)の下へ沈み込んでいる。沈み込むプレートと陸側のプレートとの境界では、プレート間の広い範囲で圧縮の力がかかり、規模の大きな地震が発生する。このようなタイプの地震はプレート間地震と呼ばれる。このタイプの地震は、沈み込むプレートの動きから歪みのエネルギーが直接的に蓄積されるため、その発生間隔は比較的短く、四国沖合いの南海トラフにおいては、100から150年間隔でM8クラスの巨大地震が繰り返し発生していることが知られている。

(乙15 (3頁, 23頁), 乙16 (6~7頁, 10~11頁))

なお、東北地方太平洋沖地震(M9.0)は、このプレート間地震に分類される。

(イ) 内陸地殻内地震

プレートの沈み込みに伴ってプレート境界面の周囲にかかる力により、沈み込むプレート境界から少し離れた場所(陸側プレートの浅い場所)において地震が発生する。このようなタイプの地震は内陸地殻内地震と呼ばれる。内陸地殻内地震では、断層面への力のかかり方がプレート間地震と比べて間接的であり、歪みの蓄積が遅いため、発生間隔は数千年から数万年と長く、規模も比較的小さいとされている。我が国において発生した内陸地殻内地震で最大規模のものは、濃尾地震(1891年, M8.0)とされている。(乙15 (3~4頁), 乙16 (7頁, 11頁))

なお、本件発電所の前面海域に位置する中央構造線断層帯において想定される地震は、内陸地殻内地震であり、プレート間地震であ

駿河トラフ、南端は琉球海溝に続いている。

る東北地方太平洋沖地震（M9.0）とは発生様式が異なっている。

(ウ) 海洋プレート内地震

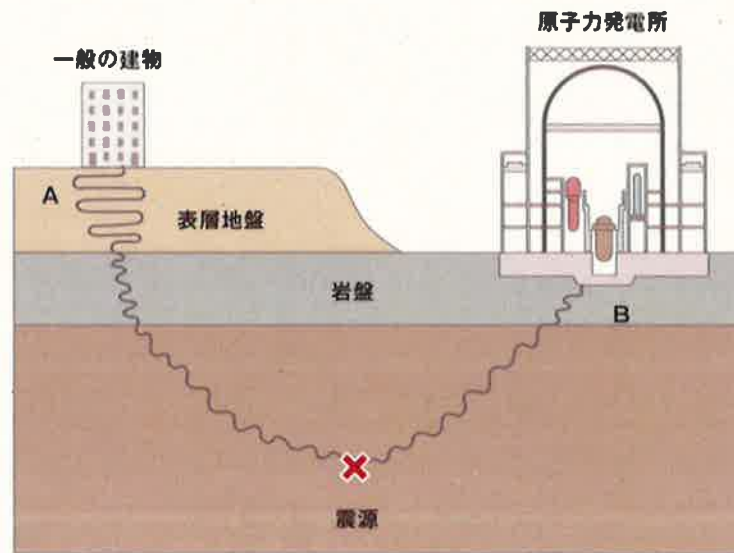
海側のプレートと陸側のプレートの境界ではなく、海側のプレートの内部が割れて地震が発生する。このようなタイプの地震は海洋プレート内地震と呼ばれる。我が国において発生した代表的な海洋プレート内地震の一つとして、2001年芸予地震（M6.7）がある。

オ 地震動に影響を与える特性

地震は、地下の岩盤が周囲から力を受けることによってある面（震源断層面）を境として破壊する（ずれる）現象であり、ある点から始まった破壊は震源断層面を拡大していき、地震波が逐次放出される。この震源から放出される地震波の性質は、断層の大きさ、断層面の破壊の仕方等によって決まる。これを地震の「震源特性」という。また、震源から放出された地震波は、震源からの距離とともにその振幅を減じながら地下の岩盤中を伝播していく。この伝播の仕方等を地震波の「伝播特性」という。さらに、地震波は、硬い地盤から軟らかい地盤に伝わる際に振幅が大きくなる性質を持っているため、軟らかい地盤上の地点では、岩盤上の地点に比べて大きな揺れ（地震動）をもたらすことになる。岩盤上の観測地震波と軟弱地盤上の観測地震波とを比較すると、その大きさに数倍程度の差が生じる場合もある。これを地盤の「増幅特性」という。（図29及び図30）（乙16（13頁））

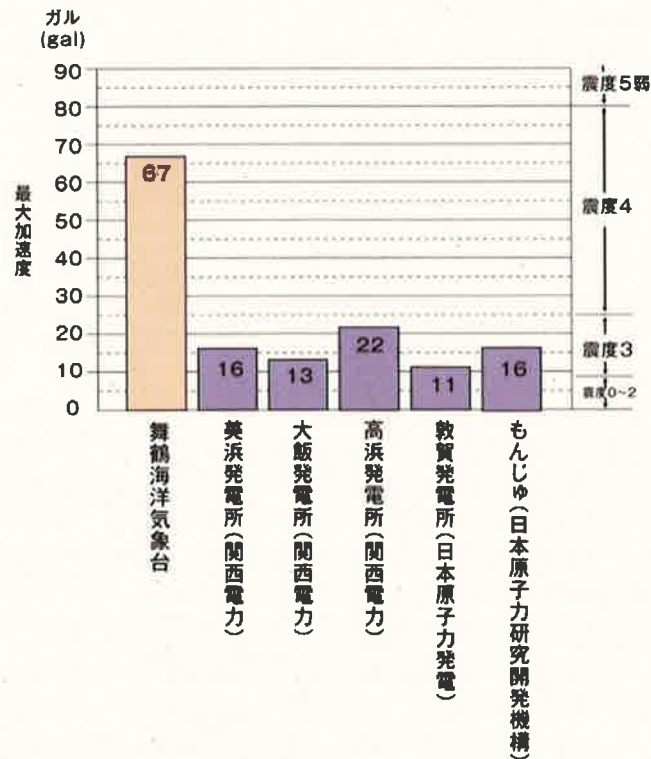
これらの地域特性が地震動に与える影響は、震源特性は地震ごとに、伝播特性及び増幅特性は地震波が伝わり揺れとして現れる地点ごとに、それぞれ異なる。このため、特定の地点における地震動を想定するに

は、まず、当該地点における地域特性を十分に把握することが不可欠となる。



((一財) 日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集2016」より)

図 2 9 堅固な地盤上に設置した原子力発電所と一般の建物の揺れの伝わり方



(一財) 日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集2016」より

図30 1995年兵庫県南部地震による若狭湾周辺の最大加速度観測値

カ 加速度時刻歴波形と応答スペクトル

地震動は、加速度等の大きさを単一の数値で示したものではなく、時々刻々の地盤の揺れ(動き)である。そのような地盤の揺れ(動き)を時々刻々の加速度の変化で表すため、横軸に時間、縦軸に加速度をとって描いたグラフを「加速度時刻歴波形」という(図31)。このグラフの中で、最も振幅の大きな値が最大加速度である。

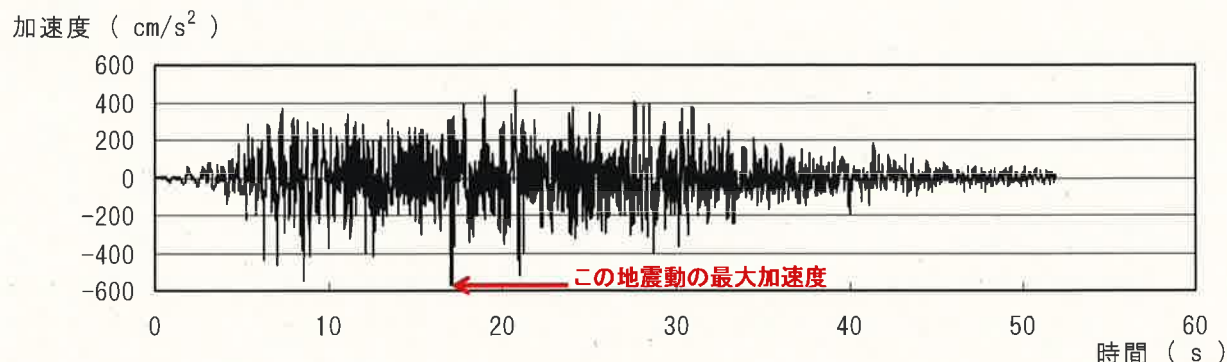


図 3 1 加速度時刻歴波形の一例

また、地震動は、短周期の波から長周期の波まで、様々な周期の波が含まれた複雑な波である⁴³。一方、建物等の構造物は、それぞれ特定の揺れやすい周期（固有周期）を持っている。一般に、建物等の構造物は、基礎地盤における地震動に比べ、大きく揺れる（応答することになる。特に、ある地震動が特定の周期において大きな揺れをもたらす場合、同じ周期に固有周期を持つ構造物は非常に大きく揺れる（これを共振という。）（乙16（15頁））。そこで、建物等の構造物の耐震設計を行うにあたっては、ある地震動が構造物にどのような揺れをもたらすのかを把握することが重要であり、そのために「応答スペクトル」が利用される。応答スペクトルは、ある地震動が固有周期を異にする種々の構造物に対して、それぞれどの程度の大きさの揺れ（応答）を生じさせるかという性質（周期特性）を、縦軸に加速度や速度等の最大応答値、横軸に固有周期をとって描いたものをいう（図32）。構造物の固有周期が分かれば、応答スペクトルにより、

⁴³ 短周期成分を多く含む地震動は、ガタガタとした震動間隔の短い揺れをもたらすのに対し、長周期成分を多く含む地震動は、ゆらゆらとした震動間隔の長い揺れをもたらす。

その地震動によって当該構造物に生じる揺れ（応答）の大きさを把握できるのであり，地震動の特徴（その地震動がどの周期帯の構造物を大きく揺らすか）は，この応答スペクトルにより分かりやすく示すことができる。

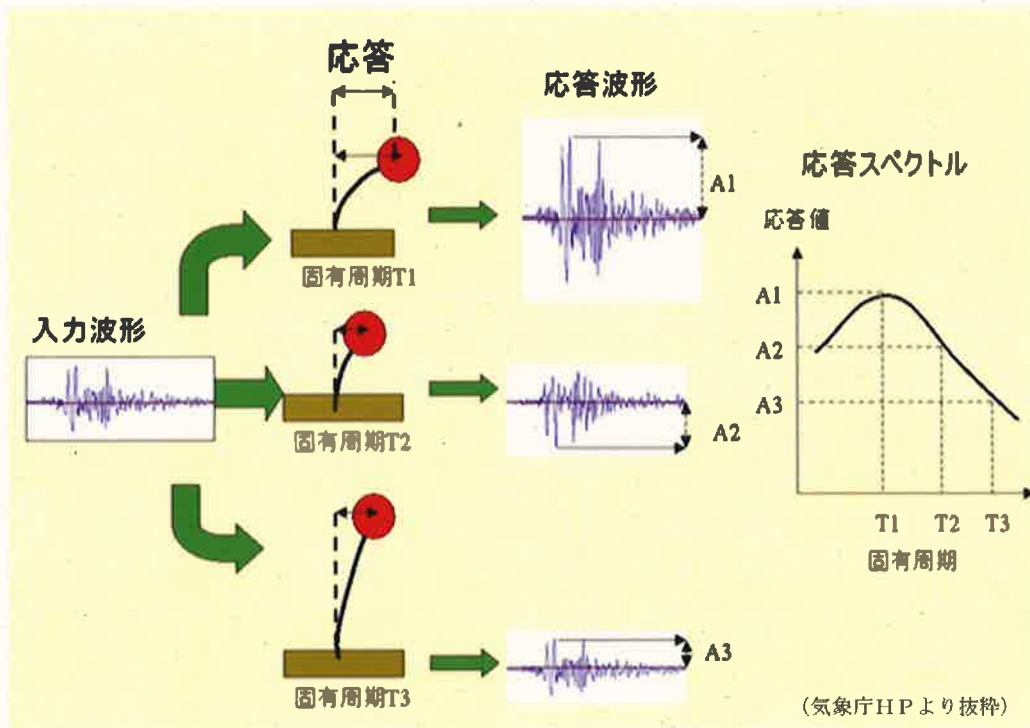


図 3 2 応答スペクトルの概念図

そして，応答スペクトルは，実際には図 3 3 のように，1つのグラフで，構造物の揺れ（応答）の大きさとして，固有周期ごとの加速度，速度及び変位それぞれの最大値が分かるようにしたグラフ（「トリパタイト」図という。）が利用されることが多い。図 3 3 の横軸は構造物の固有周期（単位：秒（s e c）），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/s^2), 右下がりの斜線は構造物の揺れの変位 (揺れ幅, 単位: cm) の目盛りである。

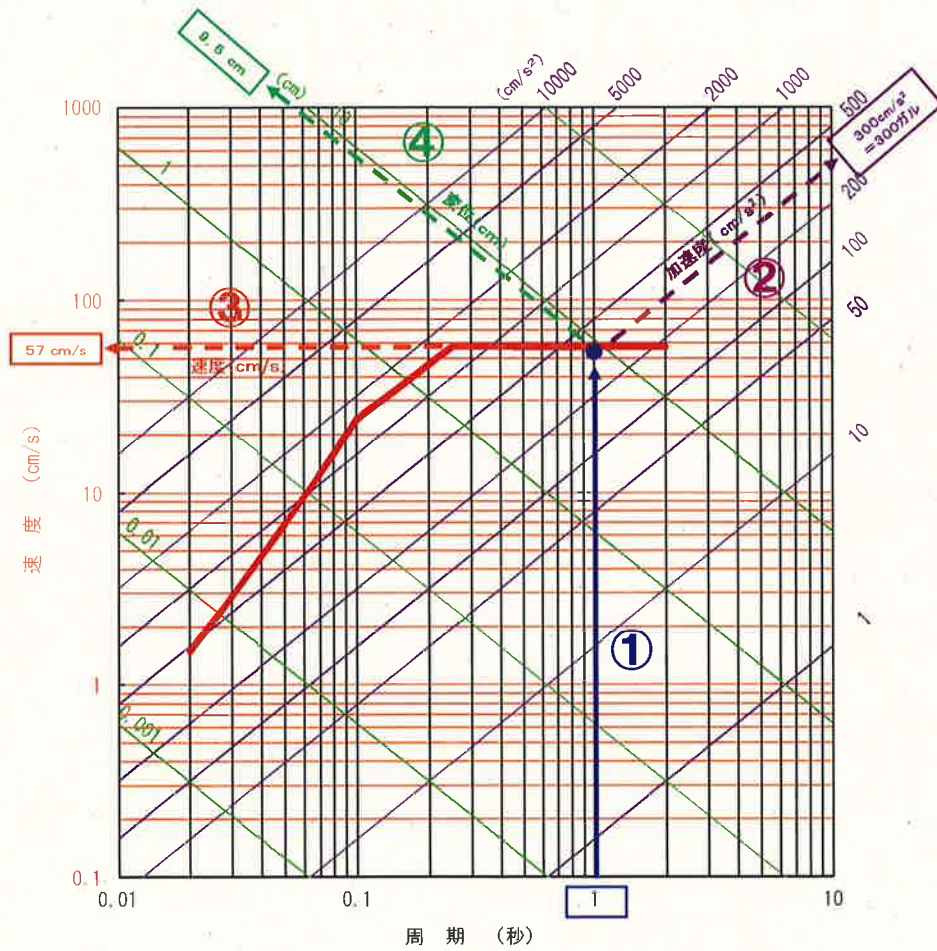


図 3 3 トリパタイト図による応答スペクトルの例

例えば, 図 3 3 に示した周期特性を有する地震動が到来した場合に, 固有周期が 1 秒の構造物の揺れの最大値を読み取ると, 加速度については, 横軸の周期 1 秒 (1 s e c) から, 応答スペクトルの曲線との交点まであがり (青字で示した①), その交点が右上がりの斜線の目盛でいくつになるかを read することになる (紫字で示した②)。この場合, 約 3 0 0 ガルとなることが分かる。すなわち, 周期 1 秒の構造物は,

この地震動に揺らされることで時々刻々に様々な揺れを見せるが、その揺れの加速度が最大で約300ガルとなることを示している。同様に、速度は、交点から縦軸の数値を読むと（橙字で示した③）、最大値は約57cm/sであると分かり、変位は、右下がりの斜線の日盛を読むことにより（緑字で示した④）、最大値は約9.5cmであることが分かる。

ちなみに、構造物の揺れではなく、地盤そのものの揺れ、すなわち地震動の最大加速度をこの応答スペクトルのグラフから読み取ることでもできる。具体的には、応答スペクトルの一番短い周期（応答スペクトルの曲線の左端）での揺れは、極めて剛性⁴⁴の高い構造物の揺れを示しているところ、そのような極めて剛性の高い構造物は、それが建っている基礎地盤の揺れ（地震動）とほぼ一致した揺れを見せるため、この周期（最も短い周期）の加速度の最大値は、当該地震動の最大加速度とほぼ一致する。図33の場合、応答スペクトルの曲線の左端である周期0.02秒が最も短い周期となっており、この周期の加速度の最大値を読み取ると、約500ガルである。したがって、この地震動の最大加速度は約500ガルであることが分かるのである。

(2) 地震動評価手法の発展及びそれを踏まえた債務者の対応について

原子力発電所では、耐震設計において基準とする地震動を策定し、これに対して原子力発電所の安全性が損なわれることのないよう耐震設計を行っている。債務者は、本件発電所の建設時及び建設以降も、その時々最新の知見、科学技術等を踏まえた手法を用いて本件発電所において

⁴⁴ 剛性とは荷重が作用した場合の変形に対する抵抗の度合いをいい、剛性が高い構造物は、地震等による外力を受けた場合に変形しにくい。

想定される地震動の評価を行い、都度、適切に耐震設計において基準とする地震動を策定してきた。

原子力発電所に係る地震動の評価手法は、知見の充実、科学技術の進捗、解析手法の高度化等を背景に、絶えず発展・高度化しており、その積み重ねの結果、現在の地震動評価及び基準地震動 S_s の策定手法は高い信頼性を有している。以下では、これまで地震動評価手法が発展・高度化してきた経緯及びそれを踏まえて債務者が対応してきた経緯について述べる。

ア 耐震設計審査指針策定以前（本件1・2号機建設時）の評価

(ア) 耐震設計審査指針策定以前の原子力発電所における地震動評価手法について

耐震設計審査指針策定以前の原子力発電所の地震動評価は、基本的には、文献等による調査により把握した発電所敷地周辺地域における過去の地震の発生状況、地震による被害状況等を基に地震動評価を行い、耐震設計の基準とする地震動（設計地震動）を策定し、さらに、耐震安全上の余裕を確認するために設計用地震動の1.5倍の地震動を安全余裕検討用地震動として策定するものであった（もっとも、後述のとおり、本件1・2号機の建設時には敷地前面海域の断層群の活動をも考慮している。）。

当時は、過去の地震歴の調査から震源位置、地震規模等を推定し、金井清氏が提唱した「金井式」と呼ばれる距離減衰式⁴⁵（経験式）等に基づいて地震動評価を行うのが主流であった。金井式は、茨城

⁴⁵ 「地震の規模」と「震源からの距離」の関係により想定される地震による揺れの最大加速度、応答スペクトル等を経験的に算定する関係式

県にある日立鉱山の地下150～450mにおける硬質地盤上の地震観測記録を基に、地震基盤における地震動の最大速度振幅、地震規模（マグニチュード）及び震源距離の関係を示した距離減衰式である。経験式の基となる観測記録が限定的であることなど、発展途上の手法ではあったものの、その後の地震動評価手法発展の礎となったものであり、原子力発電所における地震動評価を始め、広く利用された。

(イ) 本件1・2号機建設時の耐震設計において基準とした地震動

債務者は、本件1・2号機建設時の耐震設計において基準とした地震動として、設計地震動を策定した。すなわち、本件発電所周辺地域における過去の地震の発生状況、地震による被害状況等の調査を行い、本件発電所周辺地域において将来起こるものと考えべき地震を選定し、このうち、比較的近地の地震をタイプA、比較的遠地の地震をタイプBに分類した。そして、これを基に金井式を用いるなどして、それぞれのタイプの地震による地震動の最大加速度を設定し、この最大加速度に合うように過去の地震で実際に観測された地震波を較正⁴⁶し、その地震波からもたらされる本件発電所の敷地基盤での揺れを設計地震動（最大加速度200ガル）とした。

また、設計地震動の1.5倍の地震動（最大加速度300ガル）を安全余裕検討用地震動として策定し、耐震重要度分類において最も重要度の高い設備のうち、公衆の災害を防止する上で緊要な施設（原子炉格納施設及び原子炉停止装置）については、安全余裕検討用地震動に対しても安全機能を確保し得ることを確認することとし

⁴⁶ 観測地震波の最大加速度が所定の加速度になるよう地震波形に所定の倍率を乗じること

た。設計地震動及び安全余裕検討用地震動の策定の流れは図34のとおりである。

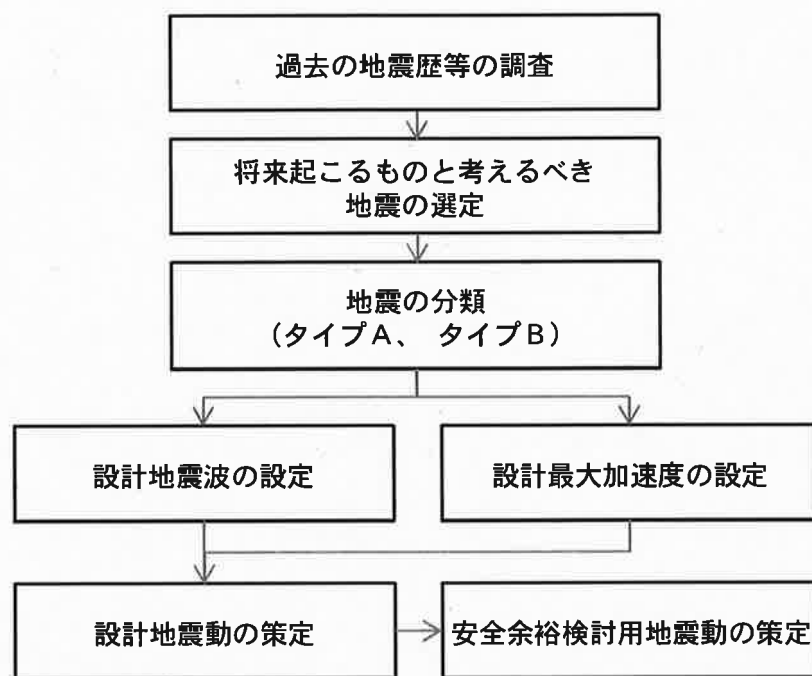


図34 本件1・2号機の設計地震動及び安全余裕検討用地震動策定の流れ

ちなみに、本件1・2号機の設置当時、活断層による地震の考慮を行うことは主流ではなかったが、本件1号機の新設に係る原子炉設置許可申請及び本件2号機の増設に係る原子炉設置変更許可申請の安全審査では、中央構造線の位置、活動性等について調査・検討を行った上で、これを安全余裕検討用地震動との関係において考慮することとした。そして、本件発電所の敷地前面海域に活断層としての中央構造線（敷地前面海域の断層群）の存在を推定し、仮にこれが活動したとしても、その影響は、上記安全余裕検討用地震動によって確認した設計余裕の範囲にあると判断された。

（以上、乙17（6-4-1～6-4-4頁，8-1-7～8-1

－ 8 頁), 乙 1 8 (6 - 3 - 1 7 ~ 6 - 3 - 2 5 頁, 6 - 5 - 1 ~ 6 - 5 - 3 6 頁))

イ 耐震設計審査指針制定後の評価

(ア) 耐震設計審査指針制定後の原子力発電所における地震動評価手法について

事業者から原子炉等規制法に基づく原子炉設置許可又は原子炉設置変更許可の申請があった場合、国（当時は原子力委員会）は、安全審査を行い、許可の可否について判断を行う。従来、原子力発電所の耐震設計に関する安全審査については、昭和 5 2 年 6 月に原子力委員会が制定した「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」にその基本方針が示され、この基本方針に基づいて個別の詳細な審議が行われていたが、昭和 5 3 年 9 月、原子力委員会は、安全審査の客観化を図るため、それまでの安全審査の経験を踏まえ、地震学、地質学等の知見を工学的に判断して「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（以下「耐震設計審査指針」という。）（乙 1 9）を定め、上記許可申請における耐震設計方針の妥当性を評価するための審査上の指針とした。この耐震設計審査指針は、当時の原子力委員会原子炉安全専門審査会の下部機関として設置された耐震設計検討会（後に原子炉安全技術専門部会耐震設計小委員会）において、多数の専門家を交えて、数年にわたる審議・検討を経て制定されたものである。当時の最新の知見を踏まえたものであり、以下の点で地震動評価手法の高度化が図られた。

a 活断層による地震の考慮

耐震設計審査指針の制定に向け審議・検討が進められていた当

時は、将来の地震を発生させる原因として活断層が注目されるようになり、活断層の研究が地質学者や地形学者が中心となって活発に行われるようになっていた。こうした知見の蓄積を踏まえ、耐震設計審査指針においては、過去の地震歴に基づく検討に加え、活断層による地震も考慮することが明記された。

b 地震地体構造による地震の考慮

地震地体構造とは、地震規模、震源深さ、発震機構、地震発生頻度等に着目するとき、地震の発生の仕方に共通の性質を持つある広がりをもった一定の地域の地質構造のことである（地震地体構造区分の一例を図35に示す。）。日本は、地質構造や地形を基に分類できるような、いくつかの異なる地域から成り立っており、日本で起こる地震にもまた、その性質に地域性があるとの地震地体構造の考え方が提唱されるようになった。こうしたことを踏まえ、耐震設計審査指針では、地震地体構造区分を基に、それぞれの地域での地震の最大規模を想定することが明記された。



(「日本の活断層と地震」(岡田篤正・安藤雅孝, 1979) より抜粋)

