

平成28年(ワ)289号 伊方原発運転差止等請求事件

原告 外65名

被告 四国電力株式会社

## 準備書面9

(基準地震動の問題点)

平成29年6月29日

広島地方裁判所 民事第2部 御中

原告ら訴訟代理人弁護士	能	勢	顯	
同	弁護士	胡	田	
同	弁護士	前	川 哲	
同	弁護士	竹	森 雅	
同	弁護士	橋	本 貴	
同	弁護士	松	岡 幸	
同	弁護士	河	合 弘	

## 目次

第1	はじめに .....	7
1	基準地震動の意義 .....	7
2	基準地震動の変遷 .....	8
3	基準地震動の策定 .....	9
(1)	策定方法の概略 .....	9
(2)	伊方原発3号機の基準地震動策定 .....	9
第2	伊方原発1・2号機の耐震性 .....	10
1	はじめに .....	10
2	耐震補強工事の有無・程度 .....	11
(1)	被告の主張 .....	11
(2)	安全裕度の食潰し .....	11
ア	安全裕度の主張 .....	11
イ	安全裕度の食潰し .....	12
(3)	鉛直動に対する補強の有無 .....	13
3	伊方原発1・2号機の危険性 .....	14
第3	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 .....	14
1	はじめに .....	14
2	OS手法による中央構造線活断層帯の地震動評価 .....	15
(1)	はじめに .....	15
(2)	OS手法の概説 .....	15
ア	OS手法とは .....	15
イ	耐専スペクトル .....	16
ウ	その他のOS手法 .....	16
(3)	被告の地震動評価 .....	17

(4)	OS手法に基づく地震動評価の問題点Ⅰ（数値のばらつき）	17
	ア 応答スペクトルに基づく手法のばらつき	17
	a 経験式としての限界	17
	b 耐専式と実際の観測記録との対比	19
	c 小括	20
	イ 松田式のばらつき	20
	ウ まとめ	22
(5)	OS手法に基づく地震動評価の問題点Ⅱ（耐専式排除の疑問）	22
	ア 耐専式の排除についての疑問	22
	a 耐専式の排除の理由	22
	b 耐専式を適用した場合の加速度	23
	c 近傍地震と耐専式	23
	イ 耐専式以外の手法	24
	a 地盤条件・種別	24
	b アスペリティの位置，南傾斜，NFRD効果の考慮	25
	c 被告が選択した耐専式以外の手法も，震源近傍の地震は，データが少ない領域であること	25
	d Abrahamson and Silva(2008)以下5つの距離減衰式	26
	e その他の距離減衰式の特徴	27
	ウ 小括	28
(6)	OS手法に基づく地震動評価の問題点Ⅲ（⑤～⑧の地震規模）	28
(7)	結論	29
3	DM手法による中央構造線活断層帯の地震動評価	29
(1)	DM手法の概説	29
(2)	被告の地震動評価	30

ア	基本震源モデル等 .....	30
イ	パラメータの設定 .....	31
(3)	DM手法に基づく地震動評価の問題点Ⅰ（ばらつきの存在） .....	31
ア	スケーリング則のばらつき .....	31
イ	グリーン関数について .....	32
ウ	まとめ .....	32
(4)	DM手法に基づく地震動評価の問題点Ⅱ（「壇他」の問題点） .....	32
ア	アスペリティ応力降下量（短周期レベル）と地震動評価 .....	32
イ	「壇他」の手法 .....	32
ウ	壇他に対する批判①（データの内容等） .....	33
a	海外のデータ .....	33
b	未検証であること .....	34
エ	壇他に対する批判②（応力降下量） .....	34
a	応力降下量 .....	34
b	日本の地震に対応する平均応力降下量の設定 .....	35
c	アスペリティ応力降下量 .....	35
オ	壇他に対する批判③（平均すべり量） .....	36
カ	小括 .....	37
(5)	問題点Ⅲ（F & Mの問題点） .....	37
ア	応力降下量の過小評価 .....	37
イ	長大断層については検証を経ていないこと .....	37
(6)	問題点Ⅳ（「入倉他」過小評価のおそれ） .....	37
ア	「入倉他」の特徴 .....	37
イ	「入倉他」が過小評価である旨の指摘 .....	38
a	島崎邦彦氏の指摘 .....	38

i	島崎氏の過小評価の指摘	38
ii	他の式との比較	38
iii	観測値と比較しても過小評価の傾向が強いこと	39
iv	熊本地震の解析	40
v	島崎氏による結論	40
b	中央防災会議の取扱い	41
c	推本の取扱い	42
i	推本における地震規模算出方法の記載	42
ii	強震動評価の際に用いられている地震規模算出方法	43
iii	小括	44
d	松田式で計算した場合の地震動評価	44
e	小括	45
(7)	DM手法の問題点V（不確かさの考慮）	45
ア	不確かさの考慮	45
イ	アスペリティ応力降下量	46
a	スケーリング則に基づく評価	46
b	被告の設定	46
c	20MPaの根拠は不明であること	47
d	近時の地震観測	47
e	小括	48
ウ	アスペリティの位置	48
エ	重畳考慮をしていないこと	48
オ	小括	49
(8)	結論	49
第4	震源を特定せず策定する地震動	49

1	「震源を特定せず策定する地震動」の意義	49
(1)	「震源を特定せず策定する地震動」の趣旨	49
(2)	検討対象用地震の選定	50
(3)	審査ガイドの規定自体の不合理性	51
2	被告の地震動評価	52
(1)	被告が検討した地震	52
(2)	(2)型地震(審査ガイド4.2.1(2))	52
(3)	(3)型地震(審査ガイド4.2.1(3))	53
3	被告の地震動評価の不合理性	53
(1)	審査ガイドの16ケース	53
ア	審査ガイドの16ケースは例示に過ぎないこと	53
イ	収集対象とすべきであった地震	54
a	2007年能登半島地震と同年新潟県中越沖地震	54
b	2008年岩手・宮城内陸地震	54
c	2000年鳥取県西部地震のTTRH02(日野)観測点のデータ	55
ウ	審査ガイドの例示ではデータとして不十分であること	55
(2)	留萌支庁南部地震に対する被告の評価の不合理性	56
ア	HKD020観測点の地震動は最大の地震動ではないこと	56
イ	留萌支庁南部地震の観測記録を基にした基準地震動は約1038ガル となること	58
ウ	M6.5未満の地震と最大加速度	59
a	独立行政法人原子力安全基盤機構(JNES)の地震動解析	59
b	2008年岩手・宮城内陸地震の最大加速度	60
エ	小括	60
4	結語	60

本書面において、原告らは基準地震動について述べる。

## 第1 はじめに

### 1 基準地震動の意義

新規制基準は、基準地震動とは何かにつき、「実用発電用原子炉及び附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（以下、5号規則という）第4条3項において「耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼす地震による加速度によって作用する地震力（以下「基準地震動による地震力」という）に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない」と規定し、同3条1項は耐震重要施設を「…設計対象施設のうち、地震の発生によって生ずるおそれがあるその安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度が特に大きいもの…」と定めていることから、放射能による公衆の被害を防ぐ設計基準であることが判る。要するに、周辺住民（放射能被害が及ぶ範囲の住民の意。従って、1000km以上の遠方の住民も含み得る）の安全を保障する基準である。それが国民の理解であり、そうでなければならない。政府も国民に対し、そのように宣伝している。

しかしながら、平成26年7月16日、川内原発の新規制基準適合性を認めた際の記者会見において、原子力規制委員会委員長田中俊一は、川内原発の安全性について、「安全審査ではなく、基準の適合性を審査したということです。ですから、これも再三お答えしていますけれど、基準の適合性は見えていますけれども、安全だということは、私は申し上げていませんということを、何時も、国会でも何でも、何回も答えてきたところです」（甲B57・4頁）と述べているのである。

## 2 基準地震動の変遷

被告の答弁書（p 89～179）によると、伊方原発1・2号機は、未だ耐震設計審査指針制定前の時期に、設計地震動を200ガル（弾性設計用）、対象施設を原子炉格納施設と原子炉停止装置に限定した安全余裕検討用地震動を300ガルとして建設された。

昭和53年9月制定された耐震設計審査指針の適用を受けた3号機の場合は、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 $S_1$ ：221ガル、これを超える地震の発生が否定できない場合の為の設計用限界地震の地震動を $S_2$ ：473ガルとした。この後、平成18年9月、耐震設計審査指針の改定を受け、基準地震動 $S_{s1}$ ：570ガルを策定し、一部周期で $S_{s1}$ の応答スペクトルを超えた地震動を基準地震動 $S_{s2}$ ：413ガルとして策定している。

さらに、福島第一原子力発電所の事故を受け制定された新規制基準の下で行われた3号機の設置変更許可手続きにおいては、基準地震動は以下の通りとなっている。

水平動 $S_{s-1H}$ ：650ガル、鉛直動 $S_{s-1V}$ ：377ガルと策定した外、 $S_{s-2}$ が8ケース24の、 $S_{s-3}$ が2ケース5の合計29の基準地震動が策定されている（答弁書p 179）。

このように基準地震動は大きくなってきた。1・2号機については、当初、想定した安全余裕検討用地震動（300ガル）に対してさえ、 $S_{s-1H}$ （650ガル）は2倍以上である。また、当時どの程度考慮されていたのか不明な鉛直動 $S_{s-1V}$ は、現在、377ガル（ $S_{s-3-2UD}$ は485ガル）である。

安全神話の下で、国民の知らなうちに基準地震動はこれだけ大きくなっていった。空恐ろしい話である。1・2号機の安全対策については「第2」で述べる

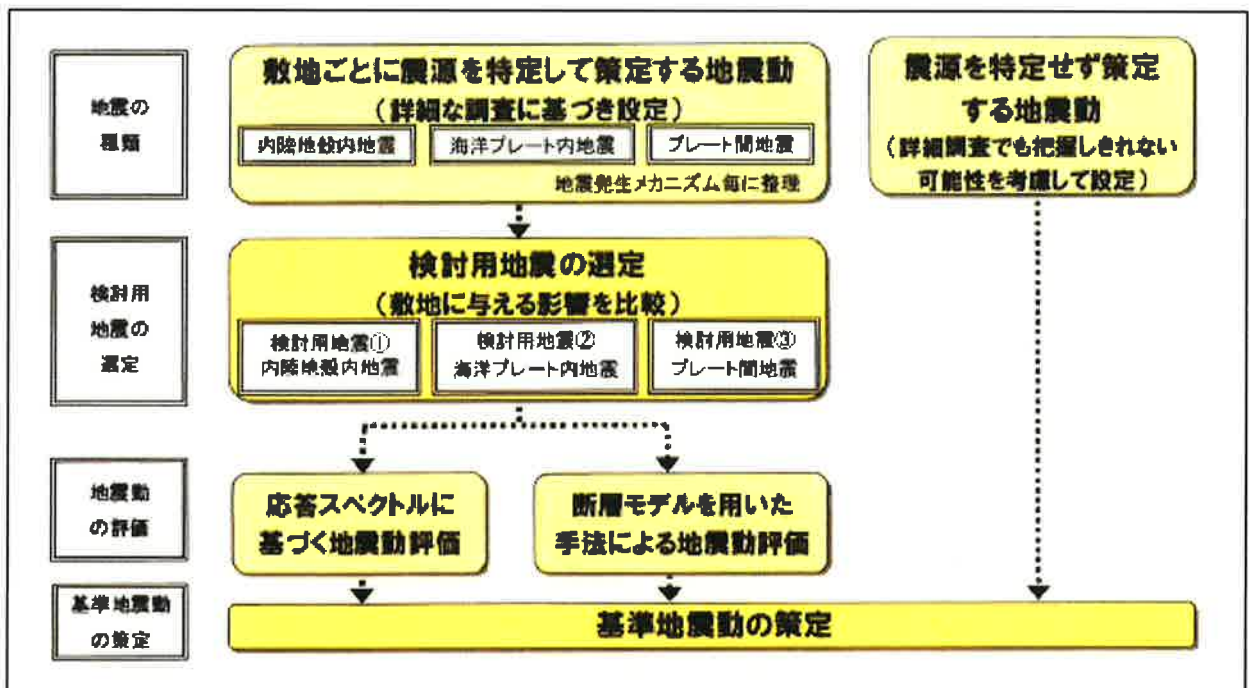


が、我々はその建設初期に巨大地震が発生しなかった幸運に感謝しなければならない。しかし、基準地震動を上げた今、安全になったかと問われれば、そうではない。200ガルが40年で650ガルになった様に、650ガルが40年後には1500ガルになっているかもしれない。そうだとしたら、これからは将来に亘り、ひたすら巨大地震が起こらない幸運を祈るしかないことになる。

### 3 基準地震動の策定

#### (1) 策定方法の概略

基準地震動の策定方法については、5号規則の解説別記2が相当程度具体的に規定するところであり、答弁書でも述べられているから、本書面では下記概略図の記載にとどめる。



#### (2) 伊方原発3号機の基準地震動策定

上記につき、被告は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の検討用地震として、発生様式ごとに内陸地殻内地震としては中央構造線活断層

帯の地震を、海洋プレート間地震としては南海トラフの地震を、海洋プレート内地震としては1649年安芸・伊予地震を選定した。その上で、これらの検討用地震につき、応答スペクトルの基づく手法（以下、OS手法という）および断層モデルを用いた手法（以下、DM手法という）により地震動を評価している。その際、中央構造線活断層帯の地震については、基本震源モデルを設定するとともに、断層長さを4つに分け、8つのケースを解析している。

また、「震源を特定しない地震動評価」では、全国の地震データに基づき地震動評価をすることになる。被告は原子力規制委員会が例示した16地震に限定して地震データを収集し、解析を行っている。

この様な地震動評価を通して得られた応答スペクトルを基に、被告は前述したように答弁書p179記載の合計31の基準地震動を策定している。

以下に、まず、1・2号機の安全対策について述べ、次いで、3号機の基準地震動について論じる。

## **第2 伊方原発1・2号機の耐震性**

### **1 はじめに**

上記の通り大きくなった基準地震動に対し、被告がどのような対応をとってきたかは明らかではない。特に1・2号機の耐震安全性の維持がどのようになされてきたかは、3号機に関心が向かい勝ちになるだけに、注意を要する問題である。2号機の将来は不明だが、廃炉の決まった1号機の耐震補強に「余計な金」をかけたくはないというのが、被告の本音であろう。しかし、廃炉作業が完了するまでには、これから長い年月が必要である。その間、耐震性という面で一体どのような状態で1・2号機が管理されていくかは、極めて深刻な危険を孕んでいる。この問題は、将来のものであるとともに、1・2号機に対す

る過去の耐震補強工事の実施状況を前提としている。

## 2 耐震補強工事の有無・程度

### (1) 被告の主張

耐震補強工事に関する答弁書の記載は次のようなものである。

被告は、まず、昭和53年の耐震設計審査指針の制定を踏まえ、1・2号機の「止める」「冷やす」「閉じ込める」という機能を一部設備に代表させ、3号機の基準地震動S2を用いて耐震安全性の評価を行い、安全性を確認したと主張したうえ、耐震補強工事については、設備更新などの際に耐震安全性向上工事を行ったと、抽象的に述べるのみである（p186）。

次に、平成18年の耐震設計審査指針改定後には、上同様1・2号機の「止める」「冷やす」「閉じ込める」という観点から特に重要な設備につき耐震安全性の評価を行い、基準地震動Ssに対する安全性を確認したと主張するが、耐震補強工事については、1・2号機に関するものか否か明確にしないまま（要するに、3号機のみに関する補強工事とも読める）、支持構造物の補強工事などをしたと述べるに止めている（p188）。

### (2) 安全裕度の食潰し

#### ア 安全裕度の主張

1・2号機に対する耐震補強工事の有無・程度が問われる中で、「そもそも、一部の部品取替え、配管の揺れ防止などの補強工事だけで、このような大幅の変更（200～300ガルから600～700ガルの変更）が可能なのか。100万kw級の原発では原発1基の配管の総延長は100kmを超え、ケーブルは約2000kmで…。配管の補強ではサポートを増やして振幅を小さくするのですが、見落としなしに全てを…補強できるのか。ポンプなどの動的機器の補強は難しいのですが、ポンプだけでも1基当たり300ないし400台、モーターは1300台前後あり、全部に

振動を与えて実験することは出来ません。また、スロッシング（地震による水面の揺れ）による機器の機能喪失、配管破断などはどこまで考慮されているのか。・・・大きな疑問が残ります。」と指摘されている（甲B58・63～67頁）。

この様な事情を知れば、誰でもが抱くであろう疑問、即ち「基準地震動が大幅に上がっているのに、特別な耐震補強工事をしなくても安全なの？」という疑問が生じてくる。恐らくはそれに答えるつもりなのであろう、被告は答弁書p208～209で「・・・1・2号機は設計地震動に対して、・・・弾性範囲内に収まるように・・・設計した。すなわち、・・・弾性範囲内であれば、・・・元の形に戻ることが出来るし、弾性限界を超え、・・・塑性領域に入ったとしても・・・安全余裕を失うまでにはさらに余裕を有することになる（この余裕の存在は、・・・本件1・2号機について安全余裕検討用地震動・・・により確認している）。一般に、原子炉建屋の弾性限界と機能維持限界との間には概ね2倍以上の裕度がある・・・」と説明している。しかし、1・2号機に対し、耐震補強工事を行ったとは述べていないのである。

## イ 安全裕度の食潰し

被告の上記説明は極めて危険な弁解である。既に、基準地震動を超えた地震動に見舞われた原発が平成17年から同23年までの6年足らずの間に、以下の通り6サイトで8回も発生している。

平成17年	8月16日	宮城県沖地震	女川原発
同 19年	3月25日	能登半島地震	志賀原発
同 19年	7月16日	新潟中越沖地震	柏崎刈羽原発
同 23年	3月11日	東北地方太平洋沖地震	女川原発
同 23年	3月11日	東北地方太平洋沖地震	福島第一原発
同 23年	3月11日	東北地方太平洋沖地震	福島第二原発

同 23年 3月11日 東北地方太平洋沖地震 東海第二原発

同 23年 4月 7日 宮城県沖地震 女川原発

このように極めて甘い基準地震動の策定にもかかわらず、過酷事故に至らなかったのは、ひとえに安全裕度（耐震設計の安全性確保において、計算に入れるべきものではない）の存在という僥倖の故であった。しかし、安全裕度という、本来、計算に入れるべきではない「不確実さ」に、周辺住民の安全を委ねることは許されない。基準地震動が本来の機能を果たしていないにもかかわらず、上記の如く「…安全余裕を失うまでにはさらに余裕を有することになる…」との弁解は居直り以外の何物でもない。耐震設計は安全裕度に頼ることなく、飽くまで基準地震動による地震力に対して安全機能を保つものでなければならない。基準地震動とはそういうものであり、言うまでもなく、これが新規制基準の考え方である。

被告の弁解は安全裕度を食い潰し、計算上の数値合わせによって安全を誤魔化していることを告白しているものである。設計地震動200ガル（原子炉格納施設・原子炉停止装置のみ安全余裕検討用地震動300ガル）の伊方原発1・2号機は、被告の主張によってさえ、今や安全裕度のない状態で存在し、将来に亘って存続していくことになる。

### (3) 鉛直動に対する補強の有無

安全裕度の食いつぶし問題に加え、鉛直動の問題がある。新規制基準は、水平動だけでなく鉛直動についても基準地震動の策定を求めている。答弁書（p179）によると、被告は、 $S_s - 1V$ （377ガル）の外にも、2000年鳥取県西部地震の $S_s - 3 - 2UD$ （485ガル）を基準地震動として策定している。1・2号機建設当時、被告が鉛直の地震動をどの程度考慮していたかは明らかにされていないが、200ガル（一部300ガル）を設計地震動としていた時代に、377ガルあるいは485ガルの鉛直方向への

地震動を想定して耐震設計を行っていなかったことは明らかである。さらにまた、1・2号機に対し、上述してきたとおりの耐震補強工事の状況であれば、鉛直方向の基準地震動として策定された上記最大加速度に耐えられるだけの補強工事を行ってこなかったことも明白である。あるいは、鉛直方向の地震動に対する補強工事は、当初構造物の構造上、物理的にも経済的にも不可能なのではないかとも危惧される。

### 3 伊方原発1・2号機の危険性

3号機については、 $S_s - 1H : 650$ ガル、 $S_s - 1V : 385$ ガル、 $S_s - 3 - 2UD :$ が本訴の重要争点である。これに対し、1・2号機については、200ガル（一部300ガル）で耐震設計が行われた原発の安全性が直接に問われることになる。上記基準地震動は被告が策定したものである。昭和40年代に200ガル（一部300ガル）で設計された1・2号機が、果たして今でも安全なのかということが争点になる。

今後、本訴における議論は、3号機を中心としたものになっていくだろう。しかしながら、議論が3号機中心になったからと言って、1・2号機が安全になるわけではない。周辺住民（放射能被害の及ぶ危険性のある住民を指し、事故次第では優に1000kmを越す範囲を含む）の安全性を脅かすのは3号機だけでないことは明らかである。むしろ、放置された原子炉として、1・2号機は3号機以上に危険な存在であると言えるのかもしれない。

## 第3 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

### 1 はじめに

敷地ごとに震源が特定された地震動の策定作業において、検討用地震が上記の通り選定されると、これら検討用地震がもたらす地震動の評価が行われる。地震動評価に用いられるのがOS手法とDM手法で、ともに応答スペクトルを求めようとするものがある。

応答スペクトルの応答とは、地震に対する物体の反応（どれだけ揺れるか）を意味する。周期を異にする多くの地震波で構成されている地震動を、物体の持つ固有周期（最も強く共振する周期）ごとに、その最大応答（振幅）を整理して並べたものが応答スペクトルである。原発を構成する建造物等も当然に固有周期を持ち、特定の周期の地震波に反応して強く揺れる（共振）。耐震設計に当たっては共振に注意する必要がある、応答スペクトルは原発施設の耐震設計における最も重要な概念の一つである。

以下に、発生様式を異にする検討用地震である中央構造線活断層帯の地震、南海トラフ地震、1649年安芸・伊予地震の順に、OS手法、DM手法による地震動評価とその問題点を論述する。

## 2 OS手法による中央構造線活断層帯の地震動評価

### (1) はじめに

被告は、内陸地殻内地震の検討用地震として、別府万年山断層帯を含む区間を考慮した中央構造線活断層帯を選定し、基本震源モデルとしては、①別府－万年山断層帯も連動する長さ480km、②中央構造線活断層帯の一部である石鎚山－伊予灘区間（130km）、③敷地前面海域の断層群（54km）を設定し、九州側の正断層（崩平山－亀石山から豊予海峡（西部）の区間）の傾斜角は60度、金剛山地東縁の逆断層の傾斜角は43度、その他の横ずれ断層は90度とした。

これに不確かさとして、横ずれ断層については北傾斜と南傾斜80度を考慮している。

### (2) OS手法の概説

#### ア OS手法とは

OS手法とは、過去の地震で観測された地震規模・震源距離等のデータを分析して帰納的に周期ごとの加速度が算出できる計算式を作り、この計

算式に将来発生することを想定する地震の地震規模・震源距離等を代入し、応答スペクトルを求める手法である。経験式と言われている。

## イ 耐専スペクトル

OS手法のうち、最も代表的で本件においても使用されている耐専スペクトルといわれる手法は、44地震、107観測点の記録に基づき日本電気協会原子力発電耐震設計専門部会が作ったものである。地震の規模(M)と等価震源距離(Xeq)が重要なパラメータとなる。

また、上記地震の規模は、多くの電力会社同様、被告もその断層の長さから松田式により求めている。

耐専スペクトルの計算式は以下のとおりである。<sup>1</sup>

$$S_h(T) = S_b(T) \times \{\alpha_h(T) \times \beta_h(T)\}$$

松田式の計算式は以下のとおりである。<sup>2</sup>

$$\log L = 0.6M - 2.9$$

上記式から、解放基盤表面における平均応答スペクトル(S<sub>h</sub>(T))は地震マグニチュード(M)、等価震源距離及び地盤の増幅率によって、決定されることが判る。地震規模の大小、等価震源距離の長短、地盤増幅率の大小が平均応答スペクトルを左右する。

## ウ その他のOS手法

OS手法には耐専式のほか、次のような手法(距離減衰式)がある。被告は、本件において、メインとして耐専式を使っているが、これらの手法も併用している。

Kanno et al. (2006), Zhao et al (2006), 内山・翠川(2

<sup>1</sup> Tは地震動の周期(0.02~5秒)、S<sub>h</sub>(T)は解放基盤表面における平均応答スペクトル、S<sub>b</sub>(T)は地震基盤における平均応答スペクトルで、地震マグニチュードと等価震源距離(Xeq)から求められる。α<sub>h</sub>(T)は地盤増幅率の補正項、β<sub>h</sub>(T)は地盤の固有周期(卓越周期)の補正項、α<sub>h</sub>(T)×β<sub>h</sub>(T)は地盤増幅の補正項で、解放基盤表面でのS波速度(V<sub>s</sub>)と水平動に対する地盤の卓越周期(T<sub>s1</sub>)から求められる。

<sup>2</sup> Lは断層の長さで、単位はkm



006), 片岡ほか(2006), Abrahamson and Silva(2008), Boore and Atkinson(2008), Campbell and Bozorgnia(2008), Chiou and Youngs(2008), Idriss(2008), 「安中他の式(1997, R)」 「安中他の式(1997, Xeq)」 「大野他の式(1999, Xeq)」 「Abrahamson&Silviaの式(R, 1997)」等がある。

### (3) 被告の地震動評価

被告は、応答スペクトルに基づく手法においては、解析ケースとしては、前述の480km, 130km, 54kmのケースに69kmケースを加え、これに不確かさを考慮して、①54km鉛直, ②54km北傾斜, ③69km鉛直, ④69km北傾斜, ⑤130km鉛直, ⑥130km北傾斜, ⑦480km鉛直, ⑧480km北傾斜の8ケースを解析している。解析の手法としては、上②④⑥～⑧については耐専式を、①③⑤については、耐専式を排除してその他の距離減衰式を適用している。