図35 地震地体構造区分の例

c 直下地震の考慮

基準地震動の策定において、活断層の存在を示す地形学及び地質学的な証拠がない場合にも、M6.5の直下地震を考慮することとされた。これは、M6.5以下の地震では断層が地表に現れず、地震を引き起こす活断層を見逃す可能性があるとの地震学、地質学等の知見を工学的に判断、すなわち、実際に起きる地震とは関連なく敷地のごく近傍においてある程度の地震が発生したと仮定しても安全が保たれるよう耐震設計を行っておくべきであるとの考え方から、あくまで念のために、原子炉施設の耐震設計条件の一つとすることが定められたものである。

d 応答スペクトルに基づく地震動評価手法の採用

我が国では1948年福井地震を契機に、1950年代から強震計の設置が進められてきたが、耐震設計審査指針が制定された昭和53年（1978年）頃には、1964年新潟地震、1968年十勝沖地震等の強震観測記録が蓄積されてきたことから、地震動の実測結果に基づいて開発された経験式（距離減衰式）が提案されるようになった。そして、耐震設計審査指針では、応答スペクトルに基づく地震動評価手法（地震動の実測結果に基づいた経験式）が採用された。応答スペクトルに基づく地震動評価の多くは、実際は広がりを持った断層面から放出される地震波を、ある一つの震源から放出されるものと仮想して（点震源）、地震の規模、評価地点までの距離等から経験式（距離減衰式）を用いて地震動の応答スペクトルを求め、地震動を評価するものである（図36）。原子力発電所に係る地震動評価においては、応答スペクトルに基づく地震動評価手法の一つである「大崎の手法」が広く用いられた。大崎の手法は、国内外の加速度記録84成分と転倒墓石のデータを用い、地震規模（マグニチュード）と震央距離⁴⁷から応答スペクトルを求める方法を提案するものである。

⁴⁷ 震央とは、地下内部で地震が発生した箇所（震源）の真上の地表上の位置のことをいい、震央距離とは、震央から観測点までの距離を指す。

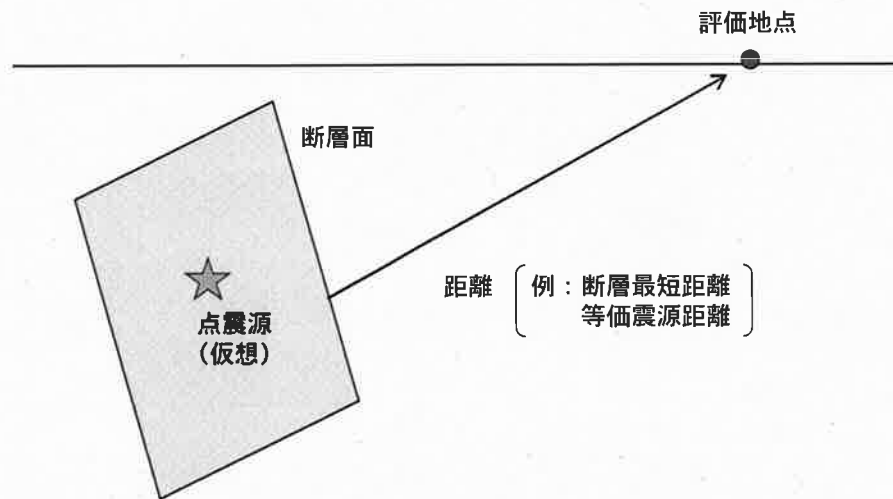


図 3 6 応答スペクトルに基づく地震動評価の概念図

なお、耐震設計審査指針は、応答スペクトルに基づく地震動評価手法は評価点が震源域内に位置する場合に大きめの値を与えることがあるため、その場合には他の手法によることも認めていた。本件 3 号機の建設時には、敷地前面海域の断層群が発電所敷地から比較的至近に位置しており、大崎の手法を用いることが適当ではなかったことから、次に述べるとおり、当時、発展途上であった断層モデル⁴⁸を用いた手法による地震動評価を実施して同断層群による地震の影響を評価した（乙 20（6-5-30 頁））。

(イ) 本件 3 号機建設時の耐震設計において基準とした地震動

本件 3 号機については、上記の耐震設計審査指針に基づき、耐震設計を行った。耐震設計審査指針においては、過去の地震から見て原子炉施設の敷地に影響を与えるおそれのある地震及び近い将来敷地に影響を与えるおそれのある活動度の高い活断層による地震のう

⁴⁸ 将来発生すると思われる地震時の強震動の予測等の計算モデルに用いるために、震源断層面をモデル化したもの

ち、最も影響の大きいものを、工学的見地から起こることを予期することが適当と考えられる地震として、「設計用最強地震」を設定すること、また、敷地周辺の活断層の性質、地震地体構造及び直下地震を考慮し、設計用最強地震を超える地震の発生が地震学的見地から否定できない場合には、これを「設計用限界地震」として設定することが求められた。そして、債務者は、設計用最強地震によってもたらされる地震動を基準地震動 S 1（最大加速度 2 2 1 ガル）とし、設計用限界地震によってもたらされる地震動を基準地震動 S 2（最大加速度 4 7 3 ガル）とした。

基準地震動 S 1 及び基準地震動 S 2 の策定の流れは図 3 7 のとおりである。その具体的な内容について、以下に述べる。

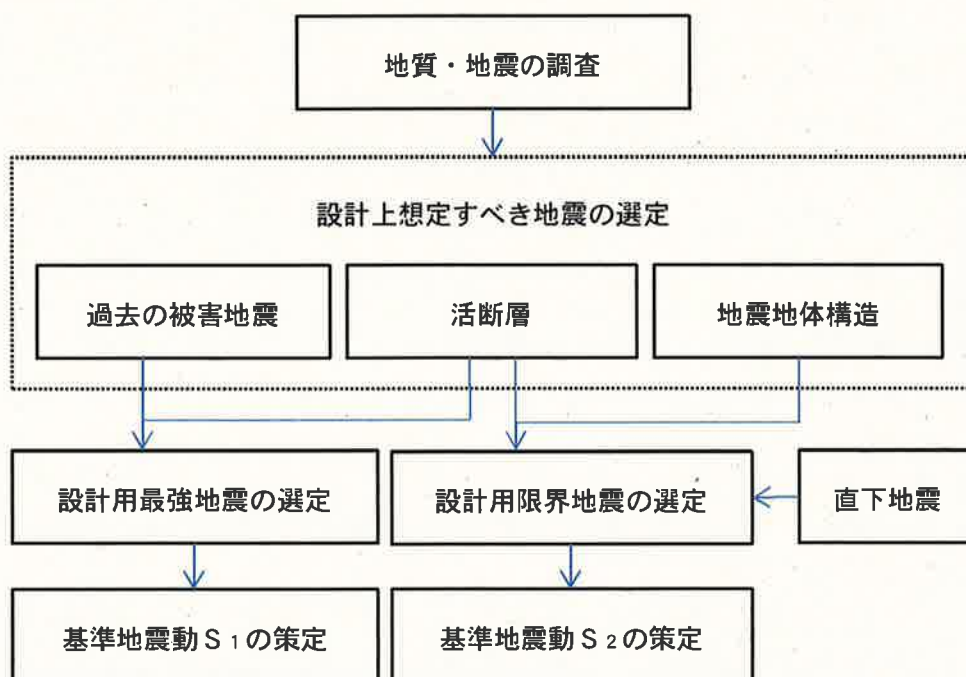


図 3 7 本件 3 号機の基準地震動 S 1 及び S 2 策定の流れ

a 設計上想定すべき地震の選定

過去の被害地震については、「宇佐美カタログ（1979）」等に基づいて敷地から震央までの距離が200km以内の地震（比較的近距离の地震）について調査を行った。そして、敷地に気象庁震度階級でV程度以上の震度を与えた地震として、684年土佐その他南海・東海・西海諸道の地震（M8.4，震央距離192km），1649年安芸・伊予の地震（M6.8，震央距離25km），1812年伊予松山の地震（M6.9，震央距離39km），1854年伊予西部の地震（M7.0，震央距離22km）及び1968年愛媛県西方沖の地震（M6.6，震央距離22km）を選定した。

敷地から震央までの距離が200km以上離れた地震（比較的遠距離の地震）としては、南海道沖で発生した1707年宝永地震，1854年安政南海地震，1946年南海地震があり、「日本被害地震総覧」等によれば、これらの地震による敷地の震度はV程度以上であったとされるが、基準地震動の評価にあたっては、これらの地震を選定せず、敷地への影響が同程度以上と考えられる、南海道沖を含む地域で発生した上記684年土佐その他南海・東海・西海諸道の地震に代表させて評価を行うこととした。

活断層については、「日本の活断層（1980）」等の資料及び関連する文献の調査のほか、空中写真判読⁴⁹、地表踏査、音波探査（海域）等の詳細な調査を実施し、陸域では伊予断層、川上・

⁴⁹ 空中写真を実体鏡と呼ばれる器具を用いて観察することにより、活断層地形の可能性がある地形を抽出・分析する調査

北方断層等を，海域では敷地前面海域の断層群，宇和海のF-21断層をそれぞれ確認した。そして，断層規模から想定される地震の規模，断層の中央を震央とした場合の震央距離等から考えられる本件発電所への影響の度合い，さらには過去の地震の発生状況，債務者が本件発電所で実施してきた微小地震観測等も勘案し，設計用最強地震及び設計用限界地震の策定にあたり考慮すべき活断層として，陸域の伊予断層，海域の敷地前面海域の断層群を選定した。伊予断層については，陸域の12kmの間で断層の連続性が推定できるのに加え，海域においてもこれの延長と考えられる断層が約10km追跡されることから，長さ22kmの断層と判断した。敷地前面海域の断層群については，その分布形態及び活動時期等から，長さ46kmの範囲において一連に活動する可能性がある判断した。そして，その活動性を踏まえ，伊予断層及び敷地前面海域の断層群において発生する地震については，設計用限界地震の対象として取り扱うこととした。

地震地体構造から想定される地震については，過去の地震の発生状況，最近の地震活動の状況，活断層の分布状況等から，フィリピン海プレートに関連する地震と四国内陸部の地域の地震に大別し，想定した。フィリピン海プレートの沈み込みに関連する地震として，南海道沖の地域の地震(M8.5，震央距離190km)，日向灘地域の地震(M7³/₄，震央距離135km)並びに伊予灘及び宇和海地域の地震(M7¹/₄，震源距離30km)を，四国内陸部の地域の地震として岡村断層西端付近から石鎚断層にかけての地域(震央距離110km)にM7³/₄の地震をそれぞれ想定し

た。

(以上、乙20(6-5-1~6-5-27頁))

b 設計用最強地震及び設計用限界地震の選定

設計用最強地震の対象となる地震については、地震の規模、震央距離から想定される地震動の特性等を踏まえ、684年土佐その他南海・東海・西海諸道の地震及び1854年伊予西部の地震を選定した。設計用限界地震の対象となる地震については、伊予断層による地震、敷地前面海域の断層群による地震、上記地震地体構造から想定される地震及び直下地震(M6.5、震源距離10km)を選定した。

断層の近傍に位置する地点の地震動は、断層全体よりもむしろその地点近傍の断層部分から生じる地震動が大勢を決めるため、地震規模等の巨視的パラメータ(断層全体の形状や規模を示すパラメータ)よりは断層との相対的な位置、破壊の伝播方向等が大きく影響することが知られていたことから、敷地から約8kmと比較的至近距離に位置する敷地前面海域の断層群については、断層モデルに基づいて敷地での地震動評価を行った。断層モデルの適用にあたっては、断層の長さ、敷地との位置関係及び破壊形態を変えるなどして、様々なケースを想定した結果、本件3号機に最も大きな影響を及ぼすと考えられるのは、長さ25kmの区間で断層群が動いた場合の地震動であると評価された。その他の評価対象となる地震については、応答スペクトルに基づく地震動評価手法である大崎の手法により評価を行った。(乙20(6-5-28~31頁))

c 基準地震動の策定

基準地震動は、応答スペクトルに適合する模擬地震波⁵⁰で表す。基準地震動S 1の応答スペクトルは、設計用最強地震の対象となる地震による全ての応答スペクトルを包絡するものとし、また、基準地震動S 2の応答スペクトルは、設計用限界地震の対象となる地震による全ての応答スペクトルを包絡するものとした。そして、基準地震動S 1の応答スペクトルに適合する模擬地震波、基準地震動S 2の応答スペクトルに適合する模擬地震波をそれぞれ作成し、各模擬地震波を基準地震動S 1及び基準地震動S 2として策定した。その結果、基準地震動S 1の最大加速度は2 2 1ガル、基準地震動S 2の最大加速度は4 7 3ガルとなった。（乙2 0（6-5-30~31頁、6-5-106~110頁））

そして、重要度Aクラスの施設については、基準地震動S 1による地震力等により生じる応力⁵¹が、建物・構築物については、建築基準法に定める許容応力度⁵²の範囲内であること、また、機器・配管系については降伏応力⁵³以下となるよう設計を行った。さらに、重要度Aクラスのうち特に重要なAsクラスの施設については、基準地震動S 2による地震力等を加えた場合に、建物・

⁵⁰ 設計に用いるために、実地震波を模擬して作った人工地震波のことであり、地震動の特性を与える応答スペクトルについて、目標となる設計用応答スペクトルを設定し、これに適合するような特性を有する地震波として作成する。

⁵¹ 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

⁵² 許容応力（工学的には「許容応力度」ともいう）とは、応力の許容値のことであり、設計荷重によって構造物各部に生じる応力の許容できる上限の応力として設定するものである。弾性設計における許容応力（発生する応力により塑性変形が生じることのないように設定する許容値）、塑性設計における許容応力（発生する応力により構造物が機能喪失することのないように設定する許容値）がそれぞれ存在する。

⁵³ 物体に加える荷重が弾性限度を超えると、それ以上の力を加えなくても変形が急激に進む。この現象を降伏といい、このときの応力を降伏応力という。

構築物は終局耐力に対し妥当な安全余裕を有すること、また、機器・配管系は、その機能に影響を及ぼすことがないことの確認を行った（本件3号機の耐震設計については、後記(4)アを参照）。

（乙20（8-1-105～126頁））

ウ 耐震設計審査指針の改訂後の評価

(ア) 1995年兵庫県南部地震を契機とした知見の蓄積と地震動評価手法の発展について

1995年兵庫県南部地震では、日本で初めて震源近傍で強震動が観測され、地震の「震源特性」、地震波の「伝播特性」及び地盤の「増幅特性」が強震動やそれによる被害に大きく影響していることが明らかになった。そして、将来の地震における強震動を高精度で予測するためには、それらの3つの地域特性を考慮した地震動評価を行う必要があることが広く認識され、地震に関して様々な調査及び観測が行われた。その結果、地震学、地震工学等の新たな知見が急速に蓄積された。

具体的には、1995年兵庫県南部地震では、震源となった断層の直上ではなく南側のやや離れた所に「震災の帯」（図38）と呼ばれる被害の集中域が現れたメカニズムが詳細に分析された。すなわち、「震災の帯」及びその周辺では、建物等の固有周期と概ね同じ周期1秒前後のパルス（振幅の大きい波）を有する強震動が観測され、これが建物等の被害を生じさせた原因であると考えられた。このため、断層モデルによる検証を行い、震源における断層破壊の進行方向でアスペリティ⁵⁴から放出された大きな地震波が重なり合ったこ

⁵⁴ アスペリティとは、地震を起こす震源断層面の中でも強く固着した領域のことであり、

と（指向性）により上記パルスが発生したことが明らかになった。
また、断層の南側に存する堆積層及び深部地下構造の影響を受けて地震波が増幅することにより、断層の直上ではなく、やや離れた場所に「震災の帯」が現れたことが判明した。

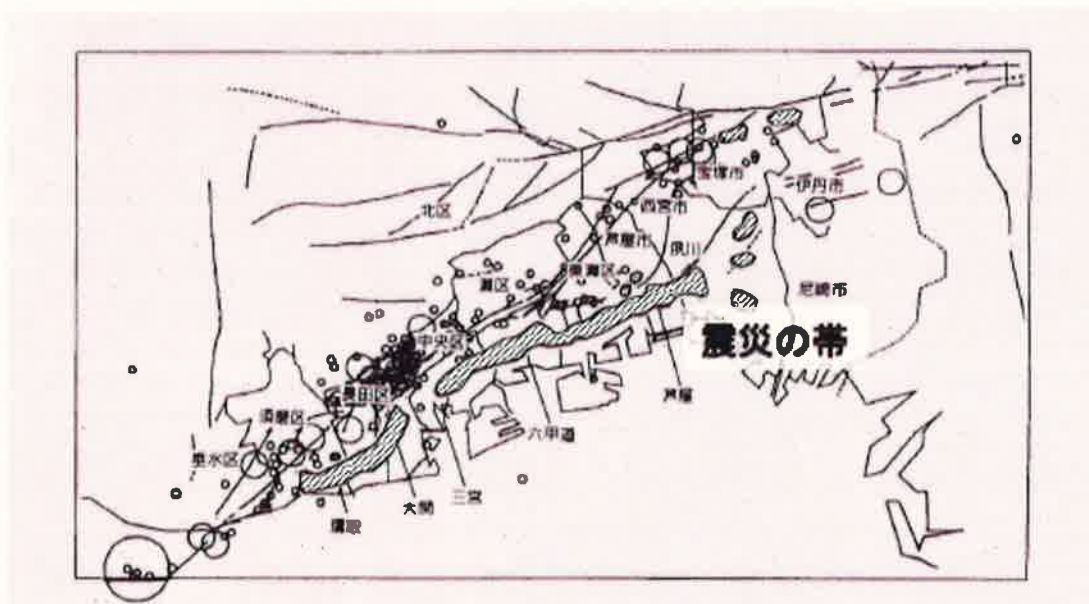


図 3 8 1995年兵庫県南部地震における「震災の帯」

耐震設計審査指針策定後、地震動評価に用いられていた応答スペクトルに基づく手法（大崎の手法等）では、最大加速度や応答スペクトルなどによる揺れの評価を主眼としており、1995年兵庫県南部地震で大きな被害の要因となったパルスを有する時刻歴波形を主眼とした評価を行うものではなかった。1995年兵庫県南部地震では、構造物の耐震性を精緻に把握するには、最大加速度、応答スペクトル等を用いた評価だけでなく、時々刻々と変化する揺れを

この部分がずれると特に大きなずれを生じ、大きな揺れが生じる。

表現できる時刻歴波形による評価が極めて重要であることが認識された。そのため、地震の「震源特性」、地震波の「伝播特性」及び地盤の「増幅特性」を反映した時刻歴波形を直接作成する断層モデルを用いた評価手法が、特に震源近傍の地震動評価では重要なものと位置付けられるようになった。

断層モデルを用いた手法による地震動評価とは、地震の原因となる断層をモデル化し（断層モデル）、このモデルをもとに、地震動を評価する手法である。応答スペクトルに基づく地震動評価手法の多くが震源を点として捉えるのに対し（上記イ（ア）d）、この手法では、広がりをもった面として震源を捉え、断層運動により岩盤が破壊する現象を再現するものであり、図39のように、震源断層面を細分化した各要素から放出される小地震の地震波形を合成することで評価地点の地震波形を計算する（要素となる小地震のことを「要素地震」といい、ここから得られる小地震波のことを「グリーン関数」という。）。

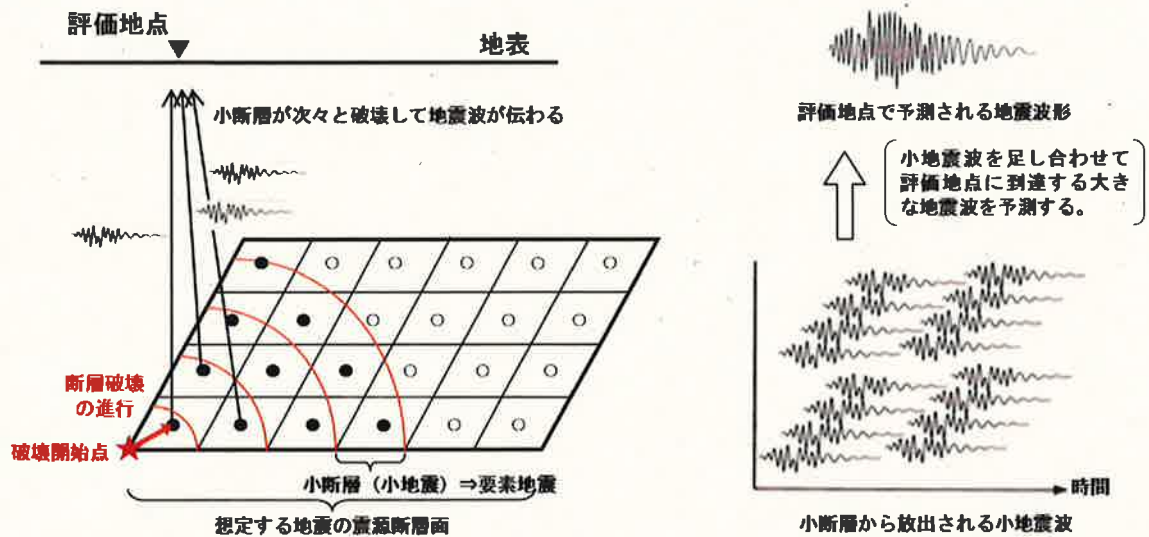


図 3 9 断層モデルを用いた手法による地震動評価の概念図

1995年兵庫県南部地震は、甚大な被害をもたらすとともに、我が国の地震防災対策に関する多くの課題を浮き彫りにした。この地震による甚大な被害経験を活かすため、当時の総理府（現・文部科学省）に地震調査研究推進本部⁵⁵が設置され、全国の基盤的観測網の構築と併せて、活断層調査、地下構造調査等が行われた。強震観測網の充実で、大きな地震が起きると精度良い地震動が記録され、その解析から震源断層の破壊過程が直ちに断層モデルとして計算されることなどにより、地震の「震源特性」に係る知見が蓄積されるようになった。そして、蓄積された知見を基に、「震源特性」に係るスケーリング則⁵⁶が提案されるようになった。さらには、強震動を高精度に予測するため、「誰がやっても同じ答えが得られる標準的な

⁵⁵ 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文部科学省に設置された政府の特別の機関

⁵⁶ 断層長さ・幅・面積，応力降下量（震源断層面上における地震発生直前の応力と地震発生直後の応力との差），地震モーメント（断層運動としての地震の規模を表すもの），アスペリティ面積等の間に存在する一定の相似則，又はこれを経験的に関係式で示したもの

方法論」として、震源断層を特定した地震の強震動予測手法（強震動予測レシピ（乙38））が作成された。こうした、地震動評価手法の高度化に伴い、スケーリング則によって求められる震源特性に係る過去の地震の平均的な値と、各地域の観測記録等から得られた震源特性とを比較することができるようになり、当該地域の地域特性を把握することができるようになった。例えば、「震源特性」のうち強震動に直接影響する短周期レベル⁵⁷について、壇ほか（2001）⁵⁸、佐藤（2010）⁵⁹等の知見により、日本海溝沿いの太平洋プレートで発生する宮城県沖のプレート間地震は他の地域と比べて短周期レベルが大きいこと、内陸地殻内地震のうち横ずれ断層型・正断層型の地震は逆断層型の地震に比べて短周期レベルが小さいことなどの特性が明らかになっている。また、都市部の関東平野、濃尾平野、大阪平野を中心に大規模な地下構造調査が行われ、各地域における地震波の「伝播特性」及び地盤の「増幅特性」による影響が検討された。

また、従来から地震による揺れの評価に用いられてきた応答スペクトルに基づく地震動評価手法についても、強震観測網の充実により、数多くの観測記録を統計的に分析することができるようになったため、過去に発生した地震動の平均的な値を精度良く評価できるようになった。その結果、応答スペクトルに基づく地震動評価にお

⁵⁷ 震源特性のうち、強震動に直接影響を与える短周期領域における加速度震源スペクトル（観測記録から増幅特性及び伝播特性の影響を取り除き、震源特性に対応した地震波の加速度スペクトル）のレベルのこと

⁵⁸ 断層の非一様すべり破壊モデルから算定される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震動予測のための震源断層のモデル化，2001，日本建築学会構造系論文集，第545号，51-62

⁵⁹ 逆断層と横ずれ断層の違いを考慮した日本の地殻内地震の短周期レベルのスケーリング則，2010，日本建築学会構造系論文集，第651号，923-932

いても、過去の地震の平均的な値と各地域で得られた観測記録との比較により、当該地域の地震像の地域的な特性を把握することができるようになった。

以上のように、1995年兵庫県南部地震を契機に、地震動評価手法に関する研究が大きく進展した結果、地域的な特性を踏まえて地震の「震源特性」、地震波の「伝播特性」及び地盤の「増幅特性」を考慮した詳細かつ高度な地震動評価が可能となった。

(イ) 耐震設計審査指針の改訂

昭和53年に耐震設計審査指針が制定されて以降、地震動評価手法が高度化するとともに、地震学及び地震工学に関する新たな知見の蓄積には著しいものがあつた。特に、上記(ア)で述べたとおり、1995年兵庫県南部地震に関連する調査研究の成果等を通じて、断層の活動様式、地震動特性、構造物の耐震性等に係る貴重な知見が得られた。このような状況を踏まえ、原子力安全委員会は、平成8年度から平成12年度の5年間にわたり、原子力施設の耐震安全性に関する海外の基準類や文献の収集整理等を行い、平成13年6月からは、耐震安全性に係る安全審査指針類について、最新知見等を反映し、より適切な指針類とするために必要な調査審議を開始し、平成18年4月に改訂指針案のとりまとめを行った。その後、パブリックコメント等を経て、平成18年9月、原子力安全委員会は、耐震設計審査指針の改訂を行った。改訂後の耐震設計審査指針(乙21(59頁以下))では、基準地震動 S_s の策定に係る地震動評価手法が大幅に高度化された。関連する主な変更点を以下に述べる。

a 基準地震動の一本化

改訂前の耐震設計審査指針では、設計用最強地震による基準地震動 S_1 と設計用限界地震による基準地震動 S_2 との2種類の基準地震動を設定することとされていたが、改訂後の耐震設計審査指針では基準地震動 S_s に一本化された。