$S_s - 1H : 650$ ガル,  $S_s - 1V : 377$ ガルは、69km北傾斜の解析ケースにおける耐専式による地震動評価により策定された。

### (4) OS手法に基づく地震動評価の問題点I(数値のばらつき)

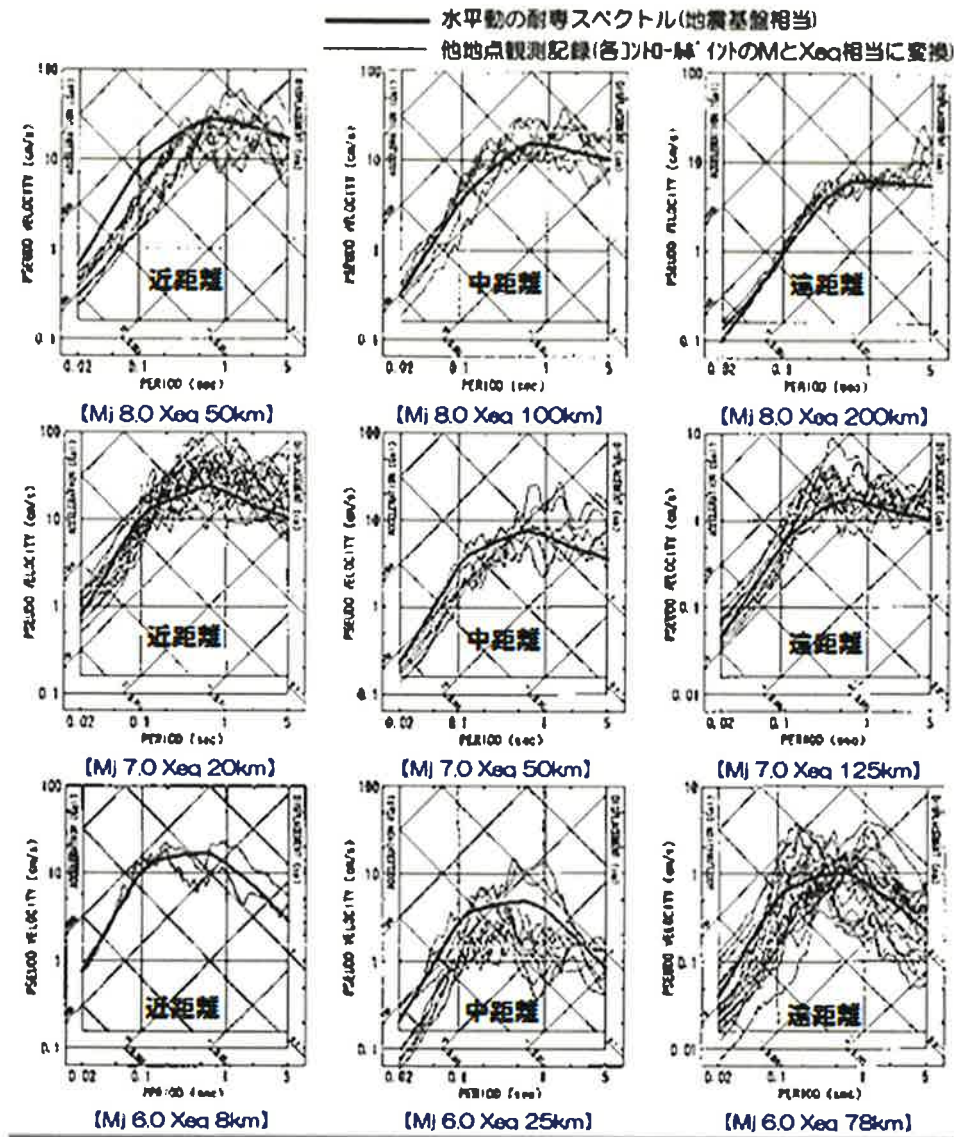
#### ア 応答スペクトルに基づく手法のばらつき

##### a 経験式としての限界

応答スペクトルに基づく手法は、実際に過去において発生した地震の地震動記録に基づき、地震の規模、敷地との距離によって分け、地震動を統計的に処理することにより算出するものであるから、あくまで地震動の平均像にすぎない。特に、耐専式は、少ないパラメータから地震動を予測する手法であり、モデルの単純化によるばらつきが内在している。

例えば、耐専式を例にとると、耐専式の元となったデータは、日本国内で観測された1980年から1991年までに観測された44地震、

2 1 4 波形である。以下のグラフは、マグニチュードと等価震源距離 (X e q) ごとに、水平動の耐専式 (太線) と元となった地震観測記録を图示したものである (甲 B 5 9・「伊方3号の基準地震動は過小評価されている」1 2 頁)。それぞれかなり大きくばらついていることが分かる。

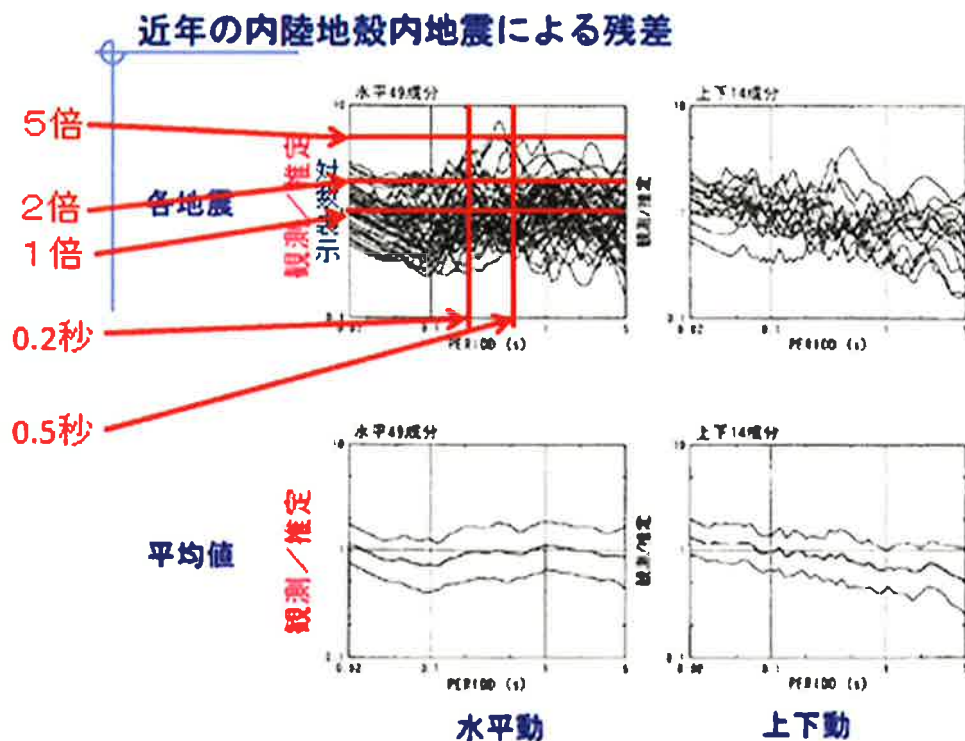


耐専式の元データのばらつきは、全周期帯平均で常用対数標準偏差は 0. 2 3 程度、自然対数標準偏差で 0. 5 3 程度とされている (甲 B 6 0・「原子力発電所に対する地震を起因とした確率論的リスク評価に関

する実施基準：2015」 339， 341頁）。

## b 耐専式と実際の観測記録との対比

耐専式の元データには，プレート間地震や内陸地殻内地震のデータが混在しているが，次の図は，原子力安全基盤機構（JNES）が国内外の内陸地殻内地震の観測記録に耐専式を当てはめ，各周期ごとに実際の観測記録と応答スペクトルとの比を描いたものである。横軸は周期である。縦軸は，描かれている1本1本が現実に発生して観測した地震動の残差（耐専スペクトルでの推定値の何倍となるかの値）である。



(甲B61「岩盤における設計用地震動評価手法（耐専スペクトル）について」スライド29)

この図によれば，耐専式によって導かれた応答スペクトルは観測記録の平均と概ね一致していると言えるとしても，1つ1つの観測記録は耐専式による応答スペクトルと決して一致しているとは言えない。上の方

の図（「各地震」）を見ると、0.2秒から0.5秒の周期で最大で5倍以上の誤差があるものもあり、下の方の図（平均値）を見ると、標準偏差（ $\sigma$ ）は概ね倍半分程度となっている上、上下動については周期0.1秒以上で地震動を過小評価する傾向があり、ばらつきも大きい。

原子力安全基盤機構の「平成18年度原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査活断層及び地震動特性に関する調査・解析に係る報告書」（甲B62）では、2006年における国内のプレート間地震動観測記録のうち、マグニチュード5.5以上、震央距離200km程度以内、震源深さ60km程度以浅の8記録を分析した結果、「各スペクトル比は全体としてのばらつきは大きく周期帯によっては0.2～4倍程度となっている。」（同5.41頁）とされた。はぎ取り解析結果による地震基盤( $V_s=2,210\sim 3,350\text{m/sec}$ )及び解放基盤( $V_s=850\sim 1,540\text{m/sec}$ )における耐専スペクトルの比について平均と平均±標準偏差を示した各グラフによると、いずれについても短周期側では標準偏差で倍半分程度のばらつきがあることが示されている。

### c 小括

以上の通り、国内観測記録から、地震の種類、地震規模や震央距離、震源深さを限定し、解放基盤上や地震基盤上の記録と比較すると、耐専式のばらつきは標準偏差2倍程度あることが分かる。即ち、耐専式は倍半分程度のばらつきを不可避的に内在しているといえる。

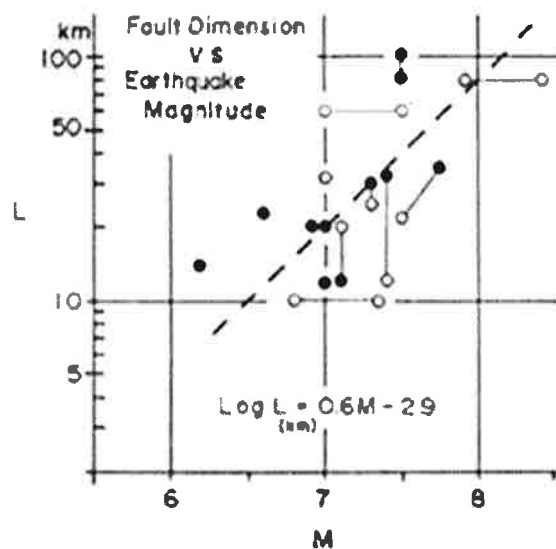
### イ 松田式のばらつき

応答スペクトルに基づく手法を行うに際しては、まず、地震規模の算出を断層の長さから松田式によって行うが、松田式自体大まかな傾向を数式にしたものにすぎず、誤差が大きい。

松田式は、1891年から1970年までに日本国内で発生したマグニ

チュード6. 2以上の14の内陸地殻内地震のデータから導かれた、断層の長さから地震のマグニチュードを推定する経験式である。

下図が、その松田式を示す図である。縦軸が断層の長さであり、横軸がマグニチュードであって、中央の斜め右上がり点線が松田式を示している。○（白丸）は地表地震断層の長さ、●（黒丸）は震源断層の長さによって、各地震観測記録をプロットしたものである（甲B63・「活断層から発生する地震の規模と周期について」270頁Fig.1. (a)）。



この図を見れば、多くの地震観測記録は松田式を示す中央斜め右上がりの点線から外れており、松田式はかなりばらつきのある経験式であることが分かる。近時、最新のデータに従ってマグニチュードの補正がなされているが、それでもM0.2～0.3程度の誤差は残っている。Mが0.2増えるだけで地震エネルギーは約2倍になる。

松田式を導いた松田時彦氏自身、「地下の断層面が地表面に線となってあらわれた長さが、地表地震断層の長さです。地下の断層面はかなり不規則でしょうから、地下の断層面の面積を地表にあらわれた断層の長さで代表させるのは、かなりおおざっぱな話です」（甲B33・岩波新書「活断

層」126頁)と述べており、また地震調査研究推進本部も、松田式について、「断層の長さから求められる地震の規模の推定値には大きな不確実性が含まれると考えられる。このため、松田式を用いて地震規模を設定する際には、少なくとも松田式を導出する際に用いられたデータに含まれるばらつき程度の不確実性が予想される」「将来的には活断層で発生する地震の規模に関しても、不確実性を考慮することが望ましい」と述べている。

## ウ まとめ

以上の通り、応答スペクトルに基づく手法は、地震規模算出に際して松田式を用いる際のばらつき、元データそのもののばらつきがある。原子力発電所においては万が一にも事故は許されないのであり、基準地震動の策定に当たっては、少なくとも評価を2倍程度引き上げる必要がある。

## (5) OS手法に基づく地震動評価の問題点Ⅱ(耐専式排除の疑問)

### ア 耐専式の排除についての疑問

前述したように、被告は、応答スペクトルに基づく手法においては、①③⑤において、耐専式を排除している。

#### a 耐専式の排除の理由

被告は、①③⑤の3ケースについて、耐専式を排除した理由として、震源距離が近く、耐専スペクトルの検証データが少ない範囲であること、及び内陸補正をしてもその他の9つの距離減衰式(Kanno et al. (2006), Zhao et al (2006), 内山・翠川(2006), 片岡ほか(2006), Abrahamson and Silva (2008), Boore and Atkinson (2008), Campbell and Bozorgnia (2008), Chiou and Youngs (2008), Idriss (2008))と大きく乖離することをあげている。

## b 耐専式を適用した場合の加速度

被告の資料上，これらのケースについても耐専式を適用すれば，① 54 km鉛直のケースでは750ガル程度，③ 69 km鉛直では900ガル程度（クリフエッジである855ガルをも超える），⑤ 130 km鉛直のケースでは750ガル程度の応答スペクトルが導かれ，基準地震動650ガルを大きく上回る数値となる。

一方，⑦ 480 km鉛直の場合，等価震源距離が長くなるため，500ガル程度に収まる。

## c 近傍地震と耐専式

震源近傍の観測記録は耐専式のデータベースにはないのは事実である。しかし，阪神淡路大震災以降には，震源近傍の観測記録は多数収集されている。

2009年5月に行われた「『応答スペクトルに基づく地震動評価』に関する専門家との意見交換会」においては，阪神淡路大震災（M7.3）の際の神戸大学観測記録は，断層との距離（等価震源距離ではない。）は僅か0.5 km（等価震源距離にすると16 km）であったが（甲B64「兵庫県南部地震－震源断層，強震動，そして震災の帯－」54頁），耐専式による推定値が観測記録をよく説明するものとされている（甲B65 訳文6頁）。

2000年鳥取県西部地震（M7.3）での震源断層のほぼ直上にある賀祥ダム（等価震源距離6km）での地震観測記録や，トルコ・コジャエリ地震SAKARYA観測点（M8.1，等価震源距離22 km）の観測記録は耐専式の適用結果とかなりよく整合し（甲B61・27頁），台湾集集地震TCU071観測点観測記録も耐専式の適用結果と十分整合する（甲B66（乙136）・10頁）。

【被告が適用性を排除した各ケース】

	Mj	Xeq (km)
54km 鉛直	7.7	14.4
69km 鉛直	7.9	15.5
130km 鉛直	8.1	20.8

【原子力安全委員会の専門家との意見交換会資料に掲載されたケース】

地震名・観測地点	Mj	Xeq (km)
鳥取県西部地震 賀祥ダム	7.3	6
同 伯太	7.3	11
トルコ・コジャエリ地震 SAKARYA	8.1	22
台湾・集集地震 TCU071	7.7	16
サンフェルナンド地震 Pacoima Dam	7.1	8
兵庫県南部地震 神戸大学	7.3	16

このように、被告が耐専式を排除したケースについて震源近傍のデータが不自然に大きいものはない。

**イ 耐専式以外の手法**

**a 地盤条件・種別**

耐専式のデータベースにおける地盤条件・種別は、 $500 \leq V_s \leq 2700$  m/s である ( $V_s$  は地盤における S 波伝播速度)。被告によると、本原発の解放基盤表面における  $V_s$  は 2,600 m/s であるとのことであるから、耐専式のデータベースにおける地盤条件とも整合する。

一方で被告が選択した他の距離減衰式は、元データの地盤条件・種別



が  $V_s = 2000 \text{ m/s}$  程度までのものしかなく、本件原発の解放基盤表面  $V_s = 2600 \text{ m/s}$  に対応するものはない。データの中には、表層 30メートルにおける速度である  $V_s 30$  による補正が可能なものもあるが、これによりどの程度予測の正しさが保障されるのか、不明である。

#### **b アスペリティの位置、南傾斜、NFRD効果の考慮**

耐専式は、等価震源距離というパラメータを用いるため、南傾斜の可能性も考慮できる。また、アスペリティの位置の不確定性や、震源がサイトの近くにあることによって生じるNFRD効果をも反映させることが出来る。

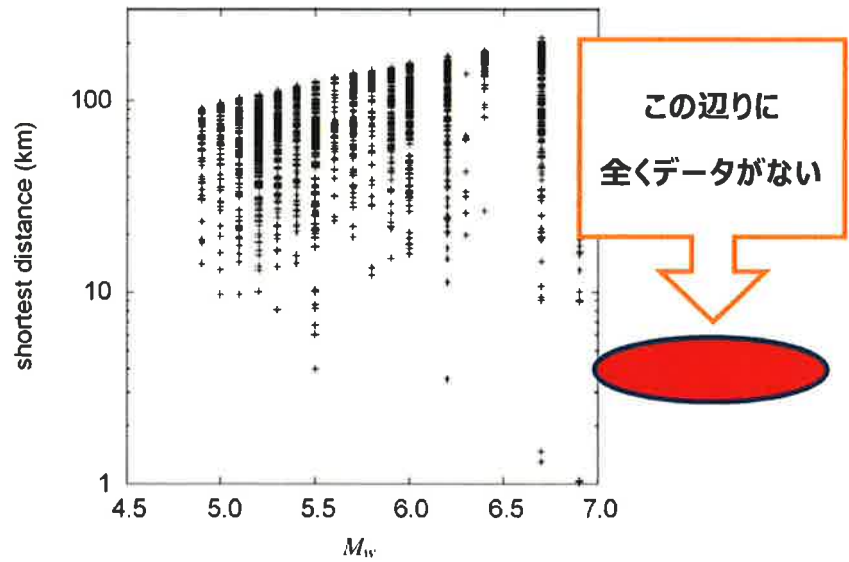
しかし、断層最短距離というパラメータを用いる「その他の距離減衰式」は、南傾斜の可能性も考慮できないし、アスペリティの位置の不確定性やNFRD効果を反映させることができない、という問題がある。

そのため、耐専式以外の距離減衰式は、アスペリティの不確定性、NFRD効果を反映させることができず、過小評価になる可能性がある。

#### **c 被告が選択した耐専式以外の手法も、震源近傍の地震は、データが少ない領域であること**

被告によると、69kmケースは  $M_w = 7.4$ 、断層最短距離  $X_{sh} = 8 \text{ km}$  であり、130kmケースは  $M_w = 7.5$ 、 $X_{sh} = 8 \text{ km}$  という設定になっている（甲B67・平成26年11月7日付け資料1-1「伊方発電所 地震動評価」124、126頁）。

これらの条件は、内山・翠川(2006)のみならず、下記のように、片岡・他(2006)（甲B68）も完全に適用範囲から外れている。



(a) 内陸地震

【甲 B 6 8 ・ 7 4 2 頁】

Kanno et al. (2008)と Zhao et al. (2006)もほとんど条件が整合するデータベースがなく，データがあるとしても数少ない海外のデータだけである（甲 B 6 9 の 1 ・ 「伊方発電所 中央構造線断層帯の地震動評価 1 3 0 k m 北傾斜ケース」）。

平成 2 4 年 6 月 1 9 日に開催された旧原子力安全・保安院の「第 5 回 地震・津波に関する意見聴取会（地震動関係）」において，被告は，Kanno et al. (2008)はデータがなく本来適用できないと述べ，Zhao et al. (2006)も，適用が「ちょっと苦しい」と述べている（甲 B 6 9 の 2 ・ 議事録 3 0 頁）。

そのため，内山・翠川(2006)のみならず，Kanno et al. (2008)と Zhao et al. (2006)片岡・他も適切なデータベース自体があるとはいえない。

#### d Abrahamson and Silva(2008)以下5つの距離減衰式

Abrahamson and Silva(2008)以下5つの距離減衰式は，N G A プロジ

エクトの海外中心の地震データを基に作成されているものである。翠川(2009)によると、NGAプロジェクトのデータベースは、世界各地で発生した地殻内地震による172地震約3500記録であり、そのうち「約50%は1999年台湾・集集地震とその余震による観測記録が占めている。また、M<sub>w</sub>が大きい地震における震源近傍でのデータはカリフォルニア以外の地震(1999年Kocaeli地震, 2002年Denali地震)によるものが大部分を占めている。日本の観測記録は1995年兵庫県南部地震における22記録が含まれるのみである。」(甲B70・S472)という。つまり、NGAのデータベースは、海外のデータが大半である上、数は多くても偏りが大きい。

距離減衰式は経験式であることから、海外の偏ったデータから導かれた距離減衰式を国内のサイトに適用することは慎重でなければならない。

#### e その他の距離減衰式の特徴

上述のように、耐専式以外の距離減衰式においても、震源近傍は、データ自体が少ない領域である。その結果、断層近傍の場合にどのような距離減衰曲線を描くかについては式の作成者のセンスに拠るところが大きくなり、別紙に示す通り、「その他距離減衰式」は軒並み断層距離10km程度から、距離が短くなっても加速度はあまり大きくならず頭打ちになるような線が引かれている。一方、耐専式は断層距離10km程度から距離が短くなっても、加速度が頭打ちになるような式ではない。この点が耐専式と「その他の距離減衰式」の地震動評価が乖離する原因の1つになっている。

しかし、断層距離10km程度から近くなると加速度が頭打ちになると考えることには、科学的に十分な裏づけがあるわけではないから、特

に保守性の確保が重要な原発の耐震設計においてそのような前提を採ることは大いに問題がある。

## ウ 小括

以上の通り、耐専式は、震源近傍の地震にも適用可能である。

一方、耐専式以外の式も、近傍地震のデータ自体は少ないのは耐専式と同様であること、伊方原発の解放基盤表面とは地盤条件が異なり正確な評価ができるのか疑義があること、アスペリティの位置・南傾斜・NFRD効果の考慮ができず、過小評価になる可能性があること、Abrahamson and Silva(2008)以下5つの距離減衰式は、海外のデータが多く、そのまま日本の地震に適用できるか疑問があること、断層距離10km程度から近くなると加速度が頭打ちになるということは科学的には明らかになっていないこと、から、他の距離減衰式の数値は、耐専式を排除できるだけの理由とはなり得ないものである。

よって、①54km鉛直、③69km鉛直、⑤130km鉛直の3ケースについても、耐専式を適用すべきである。

### (6) OS手法に基づく地震動評価の問題点Ⅲ（⑤～⑧の地震規模）

被告は、応答スペクトルに基づく地震動評価において、断層長さ480km及び130kmのケースについては、長さが80km以下になるようにセグメント区分し、セグメント毎に地震規模を算出して合計し、⑤⑥の130kmについては、 $M_w 7.5$  ( $M 8.1$ )、⑦⑧については、 $M_w 7.9$  ( $M 8.5$ )としている（甲B22・69頁、甲B67・127～129頁）（北傾斜の方が断層面積が大きくなるにもかかわらず、単純に断層長さから震源を求めているため、北傾斜と鉛直の地震規模が同じになっている）。

しかし、推本の長期評価「中央構造線断層帯（金剛山地東縁）－伊予灘」の評価（一部改訂）では、断層面上のずれの量を用いて、想定される地震

規模は、「石鎚山脈北縁西部—伊予灘 川上断層—伊予灘西部断層」(L=130km)でMw 7.4—8.0, 「断層帯全体 当麻断層—伊予灘西部断層」(L=360km)でMw 7.9—8.4と算定されている(甲B31・77頁)。ここからしても、130kmケースではMw 7.5, 480kmケースではMw 7.9という被告の想定は、明らかに過小である。

そのため、少なくとも、130kmケースでは、Mw 8.0, 480kmケースでは、8.4 Mw程度を前提として計算がなされるべきである。

#### (7) 結論

以上のように、①③⑤のケースにおいても耐専式の適用は十分に可能であり、応答スペクトルの手法で導きだされた地震動から最低限2倍程度のばらつきは考慮すべきである。それだけで、基準地震動としては、1800ガル程度はなければならないことになる。

### 3 DM手法による中央構造線活断層帯の地震動評価

#### (1) DM手法の概説

DM手法とは、震源域で発生した地震波は地中を伝播しながら敷地に到達するという過程の再現を試みる手法である。即ち、まず震源断層面を設定し、その断層面を多数の小区画に分割するとともに、その震源断層面にアスペリティを配置し、ある一点から開始した破壊が次々と隣接する小区画に伝播し、この小区画ごとに発生した地震動を重ね合わせて対象地点の地震動を算出する。

震源断層の地震規模の設定にはスケーリング則が、伝播による減衰にはグリーン関数や、理論的手法と半経験的手法(グリーン関数)を併用したハイブリッド合成法が使用される。

スケーリング則は相似則ともいわれ、「地震の規模と各種パラメータの大きさは相関関係を持つ」という法則である。過去の地震等から得られる地震

動のデータから導かれる。このスケーリング則を用いて、①断層長 $L$ ，断層幅 $W$ ，断層面積 $S$ ，②応力降下量（平均応力降下量 $\Delta\sigma$ 及びアスペリティ応力降下量 $\Delta\sigma_a$ ）と地震モーメント $M_0$ ，③アスペリティ面積 $S_{asp}$ ，④背景領域のパラメータ，⑤短周期レベル $A$ 等の各種パラメータが設定される。スケーリング則には「壇ほか（2011）による手法」，「Fuji and Matsu'uraの手法」，「入倉・三宅の手法」（以下，順に「壇他」，「F&M」，「入倉他」という）等がある。