耐震設計においては、基準地震動 S_s による地震力に対して、耐震 S クラスの施設の安全機能が保持されること、すなわち、基準地震動 S_s による地震力で生じる変形が塑性領域（荷重による変形が弾性領域⁶⁰を超え、荷重がなくなった後に元の形に戻らない変形の領域）まで達したとしても耐震安全性（安全機能の維持）が確保できることが基本的な考え方となった。その上で、工学的な観点から弾性設計用地震動 S_d を設定（基準地震動 S_s に0.5を下回らない係数を乗じて設定）し、耐震 S クラスの施設が弾性設計用地震動 S_d による地震力に対して施設全体として概ね弾性範囲に収まるよう耐震設計（弾性設計）を行うことを求めることにより、基準地震動 S_s に対する施設の安全機能の保持をより高い精度で確保できるよう配慮を行っている。

b 「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」の策定

基準地震動 S_s の策定にあたっては、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」と「震源を特定せず策定する地震動」とに分けて策定することとされた。

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の地震動評価は、応答スペクトルに基づく地震動評価において設定した設計用応答ス

⁶⁰ 加えられた荷重を除去すると、変形を残すことなく完全に元の状態に戻る領域

ペクトル（下記c参照）と、断層モデルを用いた手法による地震動評価において検討用地震ごとに設定した応答スペクトルとを基に、それらを比較して策定する。

震源を特定せず策定する地震動は、改訂前の耐震設計審査指針の基準地震動S2における直下地震の考慮に対応し、敷地近傍において発生する可能性がある内陸地殻内地震の全てを事前に評価し得るとは言い切れないことから、敷地近傍における詳細な調査の結果にかかわらず、全ての申請において共通的に考慮すべき地震動であると意味づけられたものである。すなわち、地震動の評価は、あくまで詳細な調査を前提とした敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の策定に最大限の努力を払うべきであり、震源を特定せず策定する地震動はこれを補完する位置付けとして、念には念を入れる観点から策定するものである。そして、実際の観測記録を基に策定するものであり、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によって策定される敷地ごとに震源を特定して策定する地震動とは性質が異なっている。このため、改訂後の耐震設計審査指針では両地震動を個別の基準地震動Ssとして策定するよう求めている。

ちなみに「原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 - 2 0 0 8）」においては、「震源を特定せず策定する地震動」として評価した応答スペクトルが、全周期帯において「設計用応答スペクトル」を下回る場合は設計用応答スペクトルで代表させ、一部の周期帯で設計用応答スペクトルを上回る場合には双方を個別に評価する旨が規定されている。

c 「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」の実施

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の評価にあたっては、地震動評価手法等の高度化を反映し、「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」の双方を実施し、それぞれによる基準地震動 S_s を策定することとされた。

「応答スペクトルに基づく地震動評価」においては、用いる経験式の適用条件及び適用範囲を検討して適切に選定した上で、複数選定した検討用地震について各々の応答スペクトルを求め、それらを全て包絡する応答スペクトル（設計用応答スペクトル）を設定する。この評価方法は、改訂前の耐震設計審査指針と同様である。

「断層モデルを用いた手法による地震動評価」は、地震動の実像を精緻に評価するものである。「断層モデルを用いた手法による地震動評価」では、上記(ア)において述べたとおり、地震の震源特性、地震波の伝播特性及び地盤の増幅特性を反映した時刻歴波形及び応答スペクトルを作成することが可能である。「断層モデルを用いた手法による地震動評価」によって作成された時刻歴波形及び応答スペクトルは、「応答スペクトルに基づく地震動評価」による応答スペクトルとは異なり、その形状の凹凸に地震動の諸特性（周波数特性⁶¹、継続時間、位相特性⁶²等）が反映された

⁶¹ 地震波が、どの周波数の波を多く含む波であるか（短周期か長周期か）に関する特性
⁶² 地震波の位相（周期的に繰り返される現象の時間情報）に関する特性

ものであるから、「断層モデルを用いた手法による地震動評価」による地震動はそのまま安全性評価に用いることが妥当である。改訂後の耐震設計審査指針が規定しているように、評価手法の異なる「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」とのそれぞれについて基準地震動 S_s を策定することによって、それぞれの手法の特徴を活かすことができるようになるのである。もっとも、結果的に、「断層モデルを用いた手法による地震動評価」による応答スペクトルが、「応答スペクトルに基づく地震動評価」により求めた設計用応答スペクトルを全周期帯において有意に下回る場合は、「応答スペクトルに基づく地震動評価」により求めた設計用応答スペクトルで代表させることができるとされている。

d 「不確かさ」の考慮

基準地震動 S_s の策定過程（検討用地震の選定や地震規模、震源断層、アスペリティ等のパラメータの推定）には種々の不確かさが存在するが、この不確かさは地震動に過小又は過大な評価をもたらす可能性がある。このため、基準地震動 S_s の策定過程に伴う不確かさについて、これによって算定される地震動が過小評価にならないよう、基準地震動 S_s の策定に及ぼす影響が大きいと考えられる不確かさの要因及びその大きさの程度を十分踏まえつつ、適切な手法を用いて考慮することとされた。

e 「残余のリスク」の認識

改訂後の耐震設計審査指針には、地震学的見地から、基準地震動 S_s を超える強さの地震動が発生する可能性は否定できず、「残

余のリスク」が存在すること、したがって、「残余のリスク」の存在を十分認識しつつ、それを合理的に実行可能な限り小さくするための努力が払われるべきであることが明記された。ちなみに、「残余のリスク」とは、「策定された地震動を上回る地震動の影響が施設に及ぶことにより、施設に重大な損傷事象が発生すること、施設から大量の放射性物質が拡散される事象が発生すること、あるいはそれらの結果として周辺公衆に対して放射線被ばくによる災害を及ぼすことのリスク」とされる。

「残余のリスク」を合理的に実行可能な限り小さくするためには、基準地震動 S_s の超過確率を小さくすることが重要である。こうした観点からも、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の評価における不確かさを十分に考慮すること、基準地震動 S_s の超過確率に係る評価を行い十分に低いレベルに抑えられることを確認することが必要とされている。

(ウ) 平成18年の耐震設計審査指針の改訂を踏まえた債務者の対応

債務者は、上記の耐震設計審査指針の改訂の内容を踏まえ、改訂後の耐震設計審査指針に基づき、新たに基準地震動 S_s を策定し、それを踏まえても本件発電所の耐震安全性が確保できることを確認した。基準地震動 S_s の策定にあたり、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動については、文献調査、地質調査等による活断層の評価、過去の地震の発生状況等を考慮し、地震発生様式ごとに本件発電所の敷地に特に大きな影響を与えると予想される地震（検討用地震）を選定した。これらについ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行い、敷地ご

とに震源を特定して策定する地震動を策定した。震源を特定せず策定する地震動については、震源近傍における観測記録を収集し、詳細な地質学的調査によっても震源位置と地震規模を事前に特定できない地震による地震動についての知見を示す加藤ほか（2004）（乙22）を基に本件発電所敷地の地盤物性等を考慮して設定した。そして、債務者は、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地震動評価において求めた各検討用地震による地震動の応答スペクトルを包絡させるなどして設計用応答スペクトルを設定し、これを基に基準地震動 $S_s - 1$ （最大加速度 570ガル）を策定した。また、断層モデルを用いた地震動評価の結果、基準地震動 $S_s - 1$ の応答スペクトルを一部の周期で超えた地震動を基準地震動 $S_s - 2$ （最大加速度 413ガル）として策定した。震源を特定せず策定する地震動については、全ての周期において基準地震動 $S_s - 1$ の応答スペクトルに包絡されるため、基準地震動として設定しなかった。

耐震設計審査指針の改訂を踏まえた基準地震動 S_s 策定の流れは図40のとおりである。

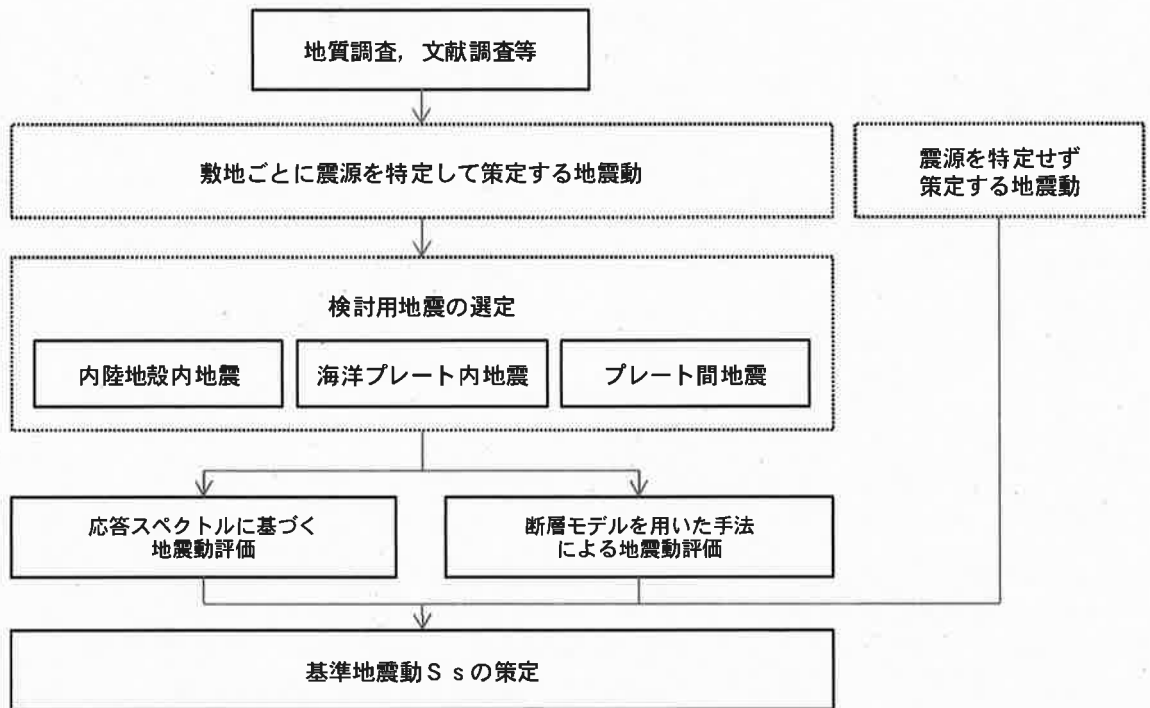


図 4 0 耐震設計審査指針の改訂を踏まえた基準地震動 S s 策定の流れ

a 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検討にあたっては、文献調査、地質調査等による活断層の評価、過去の地震の発生状況等を考慮し、地震発生様式ごとに本件発電所の敷地に特に大きな影響を与えると予想される地震（検討用地震）を選定することとした。

検討用地震の候補として、内陸地殻内地震については、敷地前面海域の断層群、伊予セグメント⁶³、五反田断層、別府湾－日出生断層帯、F－21断層並びに中央構造線断層帯の石鎚山脈北縁西部－伊予灘区間及び金剛山地東縁－伊予灘区間の各断層による

⁶³ セグメントとは、活断層を、過去の活動時期、平均変位速度、平均活動間隔、変位の向きなどに基づいて区分した断層区間のことで、固有地震を繰り返す活断層の最小単位と考えることができる。

地震について考慮した。そのうち、中央構造線断層帯については、地震調査研究推進本部が全体の長さを約360 kmとし、過去の活動時期の違いなどから6つの区間に区分し、これら6つの区間が連動して活動する可能性を示していることから、敷地前面海域の断層群を含む断層長さ130 km（中央構造線断層帯石鎚山脈北縁西部－伊予灘区間）及び同360 km（金剛山地東縁－伊予灘）も選定したが、検討用地震の選定においては敷地前面海域の断層群で代表させて検討を行うこととし、断層長さ約130 km及び約360 kmのケースについては、地震動評価における不確かさの考慮や妥当性の検証として影響評価することとした。また、「地震被害総覧」等の文献に示された過去の地震発生状況に加え、地震調査研究推進本部、中央防災会議等による知見を踏まえ、海洋プレート内地震については、安芸・伊予の地震（1649年、M6.9）、伊予西部の地震（1854年、M7.0）及び豊後水道の地震（1968年、M6.6）を、プレート間地震については、土佐その他南海・東海・西海諸道の地震（684年、M8 1/4）、宝永地震（1707年、M8.6）、安政南海地震（1854年、M8.4）、想定南海地震（地震調査委員会⁶⁴、M8.4）及び想定南海地震（中央防災会議、M8.6）をそれぞれ考慮することとした。そして、分類ごとに本件発電所の敷地に特に大きな影響を与えると予想される地震を検討用地震として選定することとし、距離減衰式による地震動評価を実施した。

その結果、内陸地殻内地震では敷地前面海域の断層群（中央構

⁶⁴ 地震調査研究推進本部地震調査委員会

造線断層帯)による地震を、プレート間地震では想定南海地震を、海洋プレート内地震では1649年安芸・伊予の地震をそれぞれ検討用地震として選定した(乙23(IV-9~14頁, IV-22~IV-23頁, IV-63頁))。

そして、これら検討用地震につい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行った。敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)による地震の地震動評価にあたっては、債務者が行った詳細な地質調査や様々な知見等を踏まえ、基本震源モデルとして敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)の断層長さを両端の引張性ジョグ⁶⁵の内部まで延伸した54kmとし(後記(3)イ(ア)d~e参照)、断層傾斜角を90度とした上で、①新潟県中越沖地震の知見を反映して応力降下量⁶⁶につき、基本モデルの1.5倍とするケース、断層の傾斜角を②北傾斜30度とするケース、③南傾斜80度とするケース、④断層長さを69kmとするケース、⑤断層長さを約130kmとするケースについて、不確かさを考慮した。海洋プレート内地震の1649年安芸・伊予の地震及びプレート間地震の想定南海地震についても、基本震源モデル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行ったが、本件発電所敷地においては、敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)による内陸地殻内地震が最も影響が大

⁶⁵ ジョグとは、断層形状が分岐したり、屈曲したりする不均質部のことをいう。力のかかり方により引張性ジョグと圧縮性ジョグに分類される。ジョグは、断層破壊の停止域となりやすく、断層破壊の末端を示唆する地質構造といえる。

⁶⁶ 震源断層面上における地震発生直前の応力と地震発生直後の応力との差を指す。地震は、岩盤に蓄積されていた応力が、震源断層面がずれるエネルギーとなって解放されるものであるため、応力降下量は、地震により解放されたエネルギーを示しているともいえる。

きくなる結果となった。

(以上、乙23 (IV-23~IV-31頁, IV-66~67頁))

b 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地震について得られた震源近傍の観測記録を基に策定する必要があるところ、これに関連する代表的な知見として、加藤ほか(2004)(乙22)がある。加藤ほか(2004)は、我が国及び米国カリフォルニア州における震源近傍で得られた観測記録を収集し、詳細な地質学的調査によっても震源位置と地震規模を事前に特定できない地震の地震動を複数設定しており、本件発電所における震源を特定せず策定する地震動として用いるのに適切であると考えられる。そして、債務者は、本件発電所の地盤特性(S波速度が2600m/秒)を考慮し、加藤ほか(2004)が提案する地震動のうち、「地震基盤における地震動」を震源を特定せず策定する地震動として採用することとした。(乙23 (IV-32~IV-36頁))

c 基準地震動S_sの策定と耐震安全性の確認

債務者は、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動について、応答スペクトルに基づく地震動評価により求めた検討用地震の応答スペクトル及び改訂前の耐震設計審査指針に基づく基準地震動S₂を包絡するよう設計用応答スペクトルを設定し、これを基に基準地震動S_{s-1}(最大加速度570ガル)を策定した。また、断層モデルを用いた手法による地震動評価により求めた検討用地震の応答スペクトルと上記基準地震動S_{s-1}の応答スペクトル

とを比較し、一部周期で基準地震動 $S_s - 1$ の応答スペクトルを超過したケースがあったため、この地震動を基準地震動 $S_s - 2$ (最大加速度 4.13ガル) として策定した。震源を特定せず策定する地震動については、その応答スペクトルが全ての周期において基準地震動 $S_s - 1$ の応答スペクトルに包絡されているため、個別の基準地震動は策定せず、震源を特定して策定する地震動の応答スペクトルで代表させることとした。さらに、策定した地震動の妥当性を検討するため、地震調査研究推進本部が約 360 km の区間で連動する可能性に言及していること踏まえ、敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)の 360 km 連動ケースと上記不確かさケースで考慮した 130 km 連動ケースから断層モデルを変更したケースについて評価を行い、策定した基準地震動 S_s との比較を行った。結果は、両ケースとも基準地震動 S_s を下回る結果となり、基準地震動 S_s の妥当性が確認できた。また、地震調査研究推進本部が評価した 130 km 連動ケースとも比較して、債務者の評価が保守的であることを確認した。(乙23 (IV-36~IV-40頁, IV-188~IV-199頁))

そして、債務者は、本件発電所の耐震安全性評価を行い、基準地震動 S_s をもたらす地震が発生した場合であっても、本件発電所の安全性を確保できることを確認した。

(エ) 原子力発電所の地震観測記録から得られた知見の反映

地震動評価手法の発展の契機となった1995年兵庫県南部地震後に発生した、2005年宮城県沖地震(M7.2)、2007年能登半島地震(M6.9)、2007年新潟県中越沖地震(M6.8)

では、原子力発電所において大きな地震動（観測記録）が得られ、これを基に実施した詳細な分析、地下構造に係る追加調査等により、平均よりも大きな地震動をもたらす地域特性（「震源特性」、「伝播特性」及び「増幅特性」）に係る新たな知見等が得られた。

まず、震源特性について、いずれの事例においても、地震時に得られた観測記録の分析から、震源特性を決める重要なパラメータである短周期レベルが平均よりも大きなものであった。例えば、2005年宮城県沖地震では、東北電力株式会社女川原子力発電所の基準地震動S2を超えることとなった要因について、同社は「短周期成分の卓越が顕著である傾向が認められた。」とし、「今回の地震による敷地における地震動の特徴は、宮城県沖近海のプレート境界に発生する地震の地域特性によるものと考えられる。」と結論付けている（乙24（3頁））。

また、伝播特性について、2007年新潟県中越沖地震の際、東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所において地震動の増幅が生じた要因の一つとして、深部地盤の不整形性の影響により2倍程度増幅する傾向が確認された（乙25（3頁））。

さらに、増幅特性について、2007年能登半島地震の際、北陸電力株式会社志賀原子力発電所で観測された周期0.6秒のピークは敷地地盤の増幅特性によるものと分析された（乙26（5頁））。2007年新潟県中越沖地震の際には東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所において発電所敷地下の古い褶曲構造による増幅特性が確認された（乙25（3頁））。

これらの地震で得られた新たな知見は、各原子力発電所の地震動

評価において、当該発電所の地域性を踏まえて活用され、それぞれ基準地震動 S_s が策定された。例えば、2005年宮城県沖地震によって、宮城県沖のプレート間地震は他の地域と比べてその「震源特性」として短周期レベルが大きいことが明らかとなったことから、東北電力株式会社女川原子力発電所では、同地震の断層モデルを活用するなどして、その地域性を考慮した地震動評価を行い、基準地震動 S_s を策定した（乙27（2頁））。その結果、2011年東北地方太平洋沖地震で観測された同発電所敷地の地震動は、一部の周期帯で基準地震動 S_s の応答スペクトルをやや上回ったものの、全体としては概ね同等のレベルであり、同地震後に行った施設の点検及び地震応答解析による詳細検討により同発電所の耐震安全性に影響がないことが確認されている（乙28～30）。

債務者は、下記エで述べるとおり、本件発電所の地域特性を十分に把握し、これを適切に地震動評価に反映した上で、上記の地震で得られた地域特性に係る知見のうち、他の地域についても当てはまる可能性が否定しきれないものについては、基準地震動 S_s の策定にあたり必要に応じてその知見を考慮している。例えば、2007年新潟県中越沖地震の際に東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所において地震動の増幅が生じた要因のうち、同地震の震源特性が同規模の内陸地殻内地震と比べて1.5倍程度大きめの地震動を与える地震であったことは、基本的には、逆断層型の地震に特徴的なものであって横ずれ断層である中央構造線断層帯による地震には当てはまらないとも考えられるものの、上記(ウ) aで述べたとおり、短周期の地震動レベルと相関関係のある応力降下量について、基本ケ

ースの1.5倍としたケースも考慮して基準地震動 S_s を策定した。

(乙23 (IV-25頁, IV-68~IV-73頁))

エ 新規制基準制定後の評価

(ア) 新規制基準の制定

2011年東北地方太平洋沖地震が発生し、これに伴う津波により東京電力株式会社福島第一原子力発電所が深刻な事故に至ったことを踏まえ、原子力規制委員会が発足するとともに原子炉等規制法の改正が数次にわたり行われた。そして、実用発電用原子炉に係る原子炉設置許可申請の許可基準等を示した原子力規制委員会規則、さらにこれに関連する原子力規制委員会の内規(ガイド等)が多数制定又は改正され、平成25年7月8日に施行された。これらは、総称して「新規制基準」と呼ばれている⁶⁷。(新規制基準の制定経緯及びその概要については後記第10の2参照)

この新規制基準は、東北地方太平洋沖地震に係る知見、福島第一原子力発電所事故の発生等を踏まえて制定されたものであるが、地震動評価に関して平成18年改訂後の耐震設計審査指針と比較すると、詳細な調査に基づき「震源特性」、「伝播特性」及び「増幅特性」を踏まえて敷地に到来し得る地震動を評価するという地震動評価及び基準地震動 S_s の策定に係る基本的な部分については、ほぼ同一である。ただし、活断層等の解釈を明確化したり、地下構造による地震波の増幅の考慮に関する記載が充実したりするなどしており、その適用面では、より詳細な調査・検討が求められることになるた

⁶⁷ 「新規制基準」に含まれる規定の範囲を明確に定義したものはなく、福島第一原子力発電所事故を踏まえて改正された後の原子炉等規制法の関連規定も含む場合もある。

め、新規制基準においても地震動評価手法は高度化したものとなっている。

(イ) 新規制基準の制定に伴う債務者の対応

上記のとおり、新規制基準と平成18年改訂後の耐震設計審査指針とはほぼ同一であるものの、債務者は、福島第一原子力発電所事故の原因となった津波が想定を大きく超えたものであったこと、新規制基準がこうした事態を受けて制定されたものであることを踏まえ、改めて最新の知見も踏まえた評価を行った。

この評価と上記ウ(ウ)で述べた評価との主な違いは、①地震動評価上考慮すべき敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）について、西端で接する別府-万年山断層帯を含む、より長い区間（480 km）での連動を想定していること、②震源を特定せず策定する地震動について、最新の観測記録、解析結果等を用いた評価を行っていること、③深部ボーリング調査等の新たな調査により把握した本件発電所敷地の地下構造に係る知見を反映した評価を行っていることなどであり、詳細について、下記(3)で述べる。

(3) 新規制基準の制定後に実施した地震動評価及び基準地震動の策定

債務者は、本件発電所の基準地震動 S_s について、福島第一原子力発電所事故の原因となった津波が想定を大きく超えたものであったこと、新規制基準がこうした事態を受けて制定されたものであることを踏まえ、改めて最新の知見も踏まえた評価を行い、基準地震動 S_s を策定した。

ア 基準地震動策定の流れ

基準地震動 S_s 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」について、それぞれ敷地の解

放基盤表面⁶⁸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。

「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」は、敷地周辺における地震発生状況、活断層の性質等を考慮し、地震発生様式等による地震の分類を行った上で、敷地に大きな影響を与えると予想される地震（検討用地震）を選定し、選定した検討用地震に対して、震源特性等の不確かさを適切に考慮し、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の双方を行い、この結果に基づき策定する。また、「震源を特定せず策定する地震動」は、敷地周辺の状況等を十分考慮した詳細な調査を実施しても、なお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全てを事前に評価し得るとは言い切れないとの観点から、震源と活断層とを関連付けることが困難な過去の内陸地殻内地震について得られた震源近傍における観測記録に基づき策定する。基準地震動 S_s 策定の流れについて図 4-1 に示す。

⁶⁸ 基準地震動を策定するために、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自由表面であって、著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な拡がりをもって想定される基盤の表面