グリーン関数には，近くで発生した適当な規模の地震があるときには，その伝播特性をそのまま断層の小区画にあてはめる経験的グリーン関数と，そのような地震動データがない場合に，多数の観測記録の平均的特性をもつ波形を要素波とする統計的グリーン関数がある（両者を含め「半経験的手法」と呼ばれる。）。

また，長周期を理論的手法（地震波の伝播特性と表層地盤の増幅特性を弾性波動論により計算する方法）で計算し，短周期を半経験的手法で評価するハイブリッド法がある。

## (2) 被告の地震動評価

### ア 基本震源モデル等

被告は，本件において，基本震源モデルとして，①断層長さ約480km，②断層長さ約130km，③断層長さ約54kmを採用し，パラメータを設定するためのスケーリング則としては，基本的には「壇他」を用いるとともに，480km，130kmについては「F&M」，54kmについては「入倉他」でも評価をしている。また，グリーン関数については，要素地震として2001年3月26日の安芸灘沖地震を選定した上，発生位置の補正，媒質の補正（スラブ内地震と内陸地殻内地震の補正）をした経験的グリーン関数を統計的グリーン関数と比較した上で，経験的グリーン関数を採用

している。

## イ パラメータの設定

DM手法で地震動を評価する場合、評価するうえでの基本的な要因・要素（パラメータ）を設定する必要がある。例えば、断層面積を評価の出発点とするDM手法においては、断層の長さや断層の幅は重要なパラメータとなる。主なパラメータを挙げると、断層長さ、断層幅、断層面積、剛性率、S波速度、破壊伝播速度、地震モーメント、平均滑り量、平均動的応力低下量、短周期レベル、アスペリティ（地震モーメント、面積、平均滑り量、動的応力低下量、短周期レベル）などである。

これらのパラメータを設定するスケーリング則として、上記の通り「壇他」、「F & M」、「入倉他」が使われている。当然、内容を異にし、いずれも欠陥を内包している。纏纏をして「三重苦」（①複雑系の問題で理論的に予測することが原理的に不可能、②実験が出来ない、③過去に学ぶべきデータが少ない）と言わしめた困難が最もよく現れる場面の一つである。

### (3) DM手法に基づく地震動評価の問題点 I (ばらつきの存在)

DM手法に基づく地震動評価の第1の問題点は、評価のばらつきである。

#### ア スケーリング則のばらつき

前述のように被告は、「壇他」、「F & M」、「入倉他」を用いている。これらのスケーリング則は、いずれも、震源断層の面積と地震モーメントとの関係や、地震モーメントと短周期レベルとの関係など、主要な部分に経験式が用いられているが、それらの経験式は過去の観測データの回帰により求められている。

当然、元になった過去の観測データ自体には、大きなばらつきが存在していることから、スケーリング則にもばらつきは必然的に内在する。

## イ グリーン関数について

被告は、中央構造線断層帯から発生する内陸地殻内地震とはまったく性質が異なる、スラブ内地震1つだけを要素地震として採用しているが、もともと距離も性質も異なる地震によって、適正に減衰できているのか疑義がある。

## ウ まとめ

以上の通り、DM手法は、スケーリング則の元データのばらつきがあり、グリーン関数の適正さに問題が生じる。

### (4) DM手法に基づく地震動評価の問題点Ⅱ（「壇他」の問題点）

#### ア アスペリティ応力降下量（短周期レベル）と地震動評価

DM手法に基づく地震動評価においては、前述したようにOS手法に比較しても多くのパラメータを設定する。これらのパラメータはいずれも地震動評価に必要なものであるが、これに与える影響の程度という点では、各パラメータにより大きな違いがある。

このような観点で見るとき、地震動評価に最も大きな影響を与えるパラメータに属するという意味で、アスペリティ応力降下量（短周期レベル）は極めて重要である（甲B71・24頁）。地震動ガイドI.3.3.3(2)①1は、「特に、アスペリティの位置・応力降下量や破壊開始点の設定等が重要」と注意している。これが5号規則の解釈別記2第4条5項二⑤のいう「地震動評価に大きな影響を与えると考えられる支配的なパラメータ」に該当することは疑いない。

上記は、壇他に限らず、総べてのDM手法に共通している。

#### イ 「壇他」の手法

パラメータは、過去の地震データから帰納的に導かれる経験式に想定する地震動等のデータを入力して算出・設定するのが基本的手法である。従



って、経験式の常として、その元になるデータの持つ意味は極めて大きい。壇他の場合は、日本の9地震と海外の13地震のデータ（甲B72・2045頁表1）等の統計に基づいて作られている。

壇他は、上記経験式により、平均的応力降下量を一律34 bar, アスペリティ応力降下量を一律122 barと固定した上で、パラメータを設定しているのが特徴である。<sup>3</sup>

## ウ 壇他に対する批判①（データの内容等）

壇他に対する第1の批判はデータにある。

### a 海外のデータ

日本における内陸地殻内地震と海外（特に北米大陸）の内陸地殻内地震とでは、その性質に差異がある。従前より、サマビルは「日本と北西アメリカの地殻内地震では、明らかな違いがある」と述べたうえで「同じ地震モーメントに対して、アスペリティで占められている面積はほぼ等しいが、日本の地震の破壊面積は小さく、平均すべり量は大きい」等と指摘している（甲B73・「地震断層のすべり変位量の空間分布の検討」）。武村雅之も「（日本のデータが1割程度しか含まれていない）Wells and Coppersmith(1994)が求めた断層パラメータ間の関係は日本列島の地殻内地震には適用できないようである」と述べている（甲B74・「日本列島における地殻内地震のスケーリング則」）。

「壇他」の共著者の1人である入江紀嘉の学位論文「動力学的断層破壊シミュレーションを用いた内陸横ずれ断層の強震動予測のための震源特性に関する研究」（入江(2014)）にも、「本来、日本で発生する地震の断層パラメータを想定するには、日本の地震データのみを用いるべきである」（甲B75・4-66）と記載されている。

---

<sup>3</sup> bar, MPa は圧力・応力の単位であり  $1 \text{ MPa} = 10 \text{ bar}$  である。1 Pa は、1 平方メートルの面積につき、1 ニュートンの力が作用する圧力または応力と定義されている。

## b 未検証であること

「壇他」を初めとする長大な横ずれ断層に対する強震動評価の現時点での体系は、仮定が多く、実際の強震記録によって検証されていない。即ち、日本では、内陸の長大断層から発生した地震による強震記録が得られていない(1891年の濃尾地震でさえ断層の長さが「長大な断層」とまでは言えない上、震源付近での記録が得られていない)。「壇他」あるいは「F & M」のモデルによって正しく長大断層についての地震動予測を行うことができるのか、未だ検証されていない。特に、強震動評価結果に大きな影響を及ぼす応力降下量等の微視的震源パラメータの設定方法については、長大断層についてはなんらの検証も経ていない。

## エ 壇他に対する批判②(応力降下量)

批判の第2は、平均応力降下量・アスペリティ応力降下量の設定にある。上述の通り、これは地震動評価に重大な影響を与えるパラメータである。

### a 応力降下量

応力降下量とは、地震によってそれまで溜まっていた断層面の応力(歪み)が解放された量であり、平均応力降下量とは、面積あたりの歪みの解放量、アスペリティ応力降下量は、アスペリティの面積あたりの歪みの解放量を指す。

そして、アスペリティ応力降下量( $\Delta \sigma_a$ )と平均応力降下量( $\Delta \sigma$ )の関係は、壇他を含み一般的に次の式で表される。

$$\Delta \sigma_a = (S / S_a) \Delta \sigma$$

( $S$ は断層全体の面積、 $S_a$ はアスペリティの総面積)

ここで注意すべきは、アスペリティ応力降下量( $\Delta \sigma_a$ )は、断層全体の面積が大きくなれば、それに応じて大きくなるが、アスペリティの場合、総面積が小さくなると、アスペリティ応力降下量が大きくなる

ことである。

## b 日本の地震に対応する平均応力低下量の設定

「壇他」に引用されている Irie et al. (2010)では、 $W_{max}$  (断幅) = 15 kmと仮定してシミュレーションにより各地震の平均動的応力低下量が算出されている。平均動的応力低下量 $\Delta\sigma^{\#}$ と震源断層面積 $S$ および地震モーメント $M_0$ との間には、以下のような関係式(19)が得られている(甲B75・4-62も参照)。

$$\begin{cases} \Delta\sigma^{\#} = c \frac{M_0}{SW_{max}} \\ c = 0.5 + 2 \exp[-L/W_{max}] \end{cases} \quad (19)$$

つまり、平均動的応力低下量と $W_{max}$ は反比例する関係にある。

「壇他」で用いられている $W = (15/18)W_{rup}$ という関係式から導出すると、国内9地震の平均断層幅は12 kmとなる。また、本件原発の「480 km・90度」の基本ケースの平均断層幅12.2 kmである。

もし、 $W_{max} = 12$  kmとすると、平均動的応力低下量と $W_{max}$ は反比例する関係にあるから、平均応力低下量は43 barとしなければ壇他(2011)のスケーリング則と矛盾することとなる。従って、平均応力低下量は、43 barと設定すべきである。

## c アスペリティ応力低下量

上述のアスペリティ応力低下量( $\Delta\sigma_a$ )と平均応力低下量( $\Delta\sigma$ )の関係式 $\Delta\sigma_a = (S/S_a)\Delta\sigma$ から、総断層面積に対するアスペリティ面積の比率( $S_a/S$ )は、 $\Delta\sigma/\Delta\sigma_a$ で求めることができる。

アスペリティ応力低下量122 bar (12.2 MPa)、平均応力低下量34 bar (3.4 MPa)とすると、アスペリティ面積の比率

は、 $\Delta\sigma / \Delta\sigma_a = 34 / 122 \div 27.9\%$ となる。しかし、このアスペリティ面積比率27.9%は、推本の平均22%、あるいは、宮腰・ほか(2001)の15~27%と比較して明らかに大きい(→推本を証拠・11頁)。

国内地震用の平均動的応力降下量4.3MPaとアスペリティ面積比22%を採用すると、アスペリティ動的応力降下量 $\Delta\sigma_a = 4.3 / 1.22 = 19.5\text{MPa}$ となる。原発の基準地震動の評価に当たっては、基本ケースとして少なくともこの程度の値を考えるべきである。しかるに、被告は壇他により12.2MPaを採用している。

#### オ 壇他に対する批判③(平均すべり量)

「壇他」では、平均すべり量も明らかに低く見積もられている。この結果、地震モーメントに対する評価が過小になる。

「壇他」では、長大断層について平均すべり量はほぼ300cmで一定になる旨の結論を導くことになっており、本件では、2.62メートル程度しか考慮がされていない(甲B72・2048頁)。しかし、平均すべり量は、断層が連動しても変わらないという考え方と、断層の連動が長くなれば大きくなるという考え方があり、中央構造線活断層帯がそのどちらなのかは明確ではない(甲B26)。どちらの見解もあり得る以上は、認識論的不確定性の問題として、より大きな地震動評価をもたらす方法が採用されなければならない。

推本では当麻断層-伊予灘西部断層における最大の想定として、ずれの量をすべての区間で7mと仮定し、各区間において地震モーメントを算出している(甲B31・78頁)。原発の耐震設計においては最低限、この推本の評価を用いるべきである。

地震モーメントの過小評価は、地震動の過小評価にも繋がるものである。

## カ 小括

以上のように、「壇他」については、海外のデータが多く含まれていること、長大断層につき検証を経ていないこと、アスペリティ応力降下量が過小になっていること、平均滑り量を300cmで固定するためモーメントが過小になるといった問題がある。

### (5) 問題点Ⅲ（F & Mの問題点）

#### ア 応力降下量の過小評価

「F & M」を適用する際、被告は平均応力降下量を3.1MPa、アスペリティ応力降下量を14.4MPaを固定するスケーリング則を用いている。

しかし、その数値は $W = 15 \text{ km}$ と設定する等、いくつかの不適切な条件下で導出された値であり、国内9地震の平均断層幅12.0kmとも、本件原発の「480km・90度」の基本ケースの平均断層幅12.2kmとも異なっている。この為、平均応力降下量の過小評価の問題が生ずるのは、「壇他」と同様である。

#### イ 長大断層については検証を経ていないこと

F & Mについても、長大断層について、十分な検証を経ておらず、その信頼性は確認されていないという点は、壇他の場合と同様である。

### (6) 問題点Ⅳ（「入倉他」過小評価のおそれ）

#### ア 「入倉他」の特徴

被告は、54kmケースから発生する地震規模を評価するに当たって「入倉他」の式も用いている。

「入倉他」は、内陸地殻内地震においては、地震発生層の深さに限界があり、ある程度の長さ以上の断層になると、断層幅 $W$ はある上限値で頭打

ちになることから、 $M_0 = 7.5 \times 10^7 \text{ Nm}^4$ を境にして（概ね $M_w = 6.5$ 以上）、断層面積と $M_0$ の関係を

$$S = 4.24 \times 10^{-11} \times (M_0 \times 10^7)^{1/2}$$

とするのが特徴である。

## イ 「入倉他」が過小評価である旨の指摘

### a 島崎邦彦氏の指摘

#### i 島崎氏の過小評価の指摘

この式については、島崎邦彦・前規制委員会委員長代理が、平成27年5月の日本地球惑星科学連合大会（甲B76）、同年10月の日本地震学会秋季大会（甲B77）、同年11月の日本活断層学会（甲B78）、及び翌平成28年5月の日本地球惑星科学連合大会（甲B79）において、繰り返し地震規模を過小評価するおそれがある旨指摘している（なお島崎氏は平成26年10月の活断層学会秋季学術大会の学会賞受賞記念講演でも同じテーマを扱っている（甲B80）。

#### ii 他の式との比較

島崎氏は、活断層長 $L$ （km）と地震モーメント $M_0$ （Nm）との代表的な以下の4つの関係式について、わかりやすさを重視して以下のように表した。

---

<sup>4</sup>Nm は、「ある定点から1メートル隔たった点にその定点に向かって直角方向に1ニュートンの力を加えたときのその定点のまわりの力のモーメント」と定義される。1ニュートンとは、1キログラムの質量を持つ物体に1メートル毎秒毎秒（ $\text{m/s}^2$ ）の加速度を生じさせる力。

- (1)  $M_0 = 4.37 \times 10^{10} \times L^2$  (武村, 1998) 右図のT
- (2)  $M_0 = 3.80 \times 10^{10} \times L^2$  (Yamanaka & Shimazaki, 1990) 右図のYS
- (3)  $M_0 = 3.35 \times 10^{10} \times L^{1.95}$  (地震調査委, 2006) 右図のERC
- (4)  $M_0 = 1.09 \times 10^{10} \times L^2$  (入倉・三宅, 2001で、厚さ14kmの地震発生層中の垂直な断層を仮定した場合) 右図のIM

【甲B78・活断層の長さから推定される地震モーメント：

日本海『最大』クラスの津波断層モデルについて】

上記(1)から(4)を比較するだけで、(4)の「入倉他」の式は、他の式に比べて、地震モーメントを概ね1/3以下に評価していることが分かる。

### iii 観測値と比較しても過小評価の傾向が強いこと

実際の観測値との比較をしても、「入倉他」の式は過小評価の傾向が強い。

島崎氏は、上記(1)から(4)式に日本の陸域およびその周辺の7つの地殻内地震(マグニチュード7程度以上)につき、その活断層の長さを当てはめてそれぞれの地震モーメントを求め、観測値(OBS)と比較した。それが後記の表である。後記の表のうち、グレーに塗られた部分は、概ね地震規模の予測に成功したケースである。

「入倉他」以外の3つの式は、過半数のケースで概ね地震規模の予測に成功しているが、「入倉他」による推定値(IM)では、1つも地震規模の予測に成功できておらず、地震規模を過小評価する傾向が強い。

	OBS	T	YS	ERC	IM
1891	180	210	180	130	52
1930	27	32	28	21	7.9
2011	11	17	14	11	5.5
1927	46	48	41	19	12
1943	36	39	34	18	9.8
1945	10	19	17	9	19
1995	24	45	39	20	11

地震モーメント実測値と推定値(単位 $10^{18}\text{Nm}$ )

OBS:観測値、T:(1)式、YS:(2)式、ERC:(3)式、IM:(4)式。ただし三河地震では傾斜角を30度とし、福島県浜通りの地震では傾斜角を60度とし、(4)式の係数を傾斜角に応じて変えた。

【甲B78 活断層の長さから推定される地震モーメント】

#### iv 熊本地震の解析

島崎氏は平成28年(2016年)4月16日熊本地震(M7.3)のデータを用いて検討を進め、「入倉他」の式による地震モーメントの推定値は $1.37 \times 10^{19}\text{Nm}$ である一方、実測値は $4.66 \times 10^{19}\text{Nm}$ であり推定値の3.4倍(推定値/実測値は約0.29倍)であることを示した(甲B81・「最大クラスではない日本海『最大クラス』の津波」)。レシピに規定されている壇ほか(2001)では、短周期レベルは地震モーメントの1/3乗に比例する関係にあるため、「入倉他」による推定値の3.4倍であれば、実際の短周期レベルは50%増しとなる。

#### v 島崎氏による結論

結論として、島崎氏は、日本列島の垂直、あるいは垂直に近い断層で発生する大地震の地震モーメントの推定には、「入倉他」の式を用いてはならない、と断じている。



## b 中央防災会議の取扱い

平成18年の中央防災会議第26回「東南海、南海地震等に関する専門調査会」においても、「入倉他」を用いた場合、地震規模を過小評価するおそれがあることが既に示唆されている（甲B82・「2 断層のモデル化」2-6, 甲B83・「伊方原子力発電所の耐震安全性は保証されていない」13頁も参照）。

「東南海、南海地震等に関する専門調査会」は、国内の主要活断層に対して、将来起こりうる地震の規模を推定するため各種関係式を適用し、比較したところ、以下のように「入倉他」（下記■ Irikura et al.）が他の式よりも地震規模（モーメントマグニチュード）を小さく評価する傾向が顕著であるため、松田式をベースにした評価式（下記◆「本調査会」）を使用している。

このように、中央防災会議の「東南海、南海地震等に関する専門調査会」も、「入倉他」によって地震規模を推定した場合、過小評価のおそれがあるということを事実上認めたといえる。

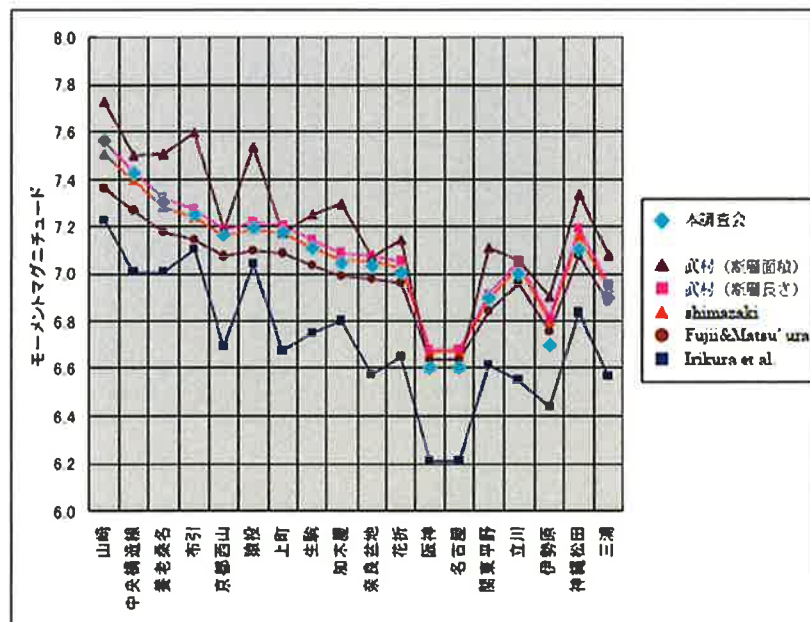


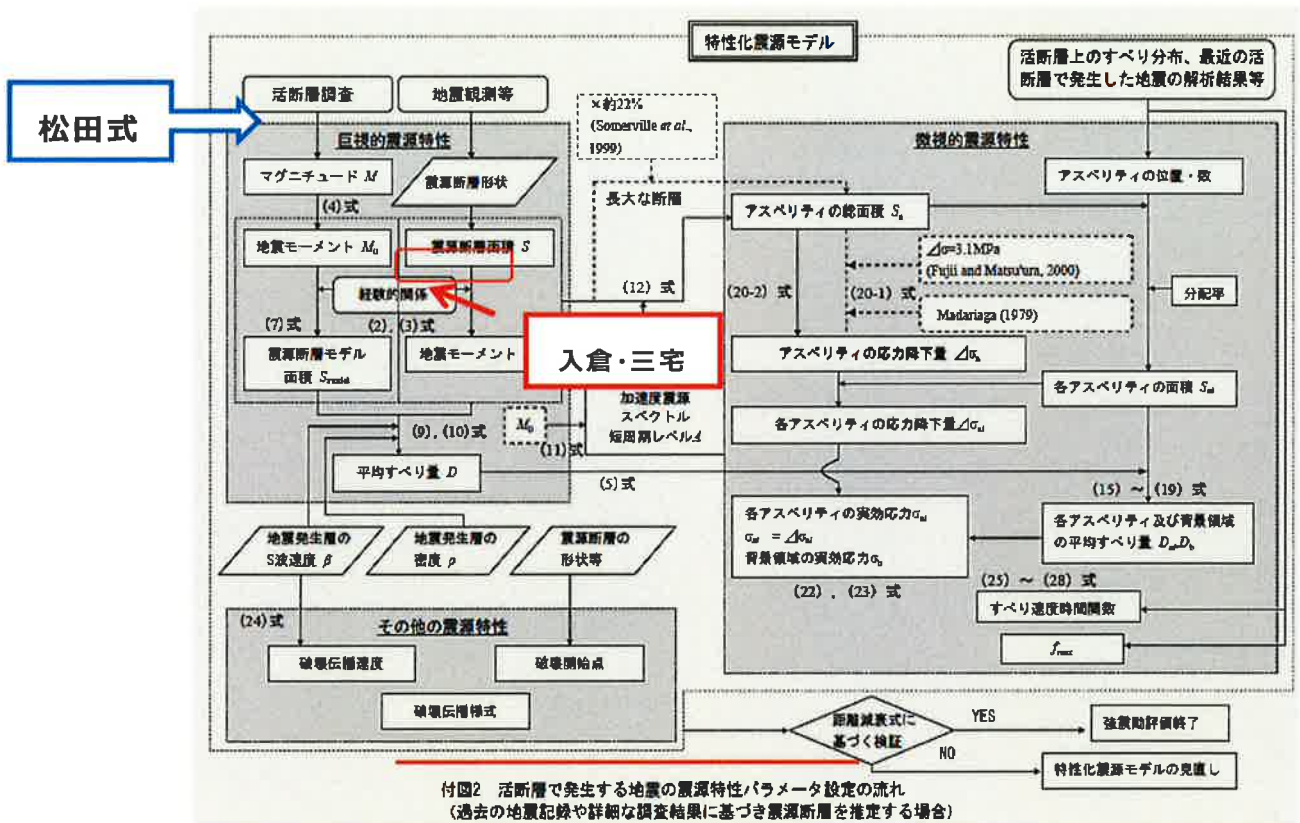
図 2.3.2 各式で計算されたモーメントマグニチュード

c 推本の取扱い

i 推本における地震規模算出方法の記載

推本のレシピにおいては、平成17年3月に公表された際には、「入倉他」が地震規模を求める唯一の式として記載されていた。

その後、平成20年4月11日に「レシピ」が改訂された（これを「修正レシピ」という。）が、その際、地震規模を求める式としては、「入倉他」と並んで松田式（1975）が記載されている（下記「付図2 活断層で発生する地震の震源パラメータ設定の流れ（過去の地震記録や詳細な調査結果に基づき震源断層を推定する場合）」（甲B84・41頁）参照）。



【甲B84 レシピ41頁】

## ii 強震動評価の際に用いられている地震規模算出方法

平成17年7月19日、「中央構造線断層帯（金剛山地東縁－和泉山脈南縁）の地震を想定した強震動評価」が公表されているが、その際の地震規模の想定には「入倉他」のみが用いられていた（甲B85本文5頁，説明3頁）。

「修正レシピ」が公表された平成20年4月11日には「警固断層帯（南東部）の地震を想定した強震動評価について」（甲B86）が公表されたが、そこでは地震規模の算出には、松田式が用いられている。特に、その説明の「6.1 問題点とその対応策」（15頁）には、強震動評価においては、従前は「入倉他」から地震モーメントを求め、 $M$ を求める一方、長期評価においては、地表地震断層の長さ $L$ と $M$ の関係から $M$ を求めていたため、必ずしも同じ値になっていなかったが、ここでは、長期評価で設定されている $M$ を固定パラメーターとする（すなわち松田式等断層長によって地震規模を算出する方法を用いる）趣旨の説明がなされている。

そして、この時以降、推本において、「入倉他」は、活断層の情報から地震規模を求める際には用いられなくなっている。例えば、平成23年2月18日付け「中央構造線断層帯（金剛山地東縁－伊予灘）の長期評価（一部改訂）について」では、同じ範囲の活断層から発生する地震の規模の想定には、「入倉他」は使われず、松田式と Kanamori (1977) が使われている（甲B31・77頁）。

以上のように、推本も、レシピが作成された当初は「入倉他」を使用した実績があるものの、レシピ修正以降は、敢えてこれを使わないという選択をしている。

### iii 小括

以上のように、推本においては、平成17年3月にレシピが公表された際には、「入倉他」が地震規模を求める唯一の式として記載されていたものの、平成20年の修正レシピには、「入倉他」と並んで松田式(1975)が地震規模を求める式として記載された。修正レシピ以降、推本は、地震規模の算出に際して松田式を用い、敢えて「入倉他」を用いないという選択をしていることから、活断層の情報から地震規模を想定するに際しては、「入倉他」は計算結果があわず、松田式等の方が妥当と判断した、といえる。