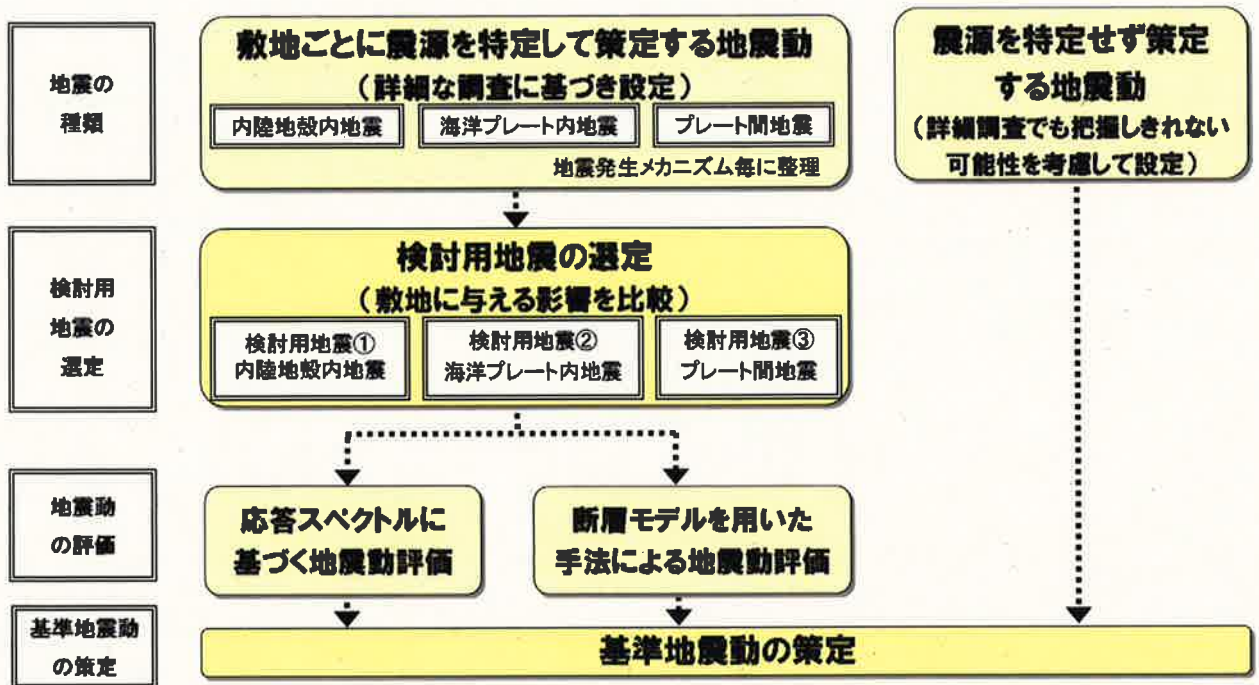


図 4 1 基準地震動 S s 策定の流れ

イ 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

(ア) 検討用地震の候補とする地震の選定

債務者は、敷地周辺における過去の被害地震から、規模、位置等に関する最新の知見をもとに、本件発電所敷地に影響を及ぼすと考えられる地震を選定し、これらの地震に、国の機関等による知見、活断層の分布状況から敷地周辺に想定した地震を加え、地震発生様式ごとに整理・分類して、検討用地震の候補とする地震を選定した。

a 被害地震の調査

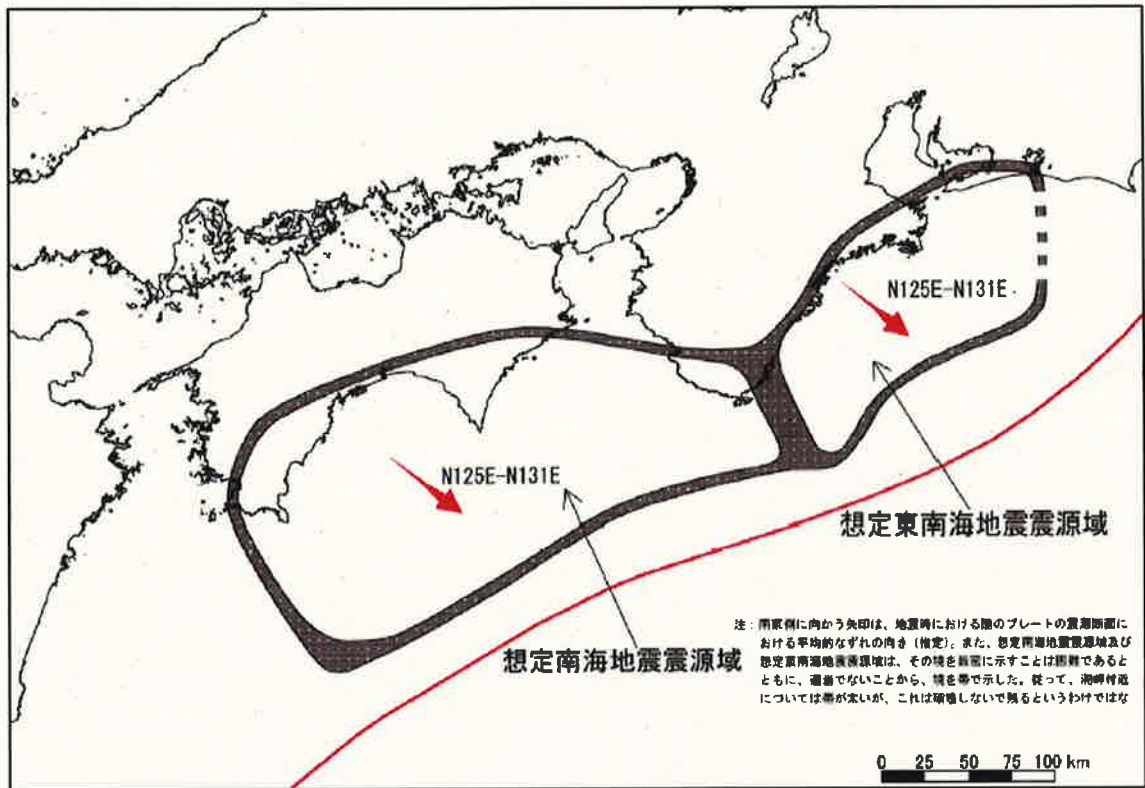
債務者は、敷地周辺の被害地震について、地震史料及び明治以降の地震観測記録を基に、地震の震央位置、規模等をまとめた地震カタログ（「最新版 日本被害地震総覧」，「宇津カタログ（1982）」，「気象庁地震カタログ」等）による調査を行った。

この調査によって抽出した地震について、規模及び位置等に関する最新の知見をもとに敷地に影響を及ぼす地震として、敷地の震度が5弱（1996年以前は旧気象庁震度階級でV）程度以上であったと推定される地震を以下のとおり選定した。（乙31（7～10頁），乙11（6-5-13～6-5-16頁，6-5-53～6-5-56頁））

- ・土佐その他南海・東海・西海諸道の地震（684年，M8.1/4）
- ・日向灘の地震（1498年，M7.1/4）
- ・安芸・伊予の地震（1649年，M6.9）
- ・宝永地震（1707年，M8.9）
- ・安政南海地震（1854年，M8.4）
- ・伊予西部の地震（1854年，M7.0）
- ・豊後水道の地震（1968年，M6.6）

b 国の機関等による知見

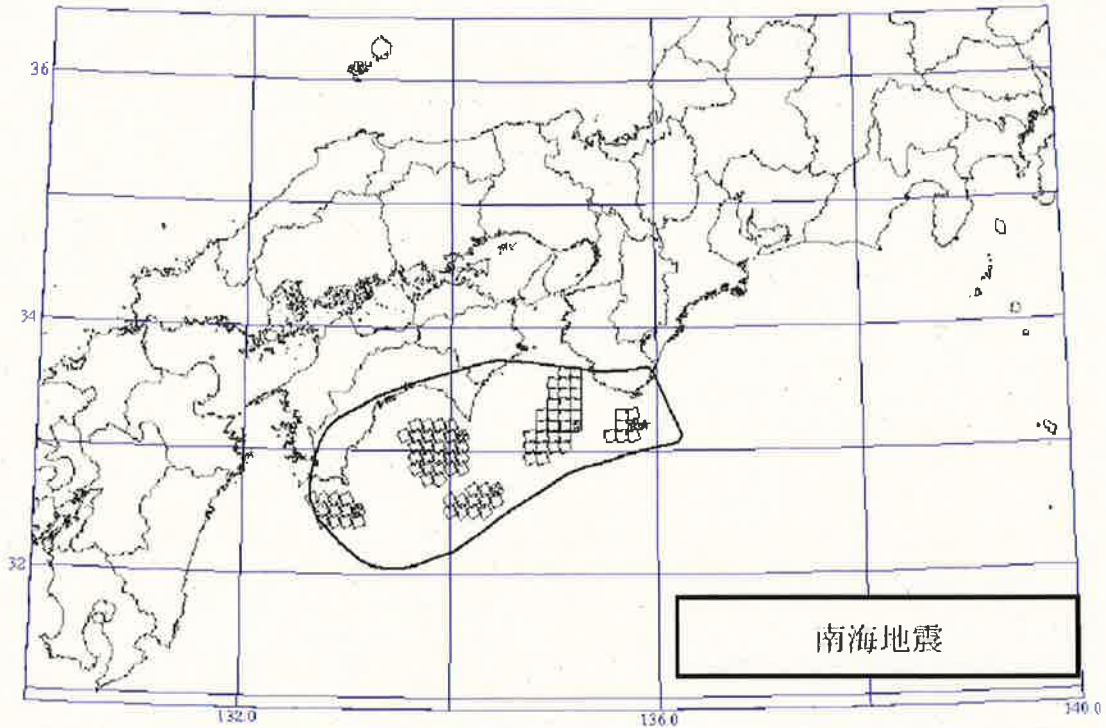
地震調査研究推進本部地震調査委員会は、長期的な観点から、南海トラフ沿いの地震について、四国沖から浜名湖沖までの領域を震源域とする地震を想定し、その評価のとりまとめを行った。そして、次の南海トラフ沿いの地震の発生位置（領域）及び震源域の形態を、既往の調査結果から総合的に判断し、図42で示すモデルを提案した（想定南海地震（地震調査委員会，M8.4））。また、日向灘のプレート間地震についても、1968年日向灘地震及び1662年の日向灘の地震に係る強震動評価を実施し、モデルを示している（日向灘の地震（地震調査委員会，M7.6））。（乙11（6-5-9～6-5-10頁），乙31（9頁））



(地震調査委員会 (2001) より)

図 4 2 地震調査委員会による想定南海地震の震源域

中央防災会議は、「東南海・南海地震等に関する専門調査会」を設置し、東南海・南海地震などの過去の地震発生例を参考にし、東海地震、東南海地震及び南海地震をさまざまに組み合わせたケースを想定した検討を行い、想定南海地震として図 4 3 で示すモデルを設定した（想定南海地震（中央防災会議，M8.6）（乙11（6-5-10～6-5-12頁），乙31（9頁））。



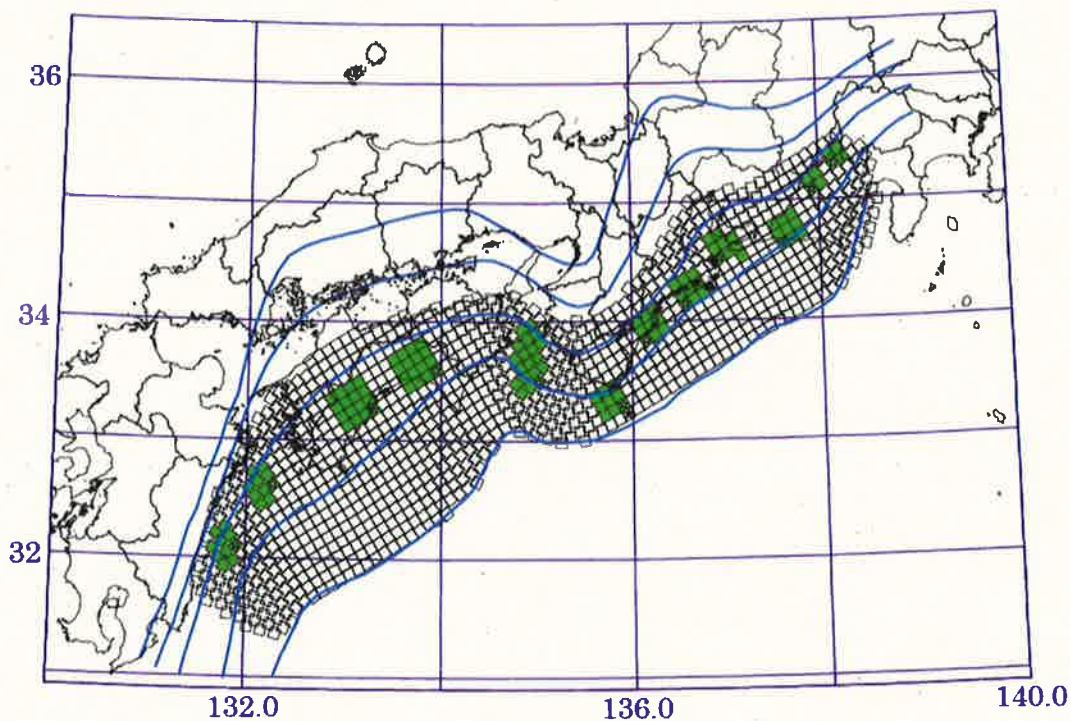
(中央防災会議(2003)より)

図4-3 中央防災会議による想定南海地震の震源域

内閣府の「南海トラフの巨大地震モデル検討会」(以下「内閣府検討会」という。)は、南海トラフの巨大地震を対象として、過去に南海トラフで発生した地震の特徴やフィリピン海プレートの構造等に関する特徴などの現時点の科学的知見に基づきあらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大地震として、駿河湾から日向灘までを震源断層域とするM9クラスを想定した検討を行った。そして、南海トラフの巨大地震として4ケースのモデルを設定している。本件発電所敷地に最も影響があると考えられるのは、強震動生成域⁶⁹が最も敷地の近傍に配置されている「陸側ケース」

⁶⁹ 断層面のなかで特に強い地震波(強震動)を発生させる領域。図4-4では、緑色で示さ

(図44, 南海トラフの巨大地震(陸側ケース)(内閣府検討会, M9.0))である。(乙11(6-5-12~6-5-13頁), 乙31(9頁))



(内閣府検討会(2012)より)

図44 南海トラフ巨大地震(陸側ケース)の震源域

また, 地震調査研究推進本部地震調査委員会による, フィリピン海プレートのプレート間及びプレート内の震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の地域区分(乙32(3-79頁))を考慮し, 本件発電所を含む区分及びこれに隣接する区分において過去に発生した海洋プレート内地震について, 最新の知見を踏まえて整理したものを図45に示す。各領域において最も規模が大きくな

れている。

もの（図中、赤線で囲ったもの）は、領域1においては①2004年の地震（M7.4）、領域2においては②1769年の地震（M7.4）、本件発電所を含む領域3においては③1854年の地震（M7.0）及び領域4においては④1909年の地震（M7.3）となっている。これらの地震のうち、③以外の地震は、震央距離が離れているため、そのままでは本件発電所への影響は大きくないが、債務者は、各領域の範囲で地震が発生する位置をあらかじめ特定することは困難であるとの安全側の考え方に立ち、地震動評価をする上では、①、②及び④の地震を各領域の最も本件発電所に影響を与える位置で発生するものとした。そして、①を震央距離約225kmの位置に（アウターライズ地震⁷⁰（M7.4））、②を震央距離約77kmの位置に（日向灘の浅い地震（M7.4））、④を震央距離約59kmの位置に（九州の深い地震（M7.3））それぞれ想定することとした（図45では赤字で示した。）。（乙11（6-5-18～6-5-19頁）、乙31（8頁））

⁷⁰ 海側のプレートと大陸側のプレートとが接する海溝の海寄りに存在する、海側のプレートが地形的に隆起した領域で発生する地震

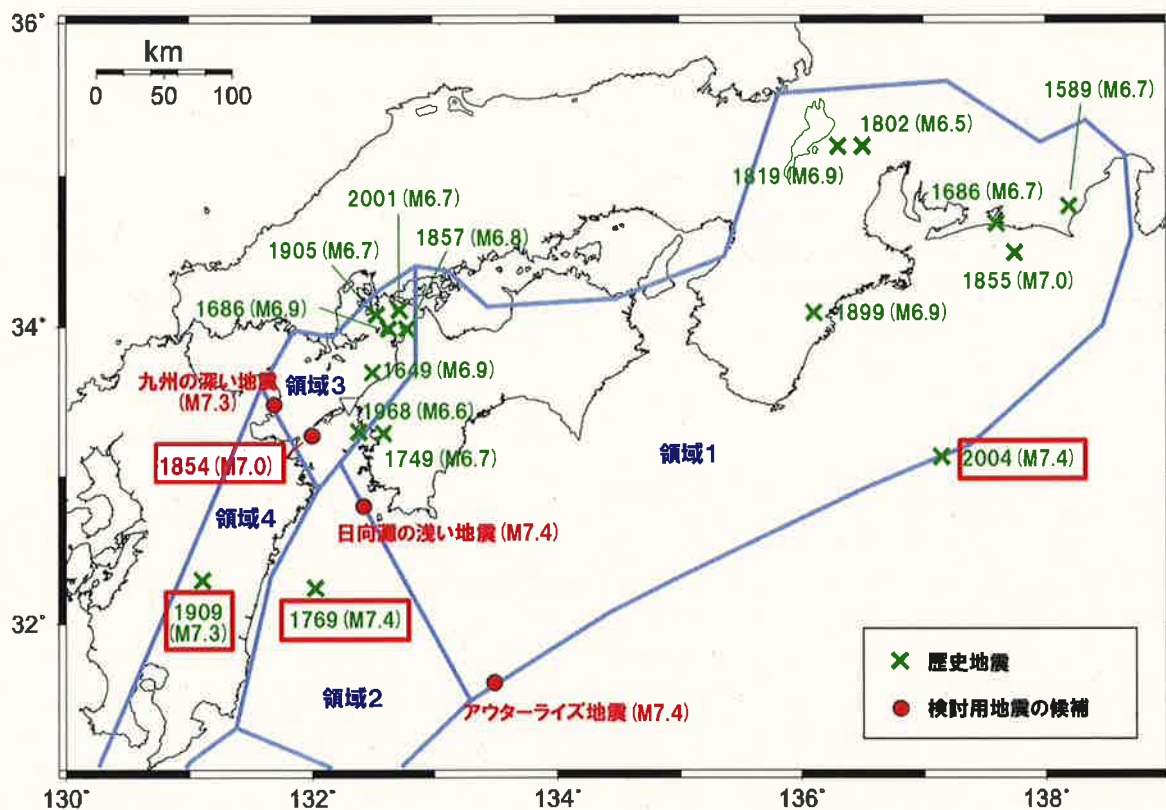


図 4 5 本件発電所の周辺領域における海洋プレート内地震の分布

c 敷地周辺の地震発生様式及び地震発生状況

本件発電所周辺の地震活動は、太平洋側沖合いの南海トラフから陸側へ沈み込む海洋プレートと陸域プレートとの境界付近で発生するプレート間地震、海洋プレート内で発生する地震、陸域及び沿岸で発生する内陸地殻内地震の3つに大きく分けることができる。気象庁一元化震源のうち敷地周辺で発生したM5未満の地震（微小地震）の分布状況の調査、敷地周辺で発生した過去の地震に関する知見等を踏まえると、敷地周辺で発生する地震の主な特徴は概ね次のとおりである。すなわち、①プレート間地震は、南海トラフ沿いでM8程度の大地震が約100年から150年の間隔で発生し、日向灘周辺ではM7程度の地震が十数年から数十

年に一度の割合で発生している。②海洋プレート内地震は、安芸灘や伊予灘など瀬戸内海の西部から豊後水道付近のやや深いところ（約30～70kmの深さ）でM7程度の地震が発生している。そして、過去に敷地周辺の沿岸地域に被害をもたらした地震が知られている。③内陸地殻内地震は、敷地近傍においてほとんど発生しておらず（若干認められるものもM2未満と小さい。）、大分県別府付近でM7程度の地震が発生している。（乙11（6-5-1～6-5-7頁））

d 活断層の分布状況

債務者は、敷地周辺の活断層の分布を把握するため、文献調査、地形調査、地表地質調査、海域地質調査、地球物理学的調査等による入念な調査を行った。この結果、敷地の北方には敷地前面海域の断層群（42km）、伊予セグメント（23km）、川上セグメント（36km）などから構成される中央構造線断層帯が四国陸域から佐田岬半島西端部の北方まで分布し、敷地の沖合い約8kmを通過する。さらに西方には、別府湾-日出生断層帯（76km）が豊予海峡から別府市西方まで分布する。これら以外にも伊予灘北方の上関断層（F-15）、上関断層（F-16）等の活断層が分布する。一方、敷地の南方には、八幡浜の五反田断層（2km）、宇和海のF-21断層（22km）が分布する。これらの分布状況を図46に示す。（乙11（6-5-7～6-5-9頁））

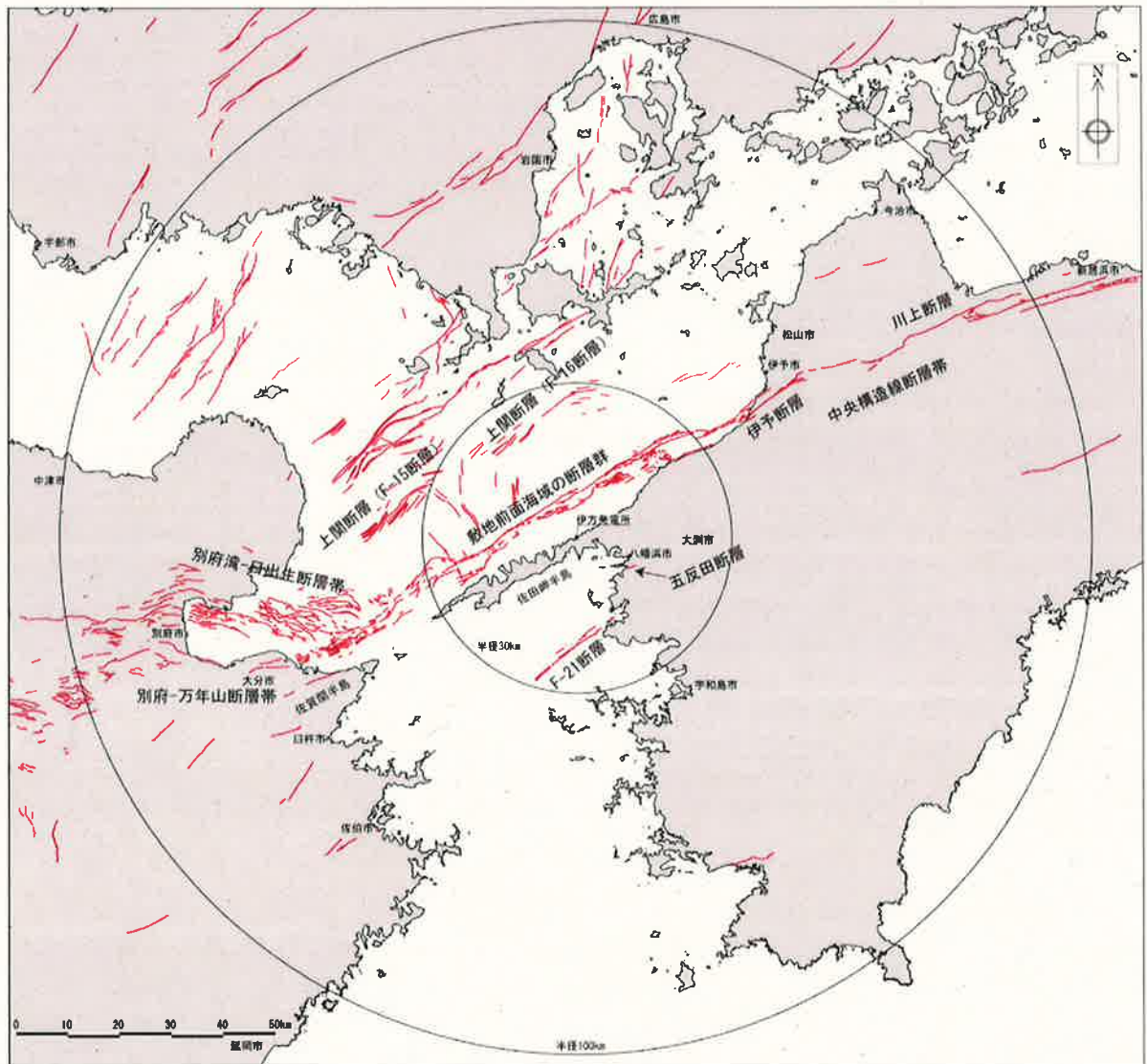


図 4 6 敷地周辺の活断層の分布状況

一般に、中央構造線という語は、「地質境界としての中央構造線」と「活断層としての中央構造線」の両者を包含して若しくは混同して、又は区別せずに用いられているが、地震動を評価する上で考慮すべきは「活断層としての中央構造線」である。

(地質境界としての中央構造線)

日本列島の骨格が形成された約 7 0 0 0 万年前以前に形成され

たと考えられる西南日本の中央部をほぼ縦断する地質構造上の境界線があり、地質境界としての中央構造線と呼ばれる(図47)。

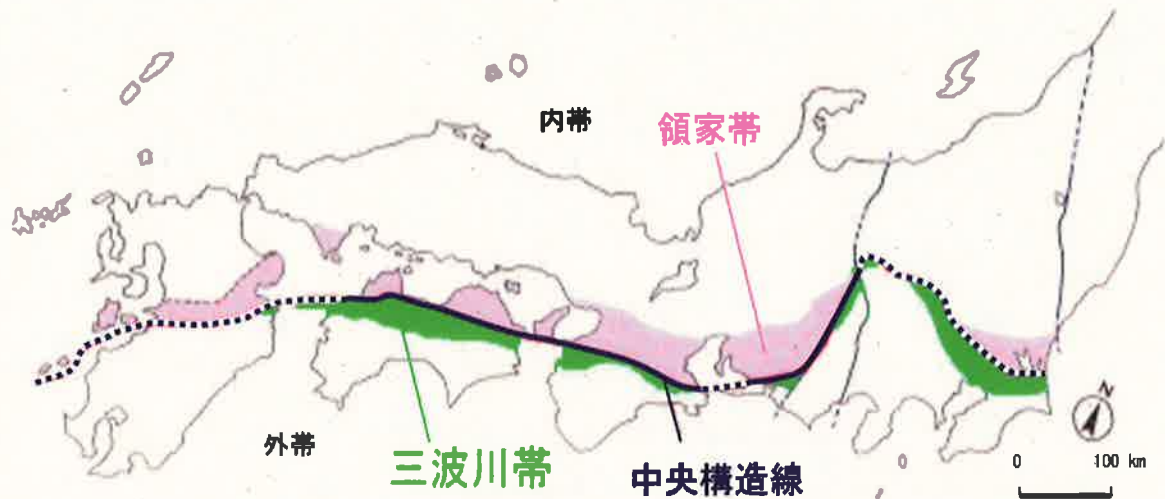


図47 地質境界としての中央構造線

これは、関東地方から九州地方に至る長大な地質構造であるが、四国地方においては、四国山地北麓をほぼ東西に走り、愛媛県西条市丹原町鞍瀬付近で南へ曲がり、湾曲しながら同県伊予市双海町上灘付近から海中に没している(図48)。



図 4 8 四国西部における地質境界としての中央構造線と
活断層としての中央構造線の対比

地質境界としての中央構造線は、上記鞍瀬付近から上記上灘付近で海中に没するまでの間は新生代第三紀の末期（約 1 0 0 0 万年前）以降は全く活動していないこと及び上記上灘付近の海域における音波探査記録によれば地質境界上に堆積している洪積層⁷¹に乱れが認められないことから、地震を発生させる可能性は皆無である。つまり、地質境界としての中央構造線とは、地質構造として認定されるものであり、地震を発生させる可能性はない。なお、中央構造線の長さについて、例えば、約 8 0 0 km とか約 1 0

⁷¹ 第四紀の初め(約 2 6 0 万年前)から近年最も海の陸地化が進んだ時期(約 1.8 万年前)までの年代(洪積世)に形成された地層及び岩体

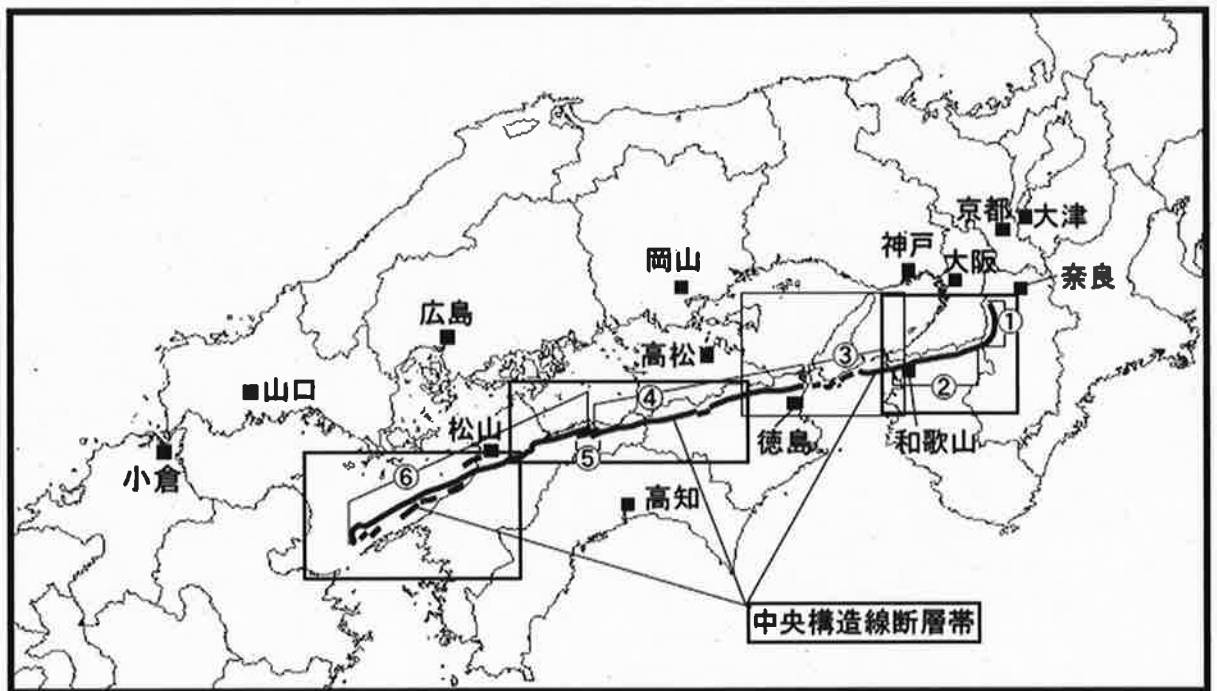
00 kmと言及されることがあるが、これは、地質境界としての中央構造線の長さに関するものであり、地震発生の可能性の観点からは意味をもたない。

(活断層としての中央構造線)

地質境界としての中央構造線と同じ位置、あるいは多少離れた位置に、最近の地質年代における活動が確認される断層が存在する部分がある(図48)。これらは、活断層としての中央構造線として、将来、地震を発生させる可能性があるかどうかの観点から、地質境界としての中央構造線とは区別して検討しなければならない。

活断層としての中央構造線については、地震調査研究推進本部地震調査委員会が、中央構造線断層帯として評価している(したがって、本書面では、活断層としての中央構造線を「中央構造線断層帯」と記載している。)。地震調査委員会(2011)(乙33)によれば、中央構造線断層帯は、近畿地方の金剛山地の東縁から淡路島南部の海域を経て四国北部を東西に横断し、伊予灘に達する断層帯で全体としての長さは約360 kmとされ、過去の活動時期の違いなどから、①金剛山地東縁(長さ約23 km)、②和泉山脈南縁(長さ約44~52 km)、③紀淡海峡-鳴門海峡(長さ約43~51 km)、④讃岐山脈南縁-石鎚山脈北縁東部(長さ約130 km)、⑤石鎚山脈北縁(長さ約30 km)及び⑥石鎚山脈北縁西部-伊予灘(長さ約130 km)の6つの区間に区分されている(図49)。一般的には、中央構造線断層帯のような長大な断層帯はいくつかの区間に分割して活動すると考えられているが、

同委員会では、中央構造線断層帯の将来の活動について、上記6つの区間が個別に活動する可能性、複数の区間が同時に活動する可能性、これら6つの区間とは異なる範囲が活動する可能性、さらには、断層帯全体が同時に活動する可能性も否定できないとしている。



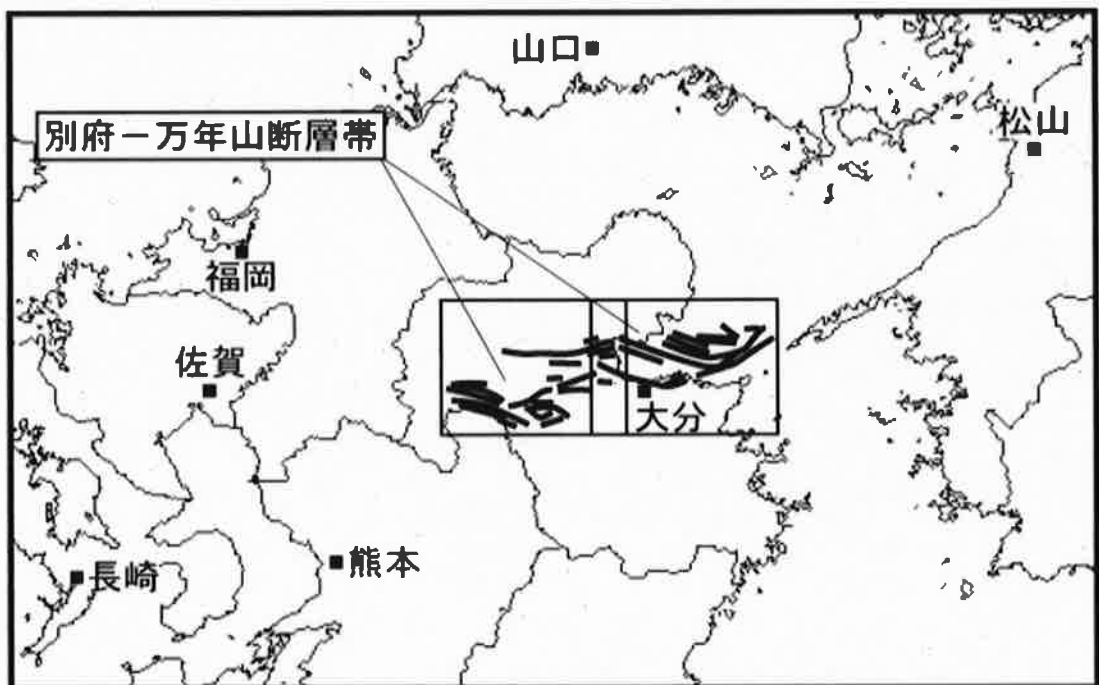
- ①：金剛山地東縁 ②：和泉山脈南縁 ③：紀淡海峡-鳴門海峡
- ④：讃岐山脈南縁-石鎚山脈北縁東部 ⑤：石鎚山脈北縁
- ⑥：石鎚山脈北縁西部-伊予灘

(地震調査委員会(2011)より)

図49 地震調査委員会(2011)による中央構造線断層帯の区分

また、地震調査委員会(2005)(乙34)によると、別府-万年山断層帯について、ほぼ東西方向の多数の正断層から構成されているが、断層の走向や変位の向きから「別府湾-日出生断

層帯」(76 km)，大分平野－由布院断層帯(40 km)等に区分されている。敷地に最も近い別府湾－日出生断層帯は，東部と西部で最新活動時期が異なり，それぞれが単独で活動すると推定されているが，全体が同時に活動する可能性，さらには，その東端が中央構造線断層帯に連続している可能性がある」と指摘されている(図50)。



(地震調査委員会(2005)より)

図50 地震調査委員会(2005)による別府-万年山断層帯

一方，債務者は，本件発電所の敷地周辺において詳細な地質調査を実施し，断層の分布形態，活動様式等の性状を特定した結果，中央構造線断層帯を構成する活断層として，伊予断層(断層の長さ約23 km)，川上断層(断層の長さ約36 km)及び敷地前面海

域の断層群（断層の長さ約4.2 km，本件発電所の敷地の沖合い約8 kmに分布）が存在すること，さらにそれぞれの断層の間に，ジョグと呼ばれる断層破壊の末端（セグメントの境界）を示唆する地質構造が分布することを確認した。そして，敷地前面海域の断層群を図5.1のとおり区分した。ちなみに，敷地前面海域の断層群の中間あたり（本件発電所の敷地の正面の海域）にもジョグが存在しているが（図5.1），規模が小さいことから安全側に判断し，セグメントの境界とみなさずに敷地前面海域の断層群を一連の活断層として判断した。

（以上，本件発電所の敷地周辺地域における中央構造線の総合的な評価につき，乙1.1（6-3-4.3～6-3-6.6頁））

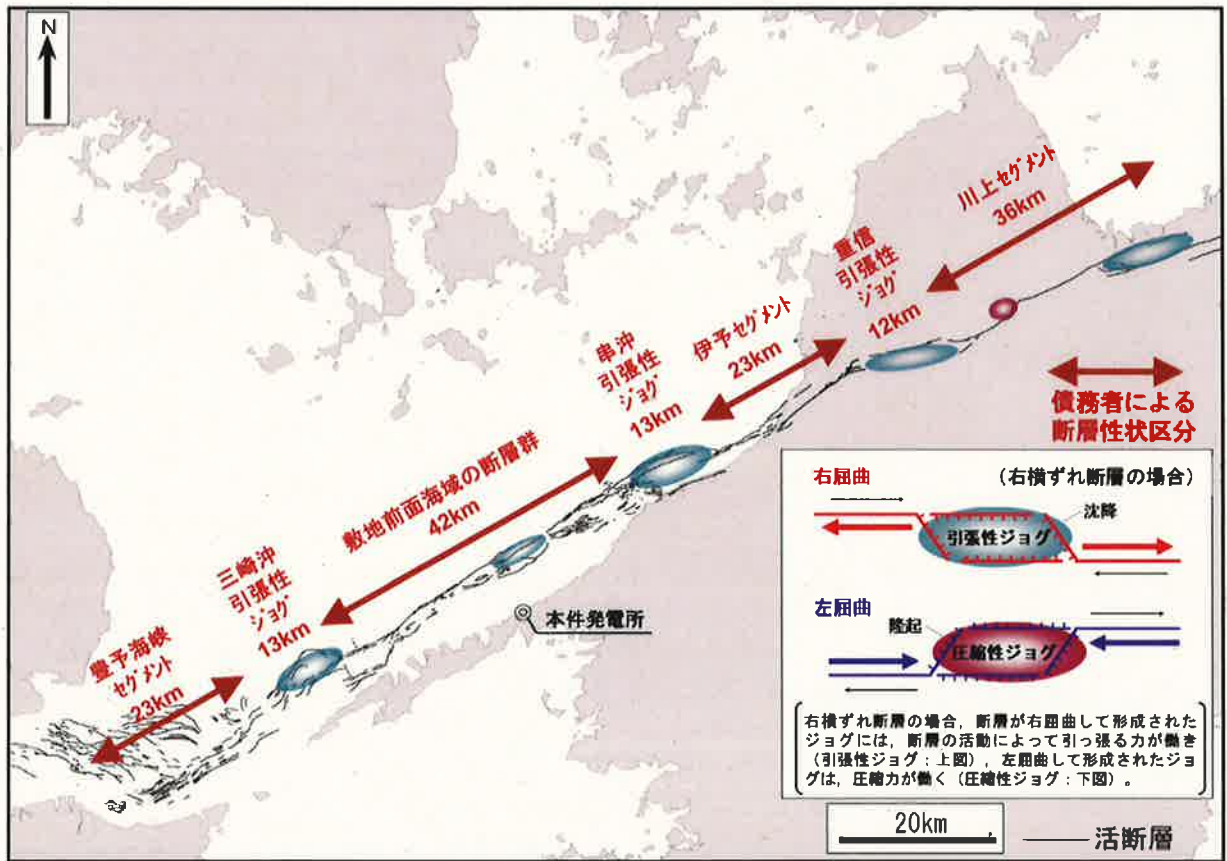


図 5 1 債務者の調査による敷地前面海域の断層群の区分

e 地震の分類

以上で示した地震について、地震発生様式ごとに整理・分類し、検討用地震の候補とする地震を選定した。

内陸地殻内地震については、上記 d で示した活断層の分布状況に基づき、敷地周辺において考慮すべき活断層による内陸地殻内地震として、以下のとおり選定した。地震動評価上考慮する断層の長さとしては、敷地前面海域の断層群については、両端の引張性ジョグの間まで延伸し 5 4 km、同様に伊予セグメントについても 3 3 km とした。また、五反田断層については、長さが短く (2 km) 孤立した断層であることから、地表で認められる活断層の長

さが必ずしも震源断層の長さを示さない（地下に震源断層が広がっている）可能性を考慮し、断層長さ15 km, M6.5の地震規模を想定することとした。その他の活断層の断層長さについては、F-21断層を22 km, 上関断層（F-15）を48 km, 上関断層（F-16）を32 kmとした。（乙11（6-5-16～6-5-17頁））

- ・中央構造線断層帯による地震（敷地前面海域の断層群（54 km）, 伊予断層（33 km）, 金剛山地東縁-伊予灘（360 km）, 石鎚山脈北縁西部-伊予灘（130 km））
- ・別府湾-日出生断層帯による地震
- ・F-21断層による地震
- ・五反田断層による地震
- ・上関断層による地震

海洋プレート内地震については、南海トラフから安芸灘～伊予灘～豊後水道海域へ西北西の方向に沈み込むフィリピン海プレートで発生する海洋プレート内地震について、歴史地震及び上記bで述べた地震調査研究推進本部地震調査委員会によるフィリピン海プレートのプレート間及びプレート内の震源断層をあらかじめ特定しにくい地震の地域区分から想定した地震を踏まえ、以下の地震を選定した（乙11（6-5-18～6-5-19頁））。

- ・安芸・伊予の地震（1649年, M6.9）
- ・伊予西部の地震（1854年, M7.0）
- ・豊後水道の地震（1968年, M6.6）
- ・九州の深い地震（M7.3）

- ・日向灘の浅い地震（M7.4）
- ・アウターライズ地震（M7.4）

プレート間地震については、歴史地震を踏まえるとともに、上記bで地震調査研究推進本部、中央防災会議及び内閣府検討会が設定した南海トラフ沿いの震源モデル等を考慮し、南海トラフ沿いの地震及び日向灘における地震として以下の地震を選定した（乙11（6-5-19～6-5-20頁））。

- ・土佐その他の南海・東海・西海諸道の地震（684年，M8.1/4）
- ・宝永地震（1707年，M8.6）
- ・安政南海地震（1854年，M8.4）
- ・想定南海地震（地震調査研究推進本部，M8.4）
- ・想定南海地震（中央防災会議，M8.6）
- ・南海トラフの巨大地震（陸側ケース）（内閣府検討会，M9.0）
- ・日向灘の地震（1498年，M7.1/4）
- ・日向灘の地震（地震調査研究推進本部，M7.6）

（イ）検討用地震の選定

検討用地震の候補として選定した地震から、本件発電所の敷地に特に大きな影響を与えると予想される地震を地震発生様式の分類ごとに検討用地震として選定することとし、検討用地震の選定にあたっては、応答スペクトルに基づく地震動評価を行い（図5.2～図5.4）、以下のとおり検討用地震を選定した（選定結果を図5.5に示す。）。（乙31（12～19頁）、乙13（13～14頁））

内陸地殻内地震について、中央構造線断層帯による地震は、敷地前面海域の断層群を含む区間として複数の断層長さを考慮するケースを検討用地震の候補として選定しているが、検討用地震の選定にあたっては、敷地前面海域の断層群（5.4 km）で代表させて検討を行った。その結果、敷地への影響が最も大きいと考えられる地震は、敷地前面海域の断層群による地震となった。敷地前面海域の断層群は、中央構造線断層帯の一部であり、地震調査研究推進本部において中央構造線断層帯の敷地前面海域の断層群を含む複数区間の連動の可能性及び中央構造線断層帯と別府－万年山断層帯との連動の可能性が言及されていることを踏まえ、検討用地震としては、これらの連動を含む区間を考慮した断層群による地震を選定した。（乙11（6-5-29～6-5-30頁））

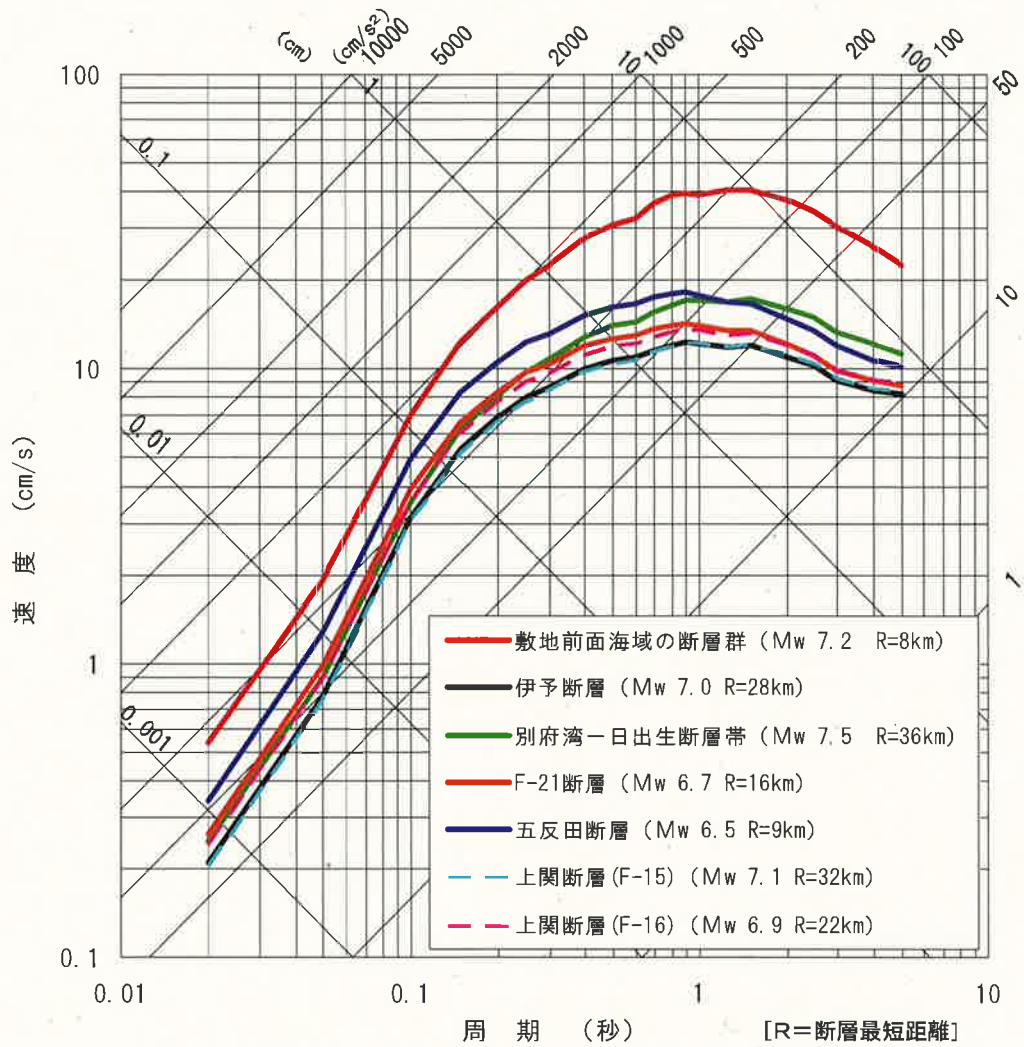


図 5.2 応答スペクトルによる地震動評価 (内陸地殻内地震)

海洋プレート内地震について、敷地への影響が最も大きいと考えられる地震は、1649年安芸・伊予の地震となったことから、これを検討用地震として選定した (乙11 (6-5-30頁))。

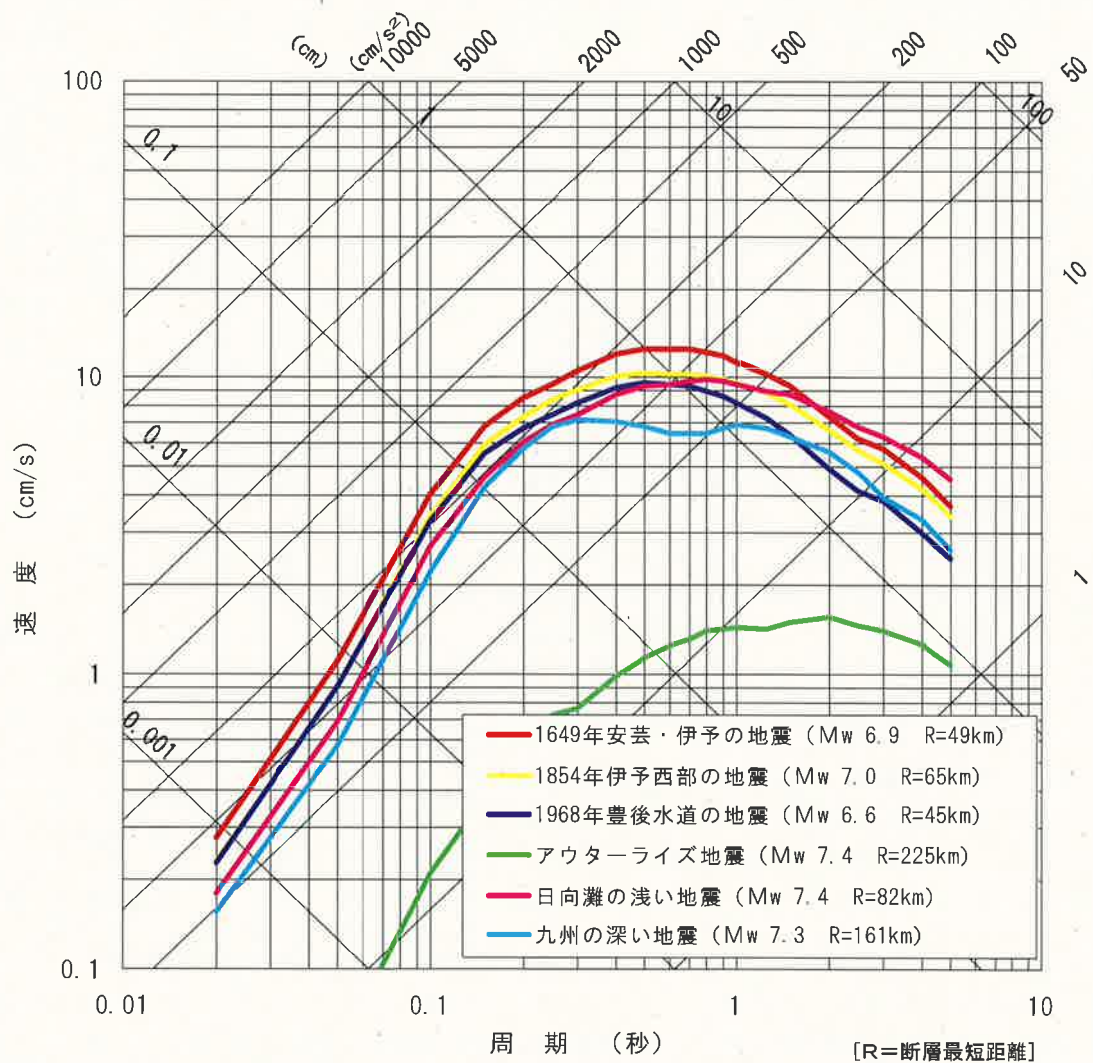


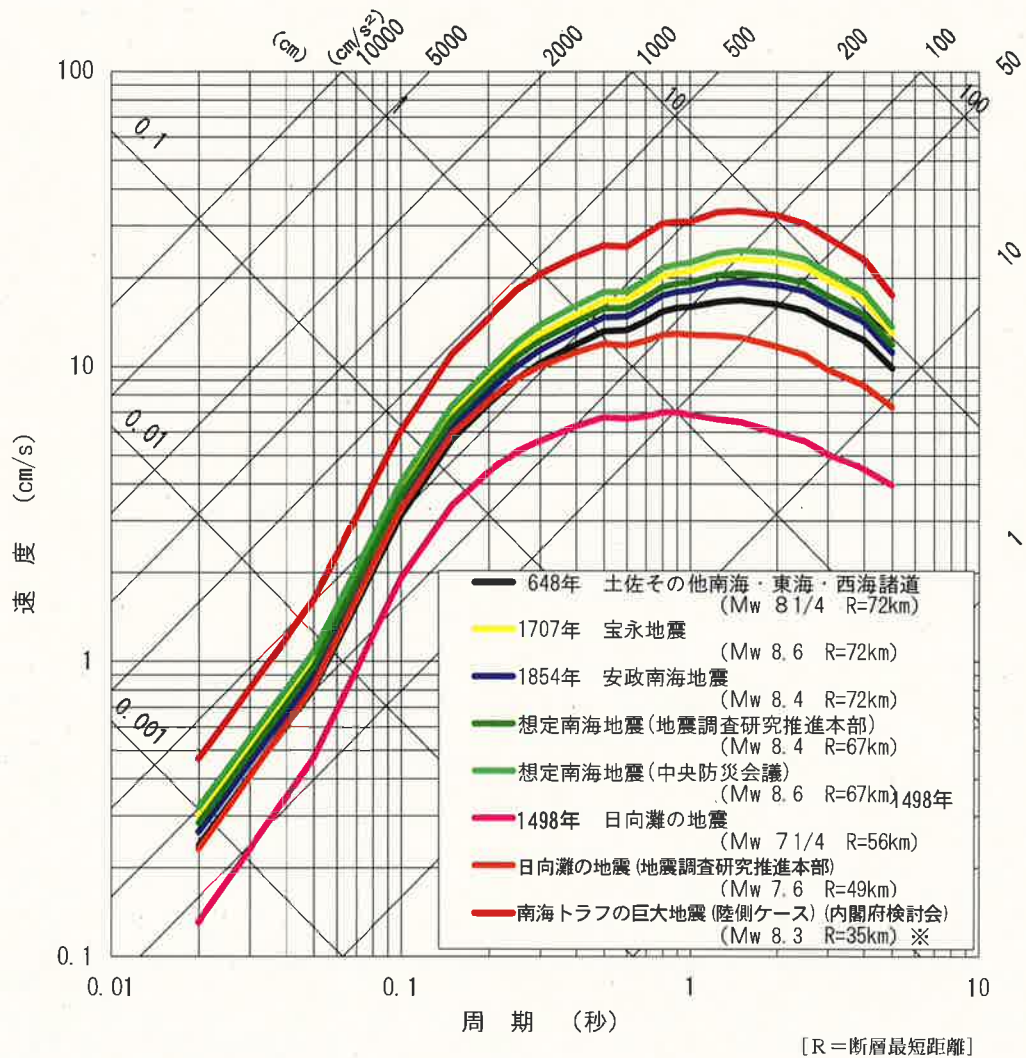
図 5 3 応答スペクトルによる地震動評価 (海洋プレート内地震)