#### d 松田式で計算した場合の地震動評価

長沢啓行・大阪府立大学名誉教授によると、54km基本ケース(鉛直)に松田式によって地震規模を算出する「修正レシピ」及び「F&M」を採用しない「修正レシピ」を用いると、地震モーメントは約2.0倍、短周期レベルは約1.2倍になり、応力降下量も「F&M」の「 $\Delta\sigma=3.1\text{MPa}$ ,  $\Delta\sigma_a=14.4\text{MPa}$ 」から約2.2倍の「 $\Delta\sigma=7.0\text{MPa}$ ,  $\Delta\sigma_a=31.9\text{MPa}$ 」(断層面積を変えない場合)または約1.6倍の「 $\Delta\sigma=5.0\text{MPa}$ ,  $\Delta\sigma_a=22.5\text{MPa}$ 」(修正レシピで断層面積を変えた場合)と大きくなる、とのことである。応力降下量が1.6倍になれば地震動も概ね1.6倍に引き上げられる効果がある(もちろん、最終的な地震動の算定には、短周期レベルの増減やアスペリティ面積増大の効果等も加わるため、数値はある程度上下する)。

被告による「入倉他」を用いた地震動評価(54km, 鉛直のケース)は元々基準地震動 $S_s-2-7$ (南北方向458ガル)として採用されていたから、これを1.6倍すると約730ガルになり、基準地震動 $S_s-1$ (水平方向650ガル)をかなり超えることになる。

さらに、被告は「断層モデル」において元々69km・鉛直のケースを解析していたが、最終的には130kmケースに包含されるとみなし解析しなくなった。これを「修正レシピ」に計算すると、申請時の2倍以上の地震動評価結果となる可能性があり、地震動評価は900ガル程度の数値になる（伊方原発のクリフエッジ855ガルを超える）可能性がある。これは、69km・鉛直ケースについて耐専式に適用した「NRFD+内陸補正なし」の評価と同等の数値である（甲B67・124頁）から、特に過大評価という程のものではない。

#### e 小括

以上のように、島崎氏の指摘の通り、地震発生層が比較的薄いところにある高角の活断層については、「入倉他」は過小評価の傾向が強い。漫然と「入倉他」の式で算出した地震規模は、「最大潜在マグニチュード」と言えないのは勿論、予測される地震規模の平均すら大きく下回るおそれが強い。

修正レシピで地震規模を松田式に基づいて地震動を計算すると、54km鉛直ケースで730ガル程度の数値となり、69km・鉛直ケースでは900ガル程度の数値となる可能性がある。

よって、54km・鉛直のケースでは、「入倉他」の式だけでなく松田式等他の式をも用いた地震規模の想定を行い、いずれか大きい方を採用して地震動を算出し、更にそこからばらつきを考慮するという方式を採用しなければ、保守性に欠けることは明らかである。断層モデルに基づく手法で「入倉他」を用いた被告の評価は妥当とは言えない。

### (7) DM手法の問題点V（不確かさの考慮）

#### ア 不確かさの考慮

基準の解釈においては、基準地震動の策定過程に伴う各種不確かさ（震

源断層の長さ，地震発生層の上端深さ・下端深さ，断層傾斜角，アスペリティの位置・大きさ，応力降下量，破壊開始地点等の不確かさ，並びにそれらに係る考え方の解釈の違いによる不確かさ）については，敷地における地震動評価に大きな影響を与えると考えられる支配的なパラメーターについて分析した上で，必要に応じて不確かさを組み合わせるなどの適切な手法を用いて考慮する旨定めている。

そして，被告においては，基本ケースのほかに①傾斜角，②アスペリティ位置，③破壊伝搬速度，④応力降下量，の4つの要素を単独で考慮している。しかし，以下述べる通り，被告の不確かさの考慮は不十分である。

## イ アスペリティ応力降下量

### a スケーリング則に基づく評価

前述のように，スケーリング則（「壇他」「F&M」「入倉他」）によってアスペリティ応力降下量が算出されるが，スケーリング則は，平均値を定めるものである。被告が用いたスケーリング則によってアスペリティ応力降下量が過小評価となっており，12.2MPaや14.4MPaではなく，最低限19.5MPaないし22.5MPa程度の数値で地震動を評価すべきであるのは，前述の通りであるが，この数値も，平均値にすぎないため，不確かさの考慮としては，この数値を基礎として更に大きな数値を考慮する必要がある。

### b 被告の設定

被告は，アスペリティ応力降下量の不確かさ考慮について，1.5倍若しくは20MPaのいずれか大きい方という基準を用いている。前述のように被告が基本的手法としている「壇他」は，アスペリティ動的応力降下量を12.2MPaとしているため（そのような評価自体が過小であるのは前述の通りである），「壇他」を用いているときは，不確かさを考

慮するケースでは、いずれもアスペリティ応力降下量は20MPaとし、「F&M」を用いているときは、アスペリティ応力降下量が14.4MPaであるため、その1.5倍の21.6MPaとして、地震動を算出している。

### c 20MPaの根拠は不明であること

しかし、アスペリティ応力降下量20MPaが「合理的に予測される最大」と言えるのかについて、被告提出の書面からは明らかではない。そして、1.5倍若しくは20MPaのいずれか大きい方という基準自体、一般的なコンセンサスがあるものではない。

地震ガイドには、「アスペリティ応力降下量（短周期レベル）については、新潟県中越沖地震を踏まえて設定されていることを確認する」とある。

藤原広行氏は、「地震・津波に関する意見聴取会」において、新潟県中越沖地震の経験を踏まえ、特に平均値が定まらない長大な断層については、1.5倍若しくは25MPaのいずれか大きいほうを採用するという重要な考え方を提案している。これに対する反対意見というのは特に見当たらない。

藤原氏のみならず、少なくとも野津厚氏、釜江克宏氏、入倉孝次郎氏といった強震動の専門家は、現状のアスペリティ応力降下量（短周期レベル）の不確かさの考慮には何らかの形で懸念を示している。

### d 近時の地震観測

近時の地震でも、アスペリティ応力降下量が20MPaを超える例はまったく珍しくない。アスペリティないしそれとほぼ同意義のSMGA（強震動生成域）の応力降下量が20MPa以上になった近年の内陸地殻内地震は相当数存在し、断層のタイプ（逆断層か横ずれか）によってほとん

ど差異がないことが示されている。この点からしても、1.5倍若しくは20MPaのいずれか大きい方という基準では、「合理的に予測される最大の地震動」にならないことは明らかである。

#### e 小括

よって、不確かさの考慮としては、基本ケースの1.5倍又は25MPaという数値を取るべきであり、基本ケースのアスペリティ応力降下量を約20MPaとすべきであるとすると、不確かさの考慮としては、30MPa程度を前提に地震動を算出すべきである。

#### ウ アスペリティの位置

被告は、480km等の長大な断層のケースにおいて、アスペリティ(SMGA)の配置を区分したセグメントごとにほぼ均一に配置したケースしか取り上げていないが、実際の長大な震源断層ではむしろほとんどの場合、なんらかの片寄りがあることが多い。

アスペリティの位置を地震発生前に確定させることは極めて困難であるため、原子力発電所のような重要施設の基準地震動の策定においては、アスペリティを断層面の発電所に近い部分に偏在させたケースは当然考慮すべきである。だが被告においてはこの検討が極めて不十分であり、地震動の過小評価につながっている。

#### エ 重畳考慮をしていないこと

被告の行っている「不確かさの考慮」は、傾斜角が鉛直である基本ケースを前提に、①傾斜角、②アスペリティ位置、③破壊伝搬速度、④応力降下量の4つの要素をそれぞれ単独で組み合わせた計算しか行っていない。

例えば、南傾斜80度(①)でありかつアスペリティ位置が原発に近い(②)というような想定はしていない。伊方原発にとって不利なパラメーターを複数同時に考慮しなくていいという科学的根拠は何もないにもか



かわらず、パラメーターを単独でしか考慮した計算しかしていないのは、不十分である。

原発事故の深刻さからすれば、上記4つの不確かさのすべてについて、安全サイドに立脚した厳しい数値を前提に、地震動の計算をすべきである。

## オ 小括

以上のように、不確かさの考慮においても、アスペリティ応力降下量の考慮が不十分なこと、アスペリティの配置に問題があること、不確かさのケースの重畳考慮がなされていない、という問題があり、それが地震動の過小評価に繋がっている。

## (8) 結論

以上のように、DM手法に基づく地震動評価については、スケーリング則のばらつきがあること、グリーン関数による距離減衰の正確性に疑問があること、被告が用いているスケーリング則はいずれも過小評価の可能性が高いこと、不確かさの考慮が不十分である、といった問題がある。

推本等で行われている手法で評価すると、700～900ガル程度の数値は算出され、その他不確かさ・ばらつき等を考慮すると、その倍程度の数字は出てもおかしくはない。

よって、被告の断層モデルに基づく地震動評価も明らかに過小である。

## 第4 震源を特定せず策定する地震動

### 1 「震源を特定せず策定する地震動」の意義

#### (1) 「震源を特定せず策定する地震動」の趣旨

5号規則の解釈別記2第4条5項は「震源を特定せず策定する地震動」の策定を求める（乙67・126頁以下）。これは、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、現在の科学では内陸地殻内地震の発生を

正確に予測することは不可能であることを認め、全ての原発敷地における申請に共通的に考慮すべき地震動として、「震源を特定して策定する地震動」とは別個に策定を義務づけられたものである（乙44・2頁、審査ガイド1.3(6)）。判り易く言えば、「震源を特定せず策定する地震動」とは、敷地直下に潜んでいるかもしれない断層によって発生し得る地震による地震動ということである。

## (2) 検討対象用地震の選定

上記地震動を策定するため、基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド（平成25年6月19日 原管地発第1306192。以下、単に「審査ガイド」という。乙44）4.2.1(2)は、「震源を特定せず策定する地震動」の検討対象地震として、「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」（以下、「(2)型地震」という）の適切な選定を、さらに、同(3)は「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」（以下、「(3)型地震」という）についても必要に応じた選定を求めている。

さらに審査ガイド4.2.1解説は、(2)型地震については「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わ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（Mw6.5未満の地震））であり震源近傍において強震動が観測された地震を対象とする」と、(3)型地震については「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、地表面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））であり、孤立した長さの短い活断層による地震が相当する」と説明している。要するに、ここではMw6.5が一つの基準となっている。

### (3) 審査ガイドの規定自体の不合理性

現：東北大学教授（地震地質学）遠田晋次は、「地表に明瞭な地震断層を伴わない、もしくは震源断層との対応関係が不明確な地震断層を伴うM7前後の内陸被害地震の続発・・・（2000年鳥取県西部：M7.3，2004年新潟県中越：M6.8，2005年福岡県北西沖：M7.0，2007年能登半島：M6.9，2007年新潟県中越沖：M6.8，2008年岩手・宮城内陸地震：M7.2）・・・」している状況下で、その原因を明確にするため、2007年、「内陸地震のマグニチュードと地表地震断層の出現率との関係」を再検討した。解析対象としたのは、1923年以降に発生したM6.5以上の内陸地殻内地震30個（震源域が陸域にない地震は除く）である。その結果、M6.5以上で震源断層と対応する（地表）地震断層が生じたのは僅かに5個（出現率17%）、M7.0以上でもその出現率は44%であった。

上記では、「(2)型地震」と「(3)型地震」が分けられていないが、M6.5以上の「(2)型地震」が存在すること、さらにM7.0以上の「(2)型地震」が存在することもほとんど確実である。遠田は「つまり、(地表)地震断層を基に地震発生事象を推定するならば、M6.5以上では6個に5個、M7.0以上では2個に1個もの見落としが生じる」と危惧し、「活断層の未発見の領域でも現実の問題としてM7.0前後までの内陸地震を考慮しなければならないことになる」と結んでいる（以上、甲B87・307頁）。

遠田の指摘するM7.0が合理的であるか否かはここでは論じないが、原発施設の安全性を考えるうえで、審査ガイドの規定自体は、十分に保守的で周辺住民の安全性を保障するには足りず、そこに合理性はないというべきである。

## 2 被告の地震動評価

被告の「震源を特定せず策定する地震動」評価を以下に検討する（以下、答弁書 p 168～174）。

### (1) 被告が検討した地震

被告が観測記録の収集対象として検討した地震は、審査ガイド（乙44の8頁）で例示する表-1記載の16個の地震である。

表-1 収集対象となる内陸地殻内の地震の例

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

### (2) (2)型地震(審査ガイド4.2.1(2))

被告は、(2)型地震として、上記表-1のNo3ないし16を対象に、その観測記録を収集し、No13の2004年北海道留萌支庁南部地震(以下「留萌支庁南部地震」という)を地震動評価の対象とした。留萌支庁南部地

震では、震源近傍のHKD020観測点において1127ガルという大きな加速度が観測され、その後の追加調査により、基盤地震動の最大加速度は561ガルであることが明らかとなった。

その上で、本件敷地地盤のS波速度が2600m/秒である（より固い地盤である）ことを考慮すれば、この観測記録を本件原発の地震動評価に用いればさらに小さい評価となるが、不確かさを保守的に考慮した結果として、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」とした。