プレート間地震について、敷地への影響が最も大きいと考えられる地震は、内閣府検討会による南海トラフの巨大地震(陸側ケース)となったことから、これを検討用地震として選定した。

なお、応答スペクトルに基づく地震動評価の手法は巨大地震に対して適用できるように作成されたものではないものの、内閣府検討会は東北地方太平洋沖地震 (M 9.0) について、M を 8.3 と仮定して応答スペクトルに基づく地震動評価を行うことで震度分布が

よく説明されたとして、南海トラフの巨大地震（M9.0）の応答スペクトルに基づく地震動評価のパラメータとしてM8.3を採用していることから、ここでもM8.3を採用して評価を行った。（断層モデル評価においては、M9.0を設定して詳細評価を行った。）

（乙11（6-5-30～6-5-31頁））



※ 応答スペクトル手法による地震動評価に用いる地震規模は内閣府検討会による。

図5-4 応答スペクトルによる地震動評価（プレート間地震）

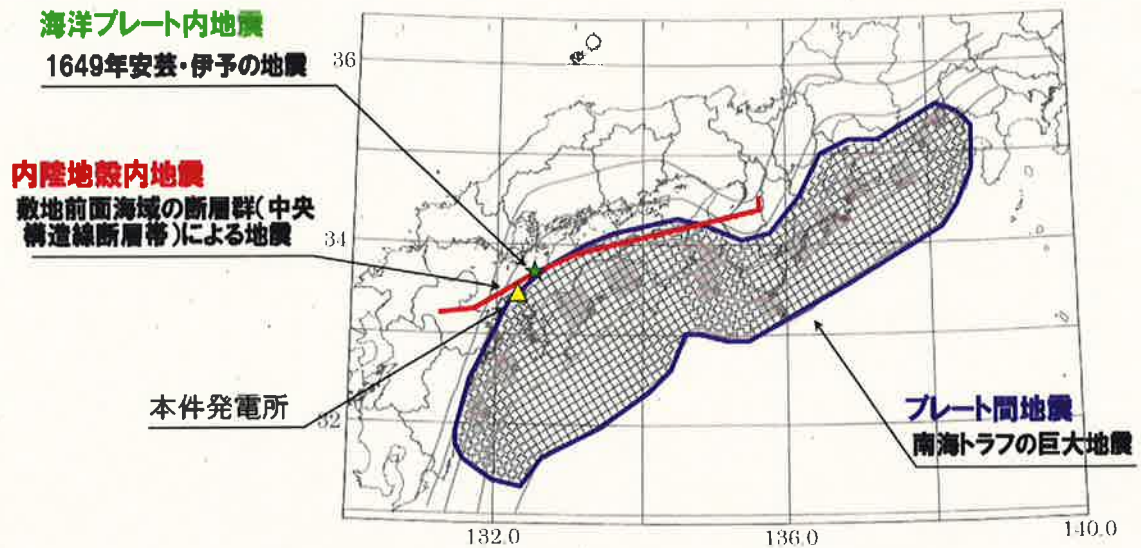


図 5 5 検討用地震の選定結果

(ウ) 地震動評価のための敷地地盤の評価

地震動評価において、当該地点における地域特性を十分に把握することが不可欠であることは上記のとおりである。震源特性や伝播特性については、個々の地震を想定する上で考慮することとなるが、増幅特性については、当該地点に固有の性質であり、まずはこれを十分に把握することが重要である。この点、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。以下では、債務者が本件発電所敷地地盤の増幅特性の有無を把握すべく実施した地下構造評価について述べる。(乙 1 3 (1 1～1 2 頁))

a 地震観測記録を用いた評価

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。これまでに観測され

た比較的振幅の大きな地震は、全て海洋プレート内地震であり、内陸地殻内地震、プレート間地震について振幅の大きな記録は得られていない。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)⁷²(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特性の検討を行った。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、特に顕著な増幅特性を示す地震はない(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特性が異なるような傾向はない。

(以上、乙11(6-5-21~6-5-23頁, 6-5-145~6-5-148頁), 乙35(1~8頁))

b 深部ボーリング等による評価

⁷² Noda et al. (2002)の方法は、一般社団法人日本電気協会原子力発電耐震設計専門部会にて、議論・検討されたことから、「耐専スペクトル」とも呼ばれる方法で、岩盤における観測記録に基づいて提案された距離減衰式である。

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140孔のボーリング調査を実施し、本件発電所の地盤構造を把握しているが、平成22年から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特性がないことを確認した。

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⁷³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⁷⁴やオフセットVSP探査⁷⁵を実施した。そして、従来のボーリング調査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））

⁷³ 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

⁷⁴ 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

⁷⁵ 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。

(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⁷⁶が連続する。敷地の地盤を構成する緑色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、緑色片岩、珪質片岩及び砂質片岩の薄層を挟む。地表部の緑色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、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22参照)(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56)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。

⁷⁶ 片理のある広域変成岩を結晶片岩という。緑色片岩、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。

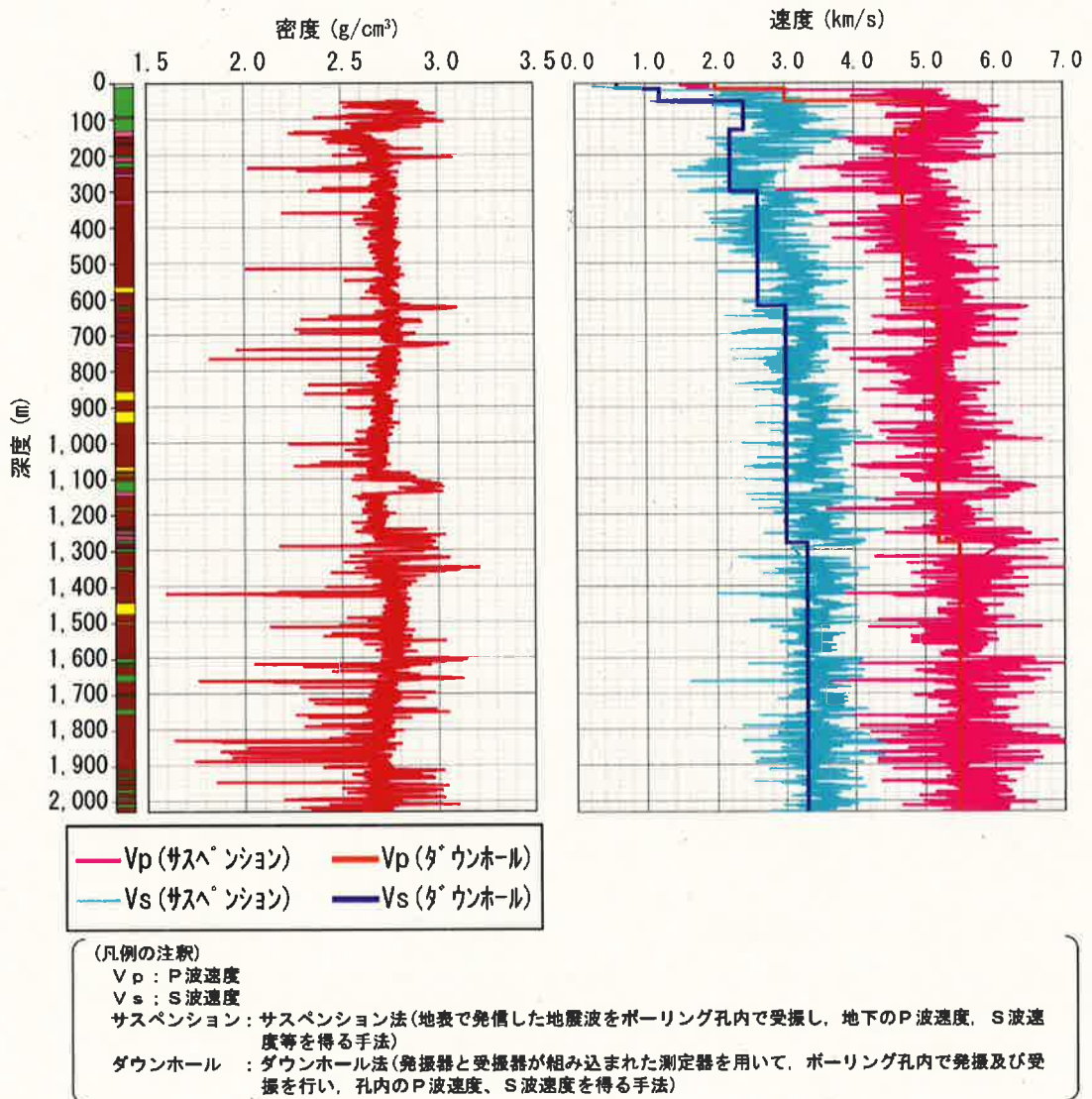


図 5 6 深部ボーリング孔内検層結果

また、オフセットVSP探査の結果を図57に示す。オフセットVSP探査は、地表に震源を設置して地震波を人工的に発生させ、地下の地層境界面(反射面)で反射した地震波をボーリング孔内の受振器で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である。図57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探査で得られた地層境界面を示している。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⁷⁷。オフセットVSP探査や反射法探査では、地下の地層境界面が縞状に表現され、これが連続していなかったり、ずれが生じたりする場合には断層の存在が推定され、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57を見ると、地下深部まではほぼ水平な反射面が連続し（オフセットVSP探査による反射面と反射法探査による反射面とを比較しても連続性に問題はない。）、大規模な断層を示唆する不連続、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（地震波の速度分布）は、乱れがなく、均質である。

（以上、乙35（38～45頁，55～58頁））

⁷⁷ 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。

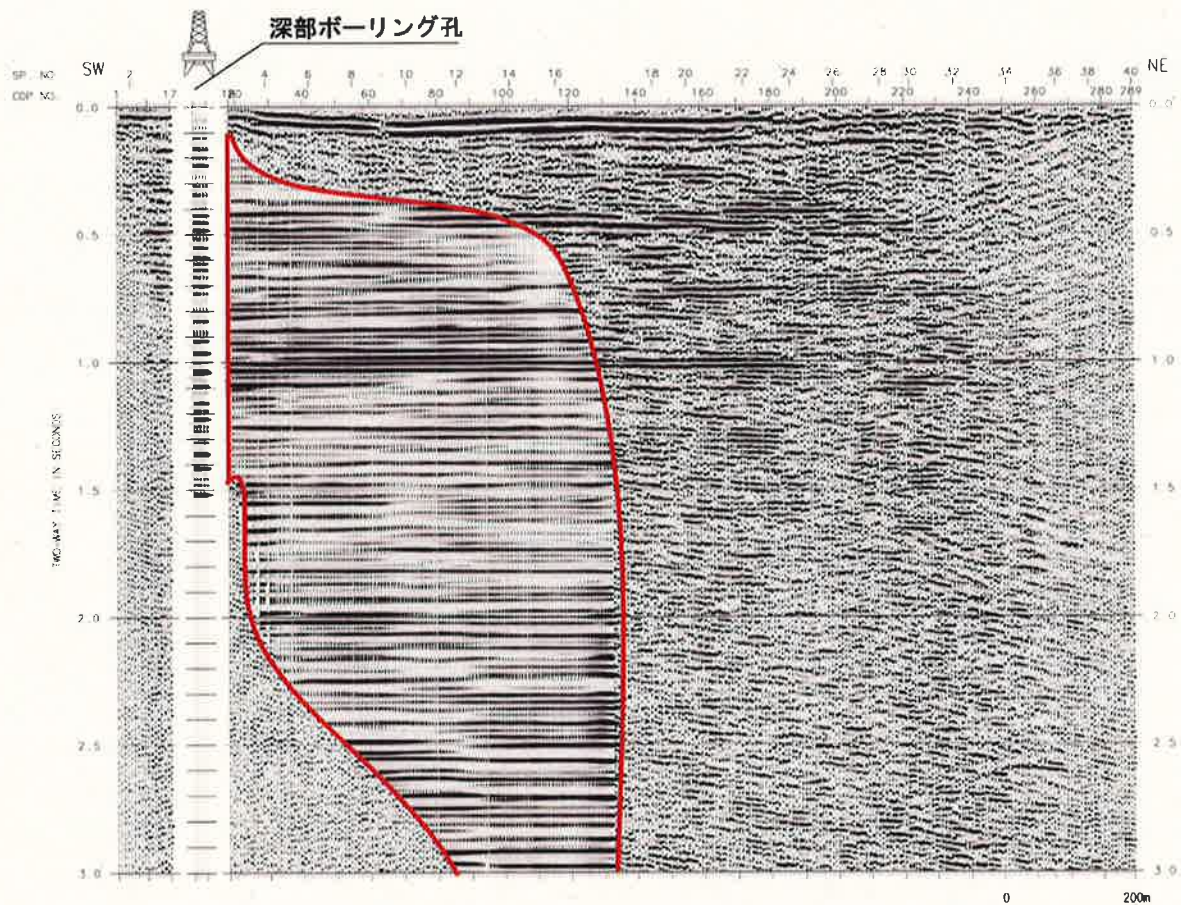


図 5 7 オフセット V S P 探査断面図

c 解放基盤表面の設定

以上のような本件発電所の敷地地盤に係る状況を総合的に判断し、原子炉建屋及びその周りの地盤は、約 2 6 0 0 m / 秒の S 波速度を持つ堅固な岩盤が十分な広がりを持つ深さを持っていることが確認されていることを踏まえ、敷地高さと同じ標高 1 0 m を解放基盤表面として設定する（乙 1 1（6 - 5 - 2 3 頁））。

(工) 地震動評価

検討用地震として選定した上記の敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）による地震、1 6 4 9 年安芸・伊予の地震及び南海ト

ラフの巨大地震について、地震の発生様式等に応じた震源特性、伝播特性及び敷地地盤の増幅特性を考慮した上で、それぞれ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い、その結果得られた地震動を、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動とした。

応答スペクトルに基づく地震動評価については、①解放基盤表面の強震動として評価できること、②水平方向及び鉛直方向の強震動が評価できること、③震源の拡がりを考慮できること、④敷地における強震観測記録を用いて地域特性等が考慮できることに着目し、耐専スペクトルの方法によることを基本とした。ただし、応答スペクトルによる手法は経験的手法であり、その手法の基礎となったデータの質・量によってその適用範囲が異なることから、評価にあたってはその適用性を慎重に検討した。

断層モデルを用いた手法による地震動評価では、敷地での観測記録から適切な要素地震⁷⁸が得られている場合には、経験的グリーン関数法⁷⁹を用いること、適切な要素地震が得られていない場合には、統計的グリーン関数法⁸⁰（又は、統計的グリーン関数法と経験的グリーン関数法の双方）を用いることで評価を行った。

また、地震動評価における不確かさの考慮については、評価結果に与える影響が大きいと考えられる震源要素を選定し、その影響の

⁷⁸ 断層モデルを用いた手法による地震動評価においては、断層面全体を小断層面に分割し、破壊の進展に応じ、小断層面から発生する地震波形を重ね合わせて評価を実施するところ、要素地震とは、小断層面から生じる地震波形を作成するために各小断層に当てはめる地震のことをいう。

⁷⁹ 実際に発生した小さな地震の観測記録のうち、地震動評価に用いるのに適切な観測記録（要素地震）を足し合わせて大きな地震による揺れを計算する方法

⁸⁰ 経験的グリーン関数法で用いる適切な観測記録の代わりに小さな地震による揺れとして人工的に時刻歴波形を作成し、それを足し合わせて大きな地震による揺れを計算する方法

度合いを評価した。

(以上、乙13 (14~18頁))

以下では、地震発生様式ごとに実施した地震動評価の概要について述べる。

a 内陸地殻内地震

(基本震源モデル)

内陸地殻内地震については、敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)を選定した上で、基本震源モデルの設定にあたっては、隣り合う活動セグメントとの連動、アスペリティ位置等の不確かさをあらかじめ織り込んだ(乙31 (20~24頁))。断層長さについては、最大規模を想定するとの観点から、中央構造線断層帯と九州側の別府-万年山断層帯が全区間(480 km)において連動するケースを基本としつつ、四国西部の区間(130 km)で連動するケース及び敷地前面海域セグメント(54 km)単独で活動するケースについてもそれぞれ不確かさを考慮した解析を行うこととした(乙11 (6-5-31頁)、乙31 (36~37頁))。また、断層モデルを用いた手法による地震動評価において必要なパラメータ(地震モーメント⁸¹、平均応力降下量、アスペリティの応力降下量等)を設定する上で用いるスケーリング則については、地震規模、平均応力降下量、アスペリティの応力降下量を一連で設定できること、異なる長さの断層(480 km, 130 km, 54 km)に対して適用可能であり、断層長さの影響を同

⁸¹ 断層運動としての地震の規模を表すもので、断層付近の岩盤の硬さを表す剛性率、断層の平均すべり量、断層面積の積として表される。

一の手法で評価できることから、壇ほか（2011）⁸²（乙37）を基本として採用した（乙31（25～27頁））。そして、さらに、断層長さ480km及び130kmのモデルではFuji and Matsu'ura（2000）⁸³のスケーリング則を、54kmのモデルでは入倉・三宅（2001）⁸⁴の地震モーメントにFuji and Matsu'ura（2000）の平均応力降下量を組み合わせて用いる手法（以下、「入倉・三宅の手法」という。）をそれぞれ基本震源モデルに織り込むこととした。断層長さ480km及び130kmのモデルでFuji and Matsu'ura（2000）を採用したのは、現在提案されている主要なスケーリング則のうち、同手法が壇ほか（2011）と並び長大断層を含んだデータに基づいて開発された手法の一つであり、地震調査研究推進本部による強震動予測レシピ（乙38）においても長大断層の知見としてこの手法による平均応力降下量を用いる手法が提案されていることを踏まえたものである（乙31（40頁，42頁））。54kmのモデルで入倉・三宅の手法を採用したのは、地震調査研究推進本部による強震動予測レシピにおいてこれらを用いる手法が提案されているためである（乙31（44頁））。

（不確かさの考慮）

債務者は、不確かさの考慮にあたり、地震動評価における各種

⁸² 長大横ずれ断層による内陸地震の平均動的応力降下量の推定と強震動予測のためのアスペリティモデルの設定方法への応用，2011，日本建築学会構造系論文集，第670号，2041-2050。

⁸³ Regional difference in scaling laws for large earthquakes and its tectonic implication, Pure and Applied Geophysics, 2000, Vol.157, 2283-2302

⁸⁴ シナリオ地震の強震動予測，2001，地学雑誌，Vol. 110，849-875

の不確かさの分類・分析を行い，地震発生時の環境に左右される偶然的な不確かさ（破壊開始点）及び事前にモデルを特定することが困難な不確かさ（アスペリティ深さ，断層長さ（連動）等）についてはあらかじめ基本震源モデルに織り込むこととし，事前の調査，経験式等によってモデルを特定することが可能な不確かさ，すなわち，①応力降下量，②断層傾斜角（北傾斜），③断層傾斜角（南傾斜），④破壊伝播速度及び⑤アスペリティの平面位置については基本震源モデルの不確かさに重畳させる，独立した不確かさとして考慮することとした。①については，2007年新潟県中越沖地震の震源特性として，短周期レベルが平均的な値の1.5倍程度大きかったという指摘があるところ，これは，ひずみ集中帯に位置する逆断層タイプの地震という地域性によると考えられるため，本来ならば，過去の地震観測記録に基づいて本件発電所周辺で発生する地震の震源特性の分析を行うべきところであるが，本件発電所周辺では規模の大きい内陸地殻内地震は発生していないことを踏まえ，中越沖地震の知見を反映し，短周期レベルと相関関係のある応力降下量を基本震源モデルの1.5倍又は20MPaとした場合の評価を行うものである。②については，敷地前面海域の断層群の震源断層は横ずれ断層と推定されるため傾斜角が高角度である可能性が高いが，活断層としての中央構造線が北へ傾斜する地質境界と一致する可能性を完全には否定できないことから，横ずれ断層については，傾斜角90度のみならず，北に傾斜させた場合の評価を行うものである。また，③については，断層傾斜角のばらつきを踏まえ，敷地側に傾斜する場

合を考慮し、横ずれ断層について南に80度傾斜させた場合の評価を行うものである。④については、海外の長大な活断層の破壊伝播速度がS波速度を超える事例があるとの知見を踏まえ、長さ約480km及び約130kmのケースについては破壊伝播速度 $V_r = V_s$ (V_s は地震発生層のS波速度)の場合の評価を行う。また、長さ約54kmのケースについては、平均的な破壊伝播速度の不確かさに関する知見を踏まえ破壊伝播速度 $V_r = 0.87V_s$ の場合の評価を行うものである。⑤については、基本的にはジョグにアスペリティは想定されないものの、完全には否定できないことから、敷地正面のジョグ(上記(ア)d, 図51参照)にアスペリティを配置する場合の評価を行うものである。(乙11(6-5-31~6-5-33頁, 6-5-70~6-5-75頁), 乙31(21~24頁, 37頁))

なお, Fuji and Matsu'ura (2000)を用いた断層長さ480km及び130kmのモデルでは, 壇ほか(2011)による検討結果から, 影響が比較的大きかった①応力降下量と④破壊伝播速度を考慮することとした。(乙31(40頁, 42頁))

断層モデルを用いた手法による地震動評価において考慮した不確かさのケースを整理したものを以下に示す(乙31(39~44頁))。

表1 断層モデルを用いた手法による地震動評価における不確かさの考慮
(基本震源モデルに断層長さ480km, 壇ほか(2011)を用いるケース)

No.	検討ケース	不確かさを考慮するパラメータ							スケーリング則
		長さ(km)	アスペリティ深さ	破壊開始点	応力降下量(短周期レベル)	断層傾斜角	破壊伝播速度	アスペリティ平面位置	
-	検討用地震 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	-	-	-	-	-	-	-
0	基本震源モデル 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇ほか(2011)
1	不確かさ考慮① 応力降下量の不確かさ	480	断層上端	5ケース	1.5倍 or 20MPa	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇ほか(2011)
2	不確かさ考慮② 地質境界断層の知見考慮	480	断層上端	3ケース	1.0倍	北傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇ほか(2011)
3	不確かさ考慮③ 角度のばらつきを考慮	480	断層上端	3ケース	1.0倍	南傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇ほか(2011)
4	不確かさ考慮④ 破壊伝播速度の不確かさ	480	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	1.0Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇ほか(2011)
5	不確かさ考慮⑤ アスペリティの平面位置の不確かさ	480	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	敷地正面のジョグに配置	壇ほか(2011)

○経験的グリーン関数法で地震動評価を行う。

○破壊開始点3ケースは、断層下端3ケース(東下端, 中央下端, 西下端)。5ケースはこれに敷地前面海域セグメントのアスペリティ下端2ケース

- : 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ
- : 不確かさを考慮するパラメータ

表2 断層モデルを用いた手法による地震動評価における不確かさの考慮
(基本震源モデルに断層長さ480km, Fujii and Matsu'ura(2000)を用いるケース)

No.	検討ケース	不確かさを考慮するパラメータ							スケーリング則
		長さ(km)	アスペリティ深さ	破壊開始点	応力降下量(短周期レベル)	断層傾斜角	破壊伝播速度	アスペリティ平面位置	
-	検討用地震 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	-	-	-	-	-	-	-
0	基本震源モデル 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	Mo : FM Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
1	不確かさ考慮① 応力降下量の不確かさ	480	断層上端	5ケース	1.5倍 or 20MPa	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	Mo : FM Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
4	不確かさ考慮④ 破壊伝播速度の不確かさ	480	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	1.0Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	Mo : FM Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%

○経験的グリーン関数法で地震動評価を行う。

○不確かさとしては、地震動評価への影響が比較的大きい不確かさ考慮①(応力降下量の不確かさ)及び不確かさ考慮④(破壊伝播速度の不確かさ)を考慮する。

○破壊開始点3ケースは、断層下端3ケース(東下端, 中央下端, 西下端)。5ケースはこれに敷地前面海域セグメントのアスペリティ下端2ケースを追加。

○FM は Fujii and Matsu'ura(2000)。Sa/S はアスペリティ面積比。

- : 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ
- : 不確かさを考慮するパラメータ

表3 断層モデルを用いた手法による地震動評価における不確かさの考慮
(基本震源モデルに断層長さ130km, 壇ほか(2011)を用いるケース)

No.	検討ケース	不確かさを考慮するパラメータ							スケーリング則
		長さ (km)	アスペリティ深さ	破壊開始点	応力降下量 (短周期レベル)	断層傾斜角	破壊伝播速度	アスペリティ平面位置	
-	検討用地震 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	-	-	-	-	-	-	-
0	基本震源モデル 中央構造線断層帯石鎚山脈 北縁西部-伊予灘区間	130	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇ほか(2011)
1	不確かさ考慮① 応力降下量の不確かさ	130	断層上端	5ケース	1.5倍 or 20MPa	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇ほか(2011)
2	不確かさ考慮② 地質境界断層の知見考慮	130	断層上端	3ケース	1.0倍	北傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇ほか(2011)
3	不確かさ考慮③ 角度のばらつきを考慮	130	断層上端	3ケース	1.0倍	南傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇ほか(2011)
4	不確かさ考慮④ 破壊伝播速度の不確かさ	130	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	1.0Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇ほか(2011)
5	不確かさ考慮⑤ アスペリティの平面位置の不確かさ	130	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	敷地正面のジョグに配置	壇ほか(2011)

○経験的グリーン関数法で地震動評価を行う。

○破壊開始点3ケースは、断層下端3ケース(東下端, 中央下端, 西下端)。5ケースはこれに敷地前面海域セグメントのアスペリティ下端2ケースを追加。

■ : 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

■ : 不確かさを考慮するパラメータ

表4 断層モデルを用いた手法による地震動評価における不確かさの考慮
(基本震源モデルに断層長さ130km, Fujii and Matsu'ura(2000)を用いるケース)

No.	検討ケース	不確かさを考慮するパラメータ							スケーリング則
		長さ (km)	アスペリティ深さ	破壊開始点	応力降下量 (短周期レベル)	断層傾斜角	破壊伝播速度	アスペリティ平面位置	
-	検討用地震 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	-	-	-	-	-	-	-
0	基本震源モデル 中央構造線断層帯石鎚山脈 北縁西部-伊予灘区間	130	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	Mo : FM Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
1	不確かさ考慮① 応力降下量の不確かさ	130	断層上端	5ケース	1.5倍 or 20MPa	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	Mo : FM Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%
4	不確かさ考慮④ 破壊伝播速度の不確かさ	130	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	1.0Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	Mo : FM Δσ : FM 3.1MPa Sa/S : 21.5%

○経験的グリーン関数法で地震動評価を行う。

○不確かさとしては、地震動評価への影響が比較的大きい不確かさ考慮①(応力降下量の不確かさ)及び不確かさ考慮④(破壊伝播速度の不確かさ)を考慮する。

○破壊開始点3ケースは、断層下端3ケース(東下端, 中央下端, 西下端)。5ケースはこれに敷地前面海域セグメントのアスペリティ下端2ケースを追加。

○FMはFujii and Matsu'ura(2000)。Sa/Sはアスペリティ面積比。

■ : 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

■ : 不確かさを考慮するパラメータ

表5 断層モデルを用いた手法による地震動評価における不確かさの考慮
(基本震源モデルに断層長さ5.4km, 壇ほか(2011)を用いるケース)

No.	検討ケース	長さ(km)	アスペリティ深さ	破壊開始点	不確かさを考慮するパラメータ			アスペリティ平面位置	スケリング則
					応力降下量(短周期レベル)	断層傾斜角	破壊伝播速度		
-	検討用地震 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	-	-	-	-	-	-	-
0	基本震源モデル 敷地前面海域の断層群	54	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇ほか(2011)
1	不確かさ考慮① 応力降下量の不確かさ	54	断層上端	5ケース	1.5倍 or 20MPa	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇ほか(2011)
2	不確かさ考慮② 地質境界断層の知見考慮	54	断層上端	3ケース	1.0倍	北傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇ほか(2011)
3	不確かさ考慮③ 角度のばらつきを考慮	54	断層上端	3ケース	1.0倍	南傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇ほか(2011)
4	不確かさ考慮④ 破壊伝播速度の不確かさ	54	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.87Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	壇ほか(2011)
5	不確かさ考慮⑤ アスペリティの平面位置の不確かさ	54	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	敷地正面のジョグに配置	壇ほか(2011)

○経験的グリーン関数法で地震動評価を行う。

○破壊開始点3ケースは、断層下端3ケース(東下端, 中央下端, 西下端)。5ケースはこれに敷地前面海域セグメントのアスペリティ下端2ケースを追加。

■ : 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

■ : 不確かさを考慮するパラメータ

表6 断層モデルを用いた手法による地震動評価における不確かさの考慮
(基本震源モデルに断層長さ5.4km, 入倉・三宅の手法を用いるケース)

No.	検討ケース	長さ(km)	アスペリティ深さ	破壊開始点	不確かさを考慮するパラメータ			アスペリティ平面位置	スケリング則
					応力降下量(短周期レベル)	断層傾斜角	破壊伝播速度		
-	検討用地震 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480	-	-	-	-	-	-	-
0	基本震源モデル 敷地前面海域の断層群	54	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	M_0 : 入倉・三宅 $\Delta\sigma$: FM 3.1MPa S_a/S : 21.5%
1	不確かさ考慮① 応力降下量の不確かさ	54	断層上端	5ケース	1.5倍 or 20MPa	90度	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	M_0 : 入倉・三宅 $\Delta\sigma$: FM 3.1MPa S_a/S : 21.5%
2	不確かさ考慮② 地質境界断層の知見考慮	54	断層上端	3ケース	1.0倍	北傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	M_0 : 入倉・三宅 $\Delta\sigma$: FM 3.1MPa S_a/S : 21.5%
3	不確かさ考慮③ 角度のばらつきを考慮	54	断層上端	3ケース	1.0倍	南傾斜	0.72Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	M_0 : 入倉・三宅 $\Delta\sigma$: FM 3.1MPa S_a/S : 21.5%
4	不確かさ考慮④ 破壊伝播速度の不確かさ	54	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.87Vs	地質調査結果を基に敷地への影響も考慮して配置	M_0 : 入倉・三宅 $\Delta\sigma$: FM 3.1MPa S_a/S : 21.5%
5	不確かさ考慮⑤ アスペリティの平面位置の不確かさ	54	断層上端	3ケース	1.0倍	90度	0.72Vs	敷地正面のジョグに配置	M_0 : 入倉・三宅 $\Delta\sigma$: FM 3.1MPa S_a/S : 21.5%

○経験的グリーン関数法で地震動評価を行う。

○破壊開始点3ケースは、断層下端3ケース(東下端, 中央下端, 西下端)。5ケースはこれに敷地前面海域セグメントのアスペリティ下端2ケースを追加。

○FM は Fujii and Matsu'ura(2000)。 S_a/S はアスペリティ面積比。

■ : 予め基本震源モデルに織り込む不確かさ

■ : 不確かさを考慮するパラメータ

ちなみに、各基本震源モデルを解析したところ、断層長さの基本となる480 km から断層長さを変えても地震動レベルはほぼ変わらない結果が得られた。したがって、断層長さ130 km 及び54 km における各不確かさケースの地震動レベルについても、断層長さ480 km における各不確かさケースの地震動レベルとほぼ等しいと推定される。(乙31(180頁, 183頁, 186頁))

このため、断層長さ54 km で入倉・三宅の手法を用いる場合の各不確かさケース(断層長さ480 km では入倉・三宅の手法を用いていない。)と、断層長さ54 km で壇ほか(2011)を用いる場合における破壊伝播速度の不確かさケース(断層長さ480 km での不確かさケースとは設定値が異なる。)とを除き、断層長さを130 km 及び54 km における各不確かさケースの評価結果については、断層長さ480 km における各不確かさケースの評価結果で代表させることとした(例えば、断層長さ130 km 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するケースについては、断層長さ480 km 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するケースで代表させた。)(乙11(6-5-42頁), 乙31(45頁))。

次に、応答スペクトルに基づく地震動評価では、断層長さ480 km, 130 km 及び54 km の3つの基本ケースそれぞれについて、不確かさの考慮として、断層傾斜角が鉛直のモデルと北傾斜のモデルを考慮した。さらに、念のために断層長さを69 km とするケ

ースについても、断層傾斜角が鉛直のモデルと北傾斜のモデルとをそれぞれ評価し、基準地震動 S_s の策定において考慮することとした。この断層長さ 69 km というのは、敷地前面海域の断層群 (54 km) の両端にあるジョグのさらに両端まで連動することを想定するものである。ジョグは、断層の破壊が停止し、乗り移る領域のため、変位量は低減するはずであって、ジョグの変位量を大きく想定する断層長さ 69 km のモデルは科学的には考えられないものであるが (本来、このような場合、ジョグで破壊が停止せずさらに長い区間で連動することを意味する。)、従来の地震動評価 (新規制基準制定以前の地震動評価) においては断層長さ (連動) に係る不確かさの考慮として念のために評価していたものである。現在の地震動評価においては、断層長さ 480 km 及び 130 km を基本震源モデルとして設定していることから、69 km の連動ケースはこれに含まれていると考えられる。(乙31 (33~34頁)) 断層モデルを用いた手法による地震動評価では、断層長さを変えても地震動レベルは変わらないことを確認しているのは上記のとおりである。しかしながら、応答スペクトルに基づく地震動評価のうち、耐専スペクトルを用いた評価では、断層長さ 130 km の地震動レベルが断層長さ 480 km の地震動レベルを上回るケースがある (乙31 (136頁, 138頁)) など、評価手法の特性の影響がある可能性も考えられるため、断層長さを 69 km とするケースについても、念のために考慮することとしたものである。(乙31 (95頁))

(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においては、断層長さを480 km, 130 km 及び54 km の3ケースに69 km のケースを加え、それぞれに断層傾斜角が鉛直のモデルと北傾斜のモデルを考慮した。また、適用する手法（距離減衰式）については、耐専スペクトルを基本とするものの、敷地前面海域の断層群が敷地近傍に位置することから、検討ケースごとに距離及び地震規模の観点から適用性を吟味した上で、各種の応答スペクトルによる手法や断層モデルの結果と対比して適用性の検証を行った。その結果、断層長さ130 km, 69 km 及び54 km の断層傾斜角が鉛直となる3つのケースについては、耐専スペクトルによる評価結果が過大となったことから（乙31（109～120頁））、耐専スペクトル以外の複数の距離減衰式を用いた評価を行った。上記3ケース以外のケースについては、耐専スペクトルを含む、複数の距離減衰式によって評価を行った。ちなみに、上記3ケースにおいて耐専スペクトルによる評価結果が過大となったのは、耐専スペクトルを構築するのに用いられた地震記録には、敷地前面海域の断層群のように敷地との距離が8 km という至近に位置するケースは含まれていないためである。一方、480 km ケースや北傾斜ケースが適用できたのは、断層が長くなったことや敷地から離れる方向に傾斜することにより震源距離が長くなったことによるものである。（乙11（6-5-36～6-5-39頁, 6-5-197頁））

（断層モデルを用いた手法による地震動評価）

断層モデルを用いた手法による地震動評価を行うにあたっては、

まず、中央構造線断層帯及び別府－万年山断層帯の連動を考慮した480 kmの基本震源モデルについて、統計的グリーン関数法及び経験的グリーン関数法により評価し、両者を比較した。なお、経験的グリーン関数法に用いる要素地震は、2001年芸予地震の余震である安芸灘の地震（M5.2）の敷地における観測記録を用いた。適用にあたっては、当該地震がスラブ内地震⁸⁵であるため、内陸地殻内地震の評価に用いることができるよう、距離及びパラメータ（地震モーメント、応力降下量等）を補正した。比較の結果、両者は整合的であることを確認したが、原子炉施設に影響の大きい周期0.1秒付近の地震動については経験的グリーン関数法の結果（図58のグレーの応答スペクトル）の方が厳しい結果を与えるものであったことから原子炉施設への影響度の観点から、断層モデルを用いた手法による地震動評価においては、経験的グリーン関数法を採用した（乙31（152～155頁））。

（乙11（6-5-41～6-5-42頁，6-5-202～6-5-220頁，6-5-221～6-5-223頁））

⁸⁵ 沈み込む海洋プレート（スラブ）の内部で破断を生じることによって引き起こされる地震。地震の発生様式としては海洋プレート内地震に分類される。

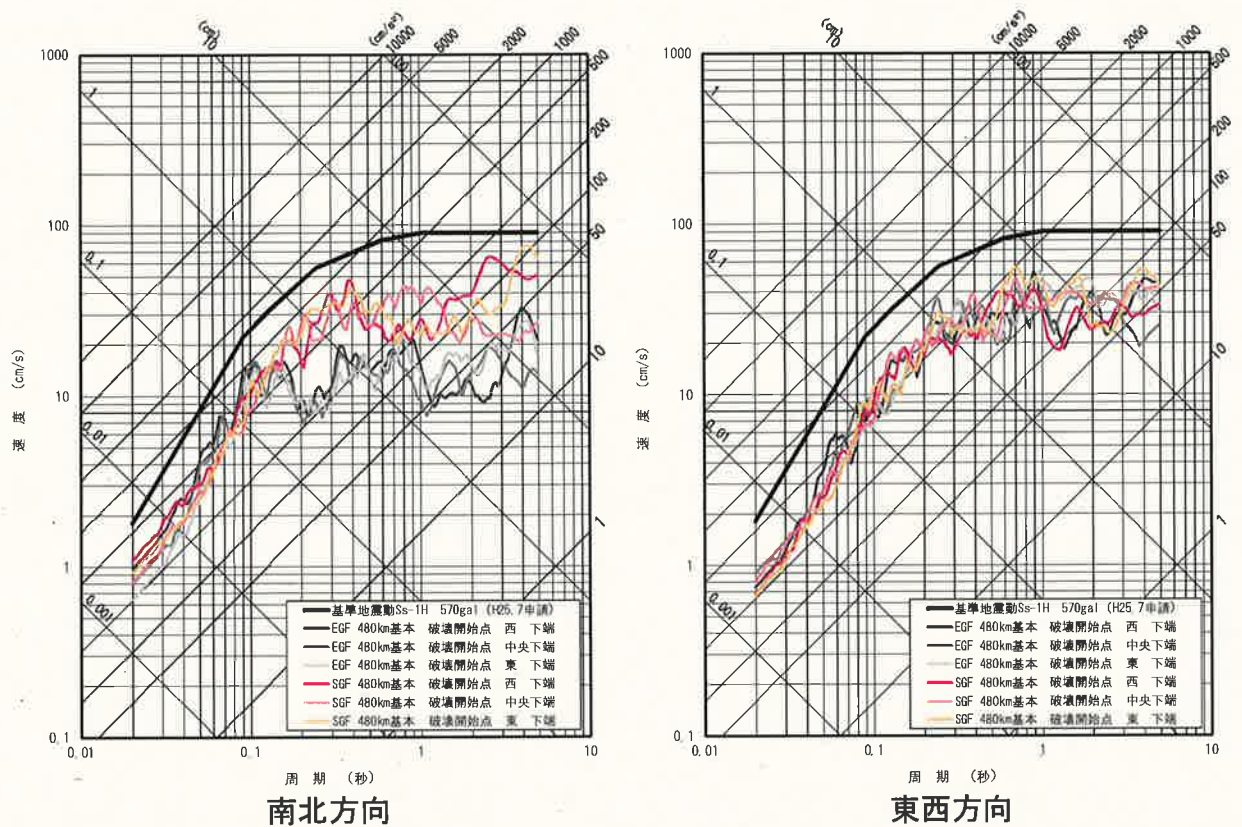


図 5 8 経験的グリーン関数法 (EGF) と
統計的グリーン関数法 (SGF) の比較

b 海洋プレート内地震
(基本震源モデル)

海洋プレート内地震については、1649年安芸・伊予の地震 (M6.9) を検討用地震として選定したが、基本震源モデルの設定にあたっては、地震発生位置と規模の不確かさをあらかじめ織り込むこととし、敷地下方に既往最大規模 (1854年伊予西部地震のM7.0) の地震を仮定するなどし、「想定スラブ内地震」として地震動評価を行った。

(不確かさの考慮)

不確かさの考慮においては、1649年安芸・伊予の地震（M6.9）を再現したモデルをM7.0に較正したケース、敷地の真下に想定する地震規模をM7.2としたケース、アスペリティの位置を断層上端に配置したケース、敷地東方の領域に水平に近い断層面を考慮したケース（M7.4）を設定した。

（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では、耐専スペクトルの適用範囲内にあることから、耐専スペクトルに基づき評価を行った（乙11（6-5-39頁，6-5-198～6-5-199頁））。

（断層モデルを用いた手法による地震動評価）

断層モデルを用いた手法による地震動評価では、敷地で得られた2001年芸予地震の余震である安芸灘の地震の観測記録を要素地震とした経験的グリーン関数法により評価を行った（乙11（6-5-42～6-5-43頁，6-5-224～6-5-228頁））。

c プレート間地震

（基本震源モデル）

基本震源モデルとしては、内閣府検討会（2012）の南海トラフの巨大地震（陸側ケース）（M9.0）を採用することとした。

（不確かさの考慮）

このモデルは、あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震として、過去最大規模の宝永地震（M8.6）や中央防災会議（2003）の想定南海地震モデル（M8.6）を上回る想定

で作成されたモデルであるため、十分に不確かさが考慮されたものであるが、設定された強震動生成域に加え、さらに敷地直下にも強震動生成域を追加配置する不確かさの考慮を行った。

(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では、パラメータとしてM8.3を採用する(上記(イ)参照)。この場合、耐専スペクトルの適用範囲内にあることから、耐専スペクトルに基づき評価を行った。(乙11(6-5-39頁, 6-5-200頁))

(断層モデルを用いた手法による地震動評価)

断層モデルを用いた手法による地震動評価では、適切な要素地震が得られていないことや内閣府検討会が統計的グリーン関数法を用いていることを踏まえ、統計的グリーン関数法及びハイブリッド合成法⁸⁶により評価を行った(6-5-43頁, 6-5-229頁)。

ウ 震源を特定せず策定する地震動

本件発電所敷地周辺の状況等を十分考慮した詳細な調査を実施してもなお、敷地近傍において発生する可能性がある内陸地殻内地震の全てを事前に評価し得るとは言い切れないとの観点から、基準地震動Ssの策定にあたっては、震源を特定せず策定する地震動も考慮している。

(ア)加藤ほか(2004)の知見

⁸⁶ 短周期領域の評価に適している経験的グリーン関数法又は統計的グリーン関数法により計算した地震動と、長周期帯の評価に適している理論的手法(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盤構造を詳細にモデル化して、理論的に揺れを計算する方法)により計算した地震動を組み合わせることで広い周期帯で精度よく地震動を評価する手法

上記(2)ウ(ウ) bのとおり，震源を特定せず策定する地震動に関する代表的な知見として，加藤ほか（2004）（乙22）がある。震源を特定せず策定する地震動は，改訂後の耐震設計審査指針で規定されていたものとその考え方において違いはないため，従来同様に，加藤ほか（2004）が提案する「地震基盤における地震動」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。

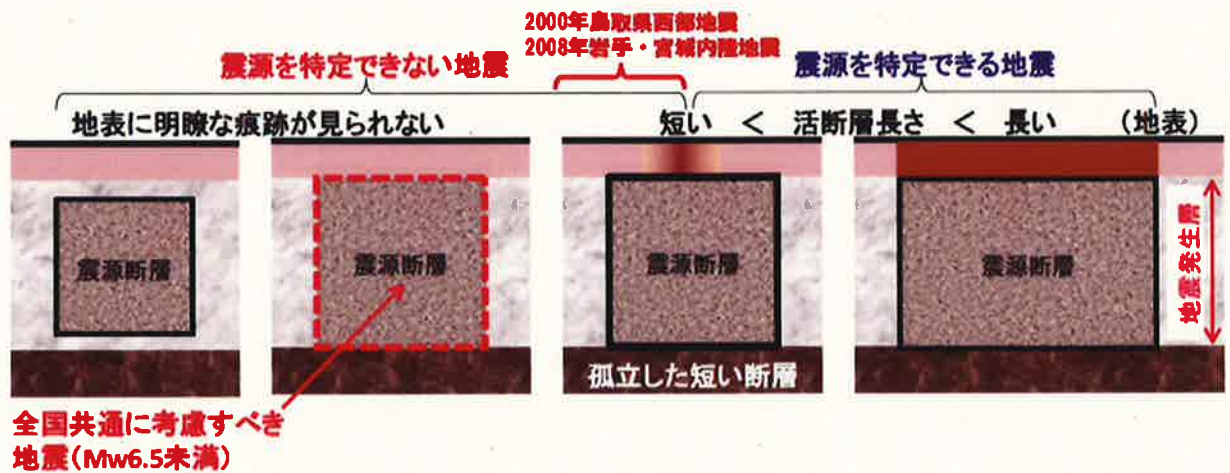
(イ) 震源近傍の観測記録の収集・検討

債務者が観測記録の収集対象として検討した地震は，基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド（乙39）が例示する16地震（表7）である（債務者独自でも調査を行ったが，結果として，16地震以外に震源を特定せず策定する地震動の評価において考慮すべき地震はなかった。）。

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59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ない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（ $M_w 6.5$ 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、その他の観測記録は、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 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938m/秒となる深さ41mを基盤層に設定した上で解析評価を行い、基盤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って増幅している)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2600m/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。不確かさを保守的に考慮した上で、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、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(Mw6.5以上の地震))とされており、表7のNo.

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。

債務者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⁸⁷、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2 km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⁸⁸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

⁸⁷ 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ていれば圧縮応力場、逆に両方から引っ張られていれば引張応力場という。

⁸⁸ 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）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

ことから、地震の起こり方も異なる。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、自然現象の評価と将来予測には不確かさが残ること、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、さらには、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 S_s 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42(91頁))

(以上、乙13(18~19頁))

エ 基準地震動 S_s の策定

基準地震動 S_s 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 S_2 (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 S_{s-1H} を設定するとともに、鉛直方向については、 S_{s-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 S_{s-1V} を設定した(乙11(6-5-48頁)、乙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、断層モデルを用いた手法による地震動評価の結果（乙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（中央構造線断層帯による地震）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Fuji and Matsu'ura（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ハイブリッド合成を行った。その結果、上記の基準地震動 S_s-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 S_s-2-1 ～基準地震動 S_s-2-7 とした。（乙11（6-5-48～6-5-49頁）、乙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さな地震の観測記録（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。債務者が実施した中央構造線断層帯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 S_s-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さく評価される傾向が見られた（図5

8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帯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0.2~0.3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480kmで応力降下量の不確かさ(20MPa)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11(6-5-49~6-5-50頁), 乙31(232頁))

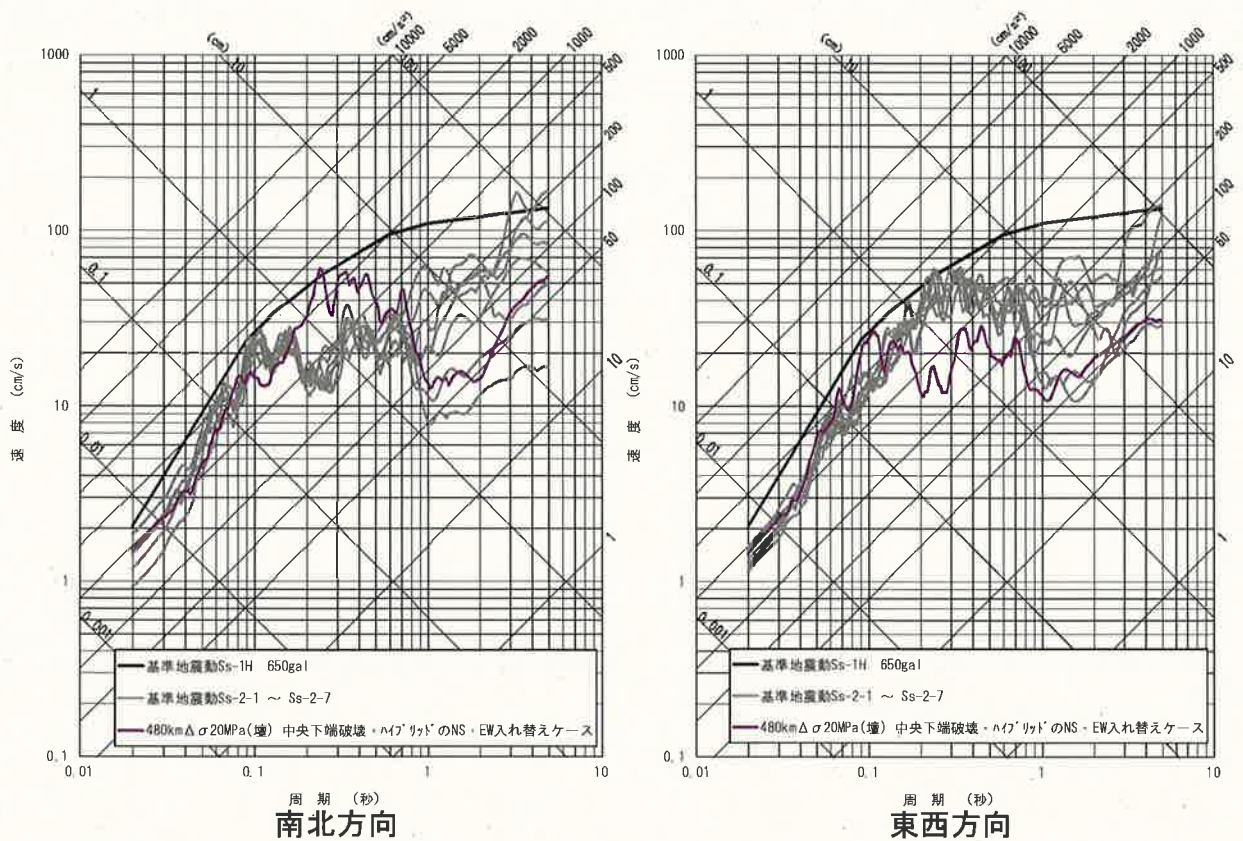


図 6 0 東西方向 (E W) と南北方向 (N S) の地震波を入れ替えたケース

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13 (19~20頁), 乙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 $Ss-3$ として選定することとした (乙11 (6-5-50頁), 乙1

3 (19～20頁), 乙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 S s の最大加速度

基準地震動 S s				最大加速度振幅 (cm/s ²)		
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 S s	設計用模擬地震波		水平動	S s-1H	650
				鉛直動	S s-1V	377
	断層モデルを用いた手法による基準地震動 S s	敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯)	480km 連動・壇の手法・ $\Delta\sigma$ 20MPa・西破壊	水平動 NS成分	S s-2-1NS	579
				水平動 EW成分	S s-2-1EW	390
				鉛直動 UD成分	S s-2-1UD	210
			480km 連動・壇の手法・ $\Delta\sigma$ 20MPa・中央破壊	水平動 NS成分	S s-2-2NS	456
				水平動 EW成分	S s-2-2EW	478
				鉛直動 UD成分	S s-2-2UD	195
			480km 連動・壇の手法・ $\Delta\sigma$ 20MPa・第 1 アスベリティ西破壊	水平動 NS成分	S s-2-3NS	371
				水平動 EW成分	S s-2-3EW	418
				鉛直動 UD成分	S s-2-3UD	263
			480km 連動・F&M の手法・ $\Delta\sigma$ 1.5 倍・西破壊	水平動 NS成分	S s-2-4NS	452
				水平動 EW成分	S s-2-4EW	494
				鉛直動 UD成分	S s-2-4UD	280
			480km 連動・F&M の手法・ $\Delta\sigma$ 1.5 倍・中央破壊	水平動 NS成分	S s-2-5NS	452
				水平動 EW成分	S s-2-5EW	388
				鉛直動 UD成分	S s-2-5UD	199
			480km 連動・F&M の手法・ $\Delta\sigma$ 1.5 倍・東破壊	水平動 NS成分	S s-2-6NS	291
				水平動 EW成分	S s-2-6EW	360
				鉛直動 UD成分	S s-2-6UD	201
54km・入倉・三宅の手法・ $\Delta\sigma$ 1.5 倍・中央破壊	水平動 NS成分	S s-2-7NS	458			
	水平動 EW成分	S s-2-7EW	371			
	鉛直動 UD成分	S s-2-7UD	178			
480km 連動・壇の手法・ $\Delta\sigma$ 20MPa・中央破壊・入れ替え	水平動 NS成分	S s-2-8NS	478			
	水平動 EW成分	S s-2-8EW	456			
	鉛直動 UD成分	S s-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	S s-3-1H	620		
		鉛直動	S s-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	S s-3-2NS	528		
		鉛直動 UD成分	S s-3-2UD	485		

オ 基準地震動 S_s の年超過確率

債務者は、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

で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 1 1 (6-5-51~6-5-52 頁, 6-5-252~6-5-260 頁), 乙 1 3 (20 頁))

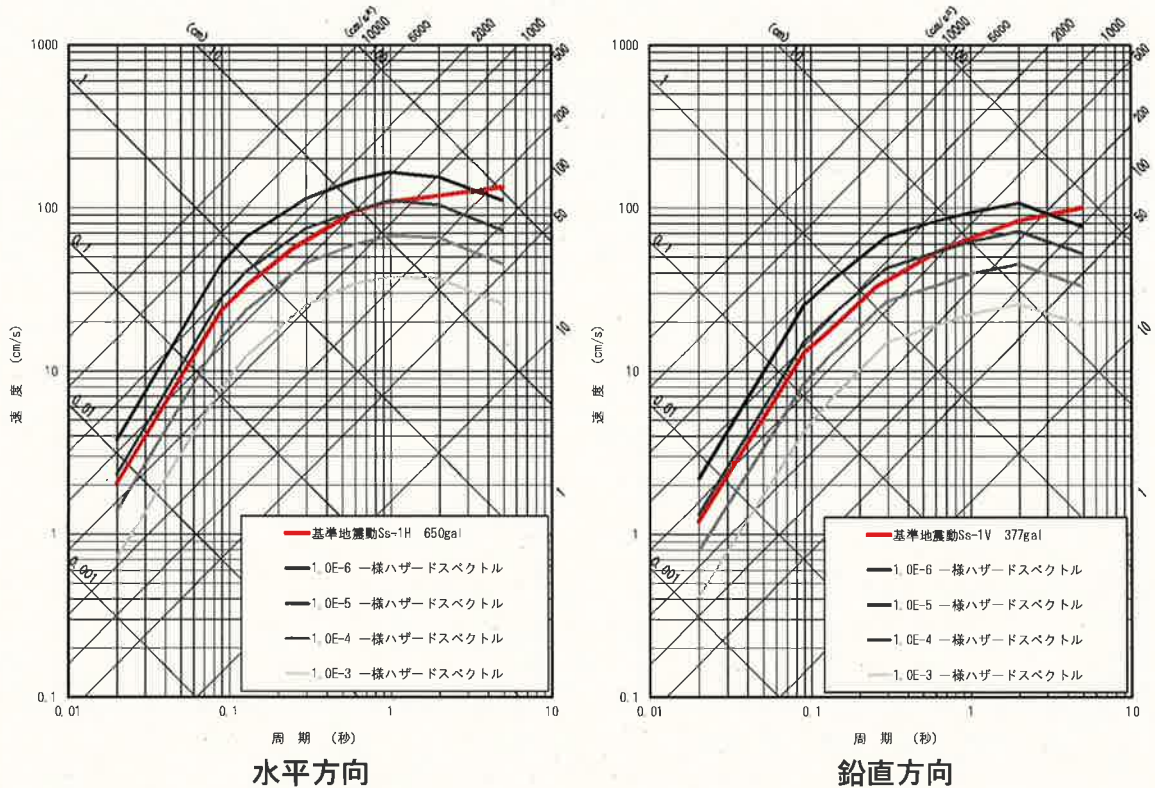


図 6 1 基準地震動 S s - 1 の年超過確率

(4) 耐震安全性の確保について

ア 本件 3 号機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

債務者は、本件 3 号機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⁸⁹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増幅を回避し、地震時に重要な施設、配管等の変形を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響を避けることができるからである。(乙 20(8-1-105 頁))

⁸⁹ 剛構造とは、建造物の剛性（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变形しやすい構造（例えば、超高層ビル）を柔構造という。

そして、債務者は、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

債務者は、本件3号機を建設する際、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（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（200

6)) 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 4 3) 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	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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	<ul style="list-style-type: none"> ・ タービン設備 ・ 補助ボイラ

そして、債務者は、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3号機の耐震設計を行った。（乙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3号機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3号機の施設は、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。詳細は後記ウで述べるが、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 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

債務者は、新規制基準を踏まえて策定した新たな基準地震動 S_s （上記(3)エで述べたもの）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、債務者は、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

債務者は、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⁹⁰又は設計基準事故⁹¹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的位置、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、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」とい

⁹⁰ 通常運転時に予想される機械又は器具の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単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）

⁹¹ 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）

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が定める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（後記ウ参照）。

(イ) 基準地震動 S_s に対する耐震安全性について

債務者は、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・配管系に分けて説明する。

なお、債務者は、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)エ参照）、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62)

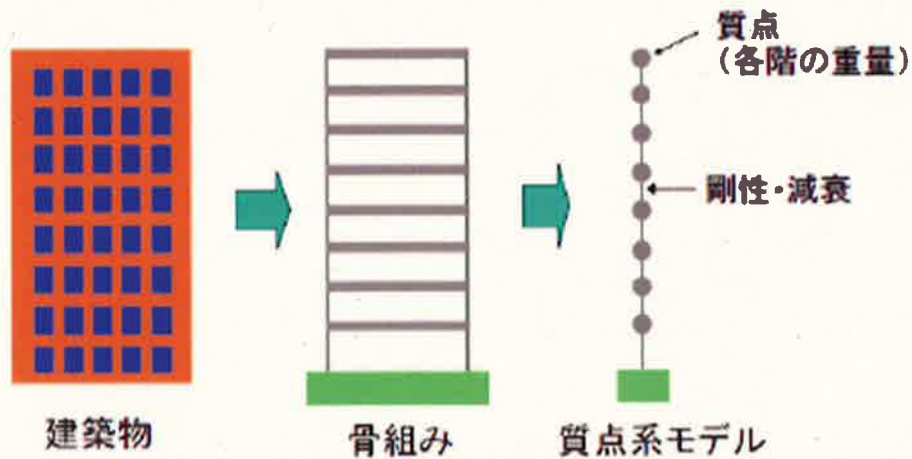


図 6 2 建築物のモデル化の例 (質点系モデル)

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。

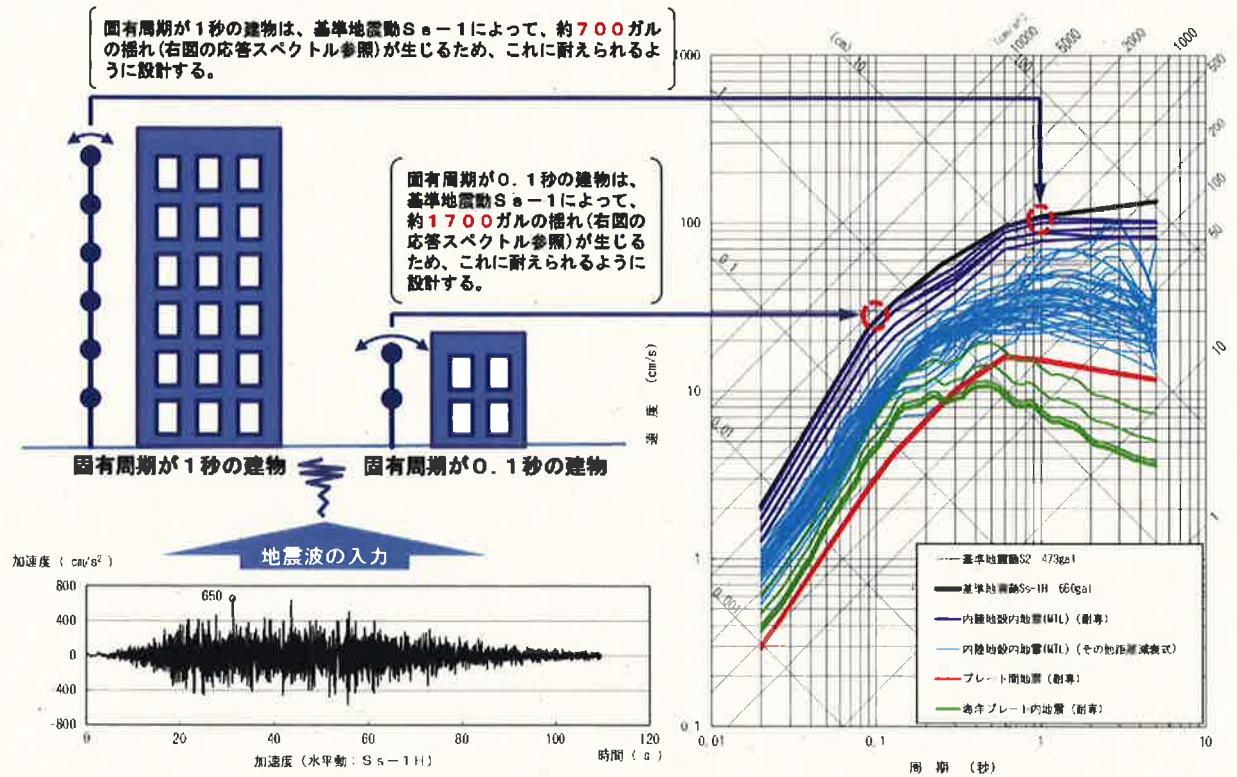


図 6.3 基準地震動 S_{s-1} と建物の応答・耐震設計のイメージ

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。）。

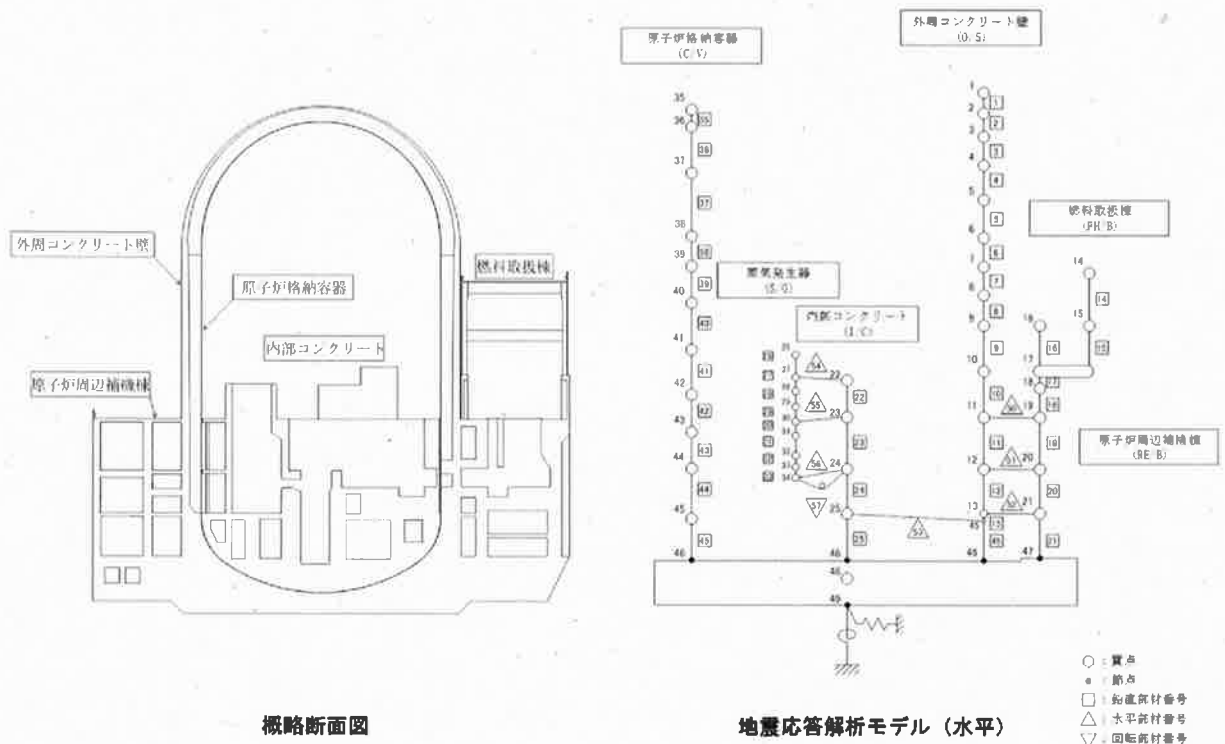


図 6 4 本件 3 号機の原子炉建屋の地震応答解析モデル（質点系モデル）

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 4 6）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（ 4.0×10^{-3} ）に余裕

を持たせて、より厳しい値となる 2.0×10^{-3} と設定した。

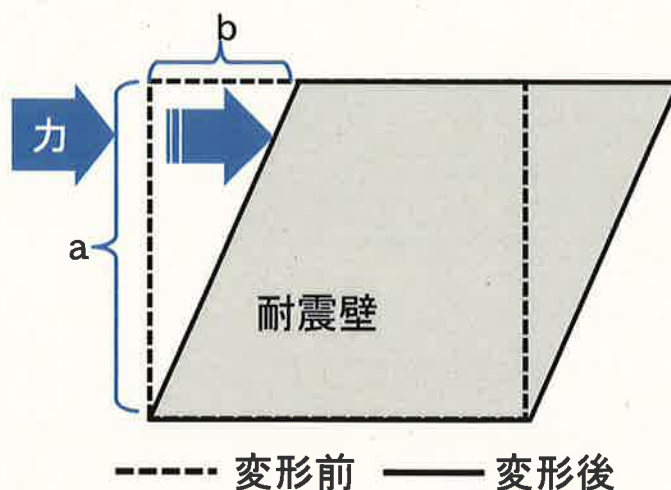


図 6 5 せん断ひずみのイメージ

(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 10 に示す（乙 4 7，乙 4 8）。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 0 原子炉建屋及び原子炉補助建屋の耐震安全性評価結果

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	0.63×10^{-3}	0.65×10^{-3}	2.0×10^{-3}
原子炉補助建屋	耐震壁	0.84×10^{-3}	1.01×10^{-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）。

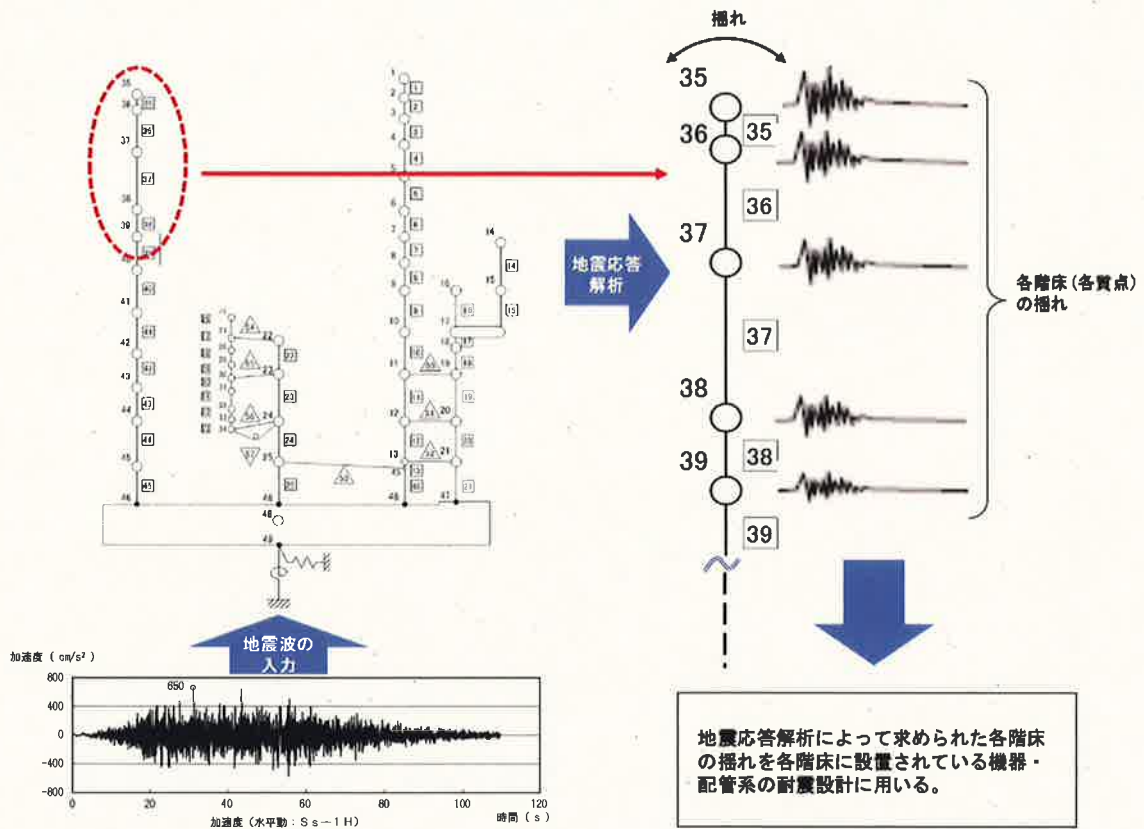


図 6 6 機器・配管系の地震動評価に用いる建屋床面の地震応答のイメージ

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⁹²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Ss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11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Ssに対して耐震安全性を有している（乙49～乙56，乙45（3～6頁））。

⁹² 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 1 1 代表的な機器・配管系の耐震安全性評価結果

対象機器	評価部位	単位	評価値		評価基準値 ^{※2}
			旧 S s ^{※1}	新 S s ^{※1}	
炉内構造物	ラジアルサポート	応力 [MPa]	2 1 7	3 0 7	3 7 2
制御棒 (挿入性)	—	時間 [秒]	2 . 2 1	2 . 3 9	2 . 5 0
蒸気発生器	管台	応力 [MPa]	2 5 7	2 7 0	4 1 3
一次冷却材管	管台	応力 [MPa]	1 7 0	1 7 1	3 8 3
余熱除去ポンプ	ボルト	応力 [MPa]	2 1	2 5	2 1 0
余熱除去設備配管	配管本体	応力 [MPa]	1 6 7	1 5 9	旧 S s : 4 0 1 新 S s : 3 6 1
原子炉容器	管台	応力 [MPa]	2 6 4	2 8 9	4 2 2
原子炉格納容器本体	胴部	座屈	0 . 8 8	0 . 9 1	1 . 0

※ 1 「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 6 5 0 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 5 7 0 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 S s と新 S s 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 S s 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 (詳しくは後記ウで述べる。) 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、一部の設備について、耐震安全性向上工事を実施した（乙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への取替え、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。

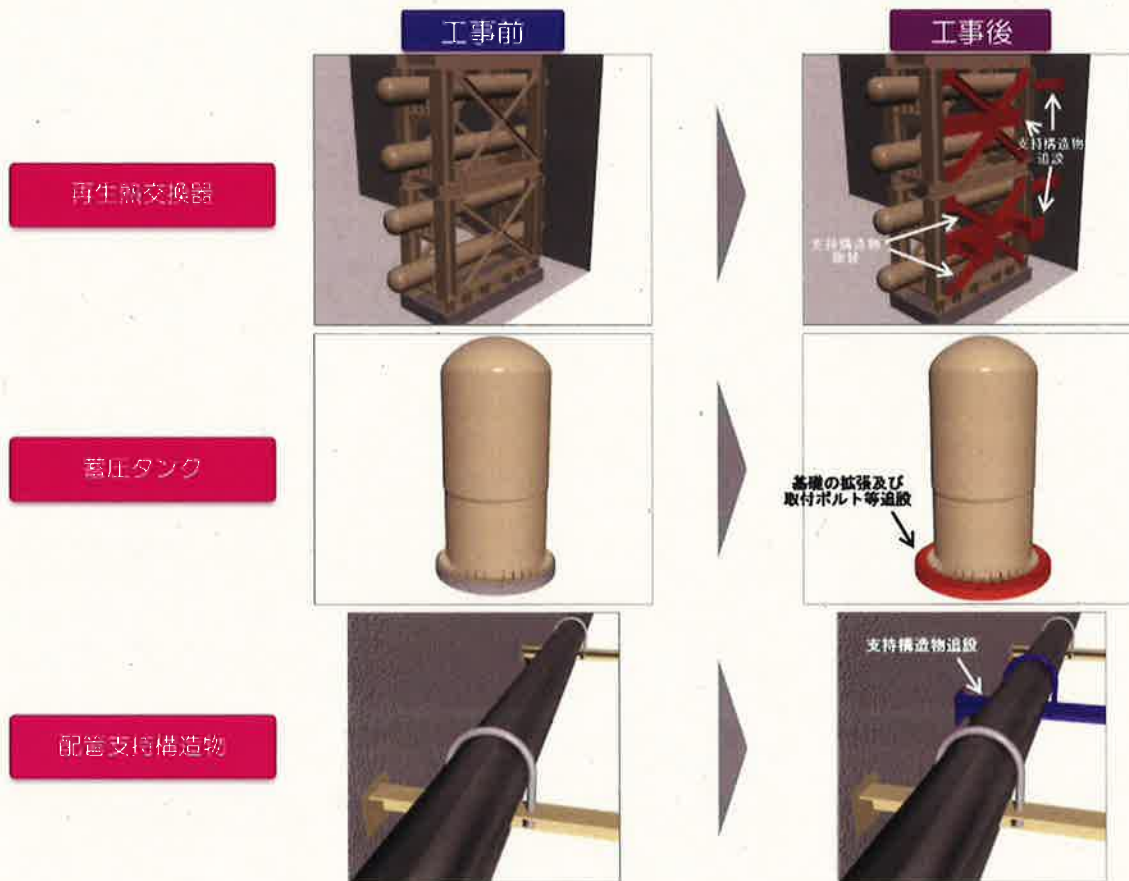


図 6 7 耐震安全性向上工事の実施例

(エ) 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 2 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_s 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_s 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基準地震動 S_s に対する当該 C クラスの施設の耐震安全性の確認が求められている。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_s 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_s 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 2）

表 1 2 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 ^{※1} のうち可搬型のもの (設置許可基準規則 4 3 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 4 3 条 2 項)
	常設重大事故防止設備	重大事故防止設備 ^{※2} のうち常設のもの (設置許可基準規則 3 8 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 ^{※3} が有 する機能を代替するもの (設置許可基準規則 3 8 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 ^{※4} のうち常設のもの (設置許可基準規則 3 8 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 1 4 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 1 5 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 1 3 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 1 6 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44、乙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59、90）。

また、債務者は、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100m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100m以上の離隔を確保している。（乙11（8-1-21～8-1-24）、乙13（276頁以下））

b 波及的影響の考慮