### (3) (3)型地震（審査ガイド4.2.1(3)）

前記表-1のNo.1の2008年岩手・宮城内陸地震（以下、「岩手・宮城内陸地震」という）及びNo.2の2000年鳥取県西部地震（以下、「鳥取県西部地震」という）を検討し、いずれも対象地震として選定する必要はないと考えた。しかし、鳥取県西部地震については、本件原発の立地地点と同じ西南日本の東西圧縮横ずれの応力場にあることを踏まえ、保守的に、鳥取県西部地震の観測記録を「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、具体的には、鳥取県にある賀祥ダムの監査廊（以下、「賀祥ダム」という）に設置された地震計による観測記録で代表させることにした。

## 3 被告の地震動評価の不合理性

### (1) 審査ガイドの16ケース

#### ア 審査ガイドの16ケースは例示に過ぎないこと

審査ガイドが挙げる上記16ケースが単なる例示に過ぎないことは、審査ガイド4.2.1(3)の「震源を特定せず策定する地震動の評価において、収集対象となる内陸地殻内の地震の例を表-1に示す」との表現からも、また、原発事故の防止ということの性質からも明らかである。しか

るに、被告は上記16地震しか収集対象地震としておらず、次のイで述べる重要な地震（データ）を除外している。

#### イ 収集対象とすべきであった地震

##### a 2007年能登半島地震と同年新潟県中越沖地震

2007年能登半島地震（M6.9）と同年新潟県中越沖地震（M6.8）はともに地震前に活断層は把握されていなかった（甲B87・307頁）。しかるに、2007年能登半島地震は北陸電力志賀原発に、同年新潟県中越沖地震は東京電力柏崎刈羽原発に想定以上の地震動をもたらした。これほど重大な地震を外して言いわけはない。

このような近時の沿岸海域の地震が審査ガイドの例示から漏れており、被告が、これら地震を「震源を特定せず策定する地震動」の検討対象から除外していることは、極めて問題である（新潟県中越沖地震が例示されていないことを批判する見解として（甲B88・875頁））。

##### b 2008年岩手・宮城内陸地震

被告は、（3）型地震である岩手・宮城内陸地震について、地域差が顕著であるとして、観測記録収集対象外としている。

しかしながら、被告は、将来本件原発敷地直下ないし近傍で発生する可能性がある地震と、審査ガイドに例示された地震とでは、多かれ少なかれ地域差があることを前提としながらも、本件原発の敷地直下に震源断層モデルを設定する等して理論的に「震源を特定せず策定する地震動」を評価するという手法をとらず、審査ガイドに例示された地震の観測記録をそのまま用いるという手法をとっている以上、地域差を理由として貴重な観測記録を排除するのは背理である。

瀧本一起・東京大学地震研究所教授によると、岩手・宮城内陸地震も、鳥取県西部地震も、地域性に大差はない。両地震とも全原発において考

慮すべき地震である。地震本部において、「陸地で発生する地震のうち活断層が特定されていない場所で発生する地震」の最大マグニチュードは、最低で、鳥取県西部地震と同じM7.3とされているのも、地域差によっては震源断層をあらかじめ特定できない地震を限定できないことの現れである（以上、甲B89参照）。

また、後述のとおり、岩手・宮城内陸地震では、最大加速度1036ガルが記録されており、「はざとり波」相当の最大加速度はこの2倍に当たる2000ガル程度になると考えられているのであり、このデータを外していることに作為が感じられる。

#### **c 2000年鳥取県西部地震のTTRH02（日野）観測点のデータ**

被告は、鳥取県西部地震でTTRH02（日野）観測点のデータを収集していない。（3）型地震について、鳥取県西部地震の観測記録を考慮することとしながらも、データは賀祥ダム（監査廊）観測点で代表させている。

しかし、鳥取県西部地震のTTRH02（日野）観測点を排除したことは不当という他ない。すなわち、この観測点では、地上では南北方向で927ガル、鉛直方向776ガルを記録している上、地中でも東西方向575ガル、鉛直方向318ガルとかなり大きい地震動を記録しており（以上、甲90・102頁）、解放基盤表面はざとり波に換算しても、少なくとも一部周期帯では被告が設定した本件原発の基準地震動を上回る可能性がある。

#### **ウ 審査ガイドの例示ではデータとして不十分であること**

そもそも、審査ガイドで収集対象として挙げられているものは、1996年（平成8年）3月から2013年（平成25年）までのわずか17年間の16地震の観測記録に過ぎない。我国の地震データの総てに言えるこ

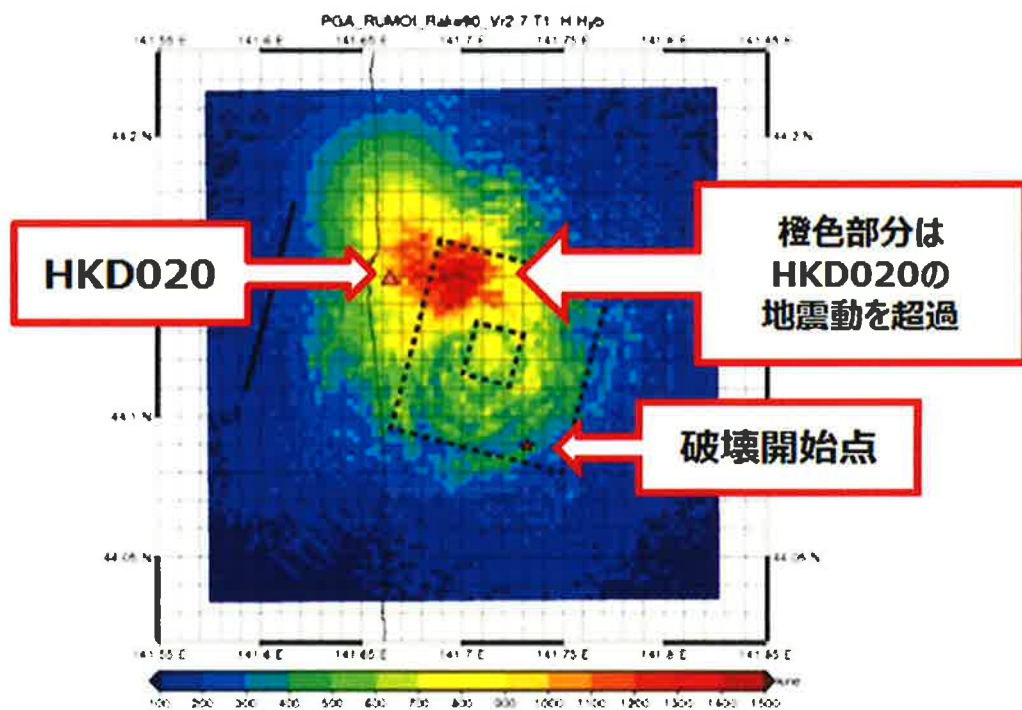
とであるが、この程度のデータでどこまで正確な評価が出来るのかという重大な疑問がある。

## (2) 留萌支庁南部地震に対する被告の評価の不合理性

### ア HKD020 観測点の地震動は最大の地震動ではないこと

留萌支庁南部地震において、基盤地震動の最大加速度を推計する際に用いた1127ガルという加速度は、HKD020 観測点の地表における測定結果であった（乙46参照）。

しかし、HKD020 観測点の地震動は、留萌支庁南部地震の最大地震動ではない。即ち、財団法人地域地盤環境研究所が平成23年3月付けで作成した「震源を特定せず策定する地震動 計算業務報告書」（甲B91）では、以下のとおり、震源付近の最大加速度についての解析が行われている（甲B91の2-7 図2.2-4(1)PGA分布に一部加筆。因みに、この報告書は原子力規制委員会の「震源を特定せず策定する地震動について」と題する資料（甲B92）の4頁に引用されており、信頼性が高いものである）。

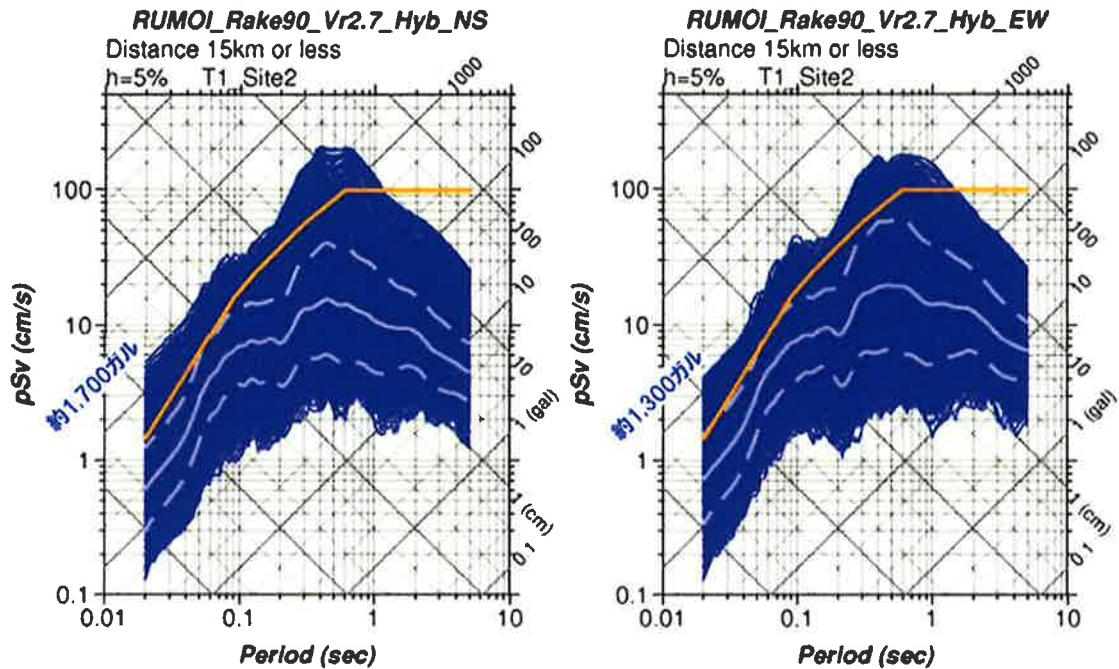




上記のうち、薄いピンク色の△がHKD020観測点を示し、赤、橙、黄、緑、青などの色は、それぞれの場所での最大表面加速度（PGA）を示す（上記図の帯では単位が「kine（カイン）」となっているが、カインは速度を表す単位であるため、ガルの誤記と思われる。）。

これによれば、留萌支庁南部地震の地表での地震動のうち、HKD020観測点は概ね1000ガルを示す黄色系の部分に位置するのに対し、これよりも大きな地表最大加速度を意味する橙色系の部分はその東側にひろがっており、HKD020観測点の地震動は、留萌支庁南部地震の最大地震動ではないことは一見して明らかである。

さらに、この報告書では、以下のとおり、前記最大表面加速度を応答スペクトルに直している。これによると、留萌支庁南部地震では、南北方向で最大1700ガルの地表最大加速度が発生したことになる（以下左図参照。甲B91の2-8図2.2-5に一部加筆）。これはHKD020観測点で観測した最大加速度1127ガルの約1.5倍に当たる。



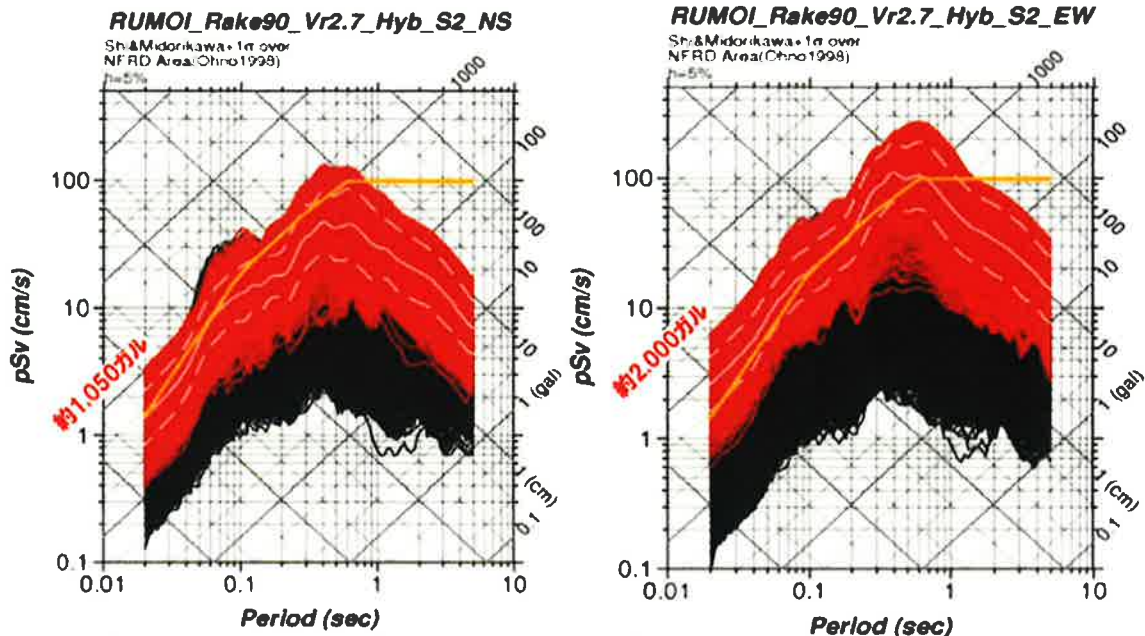
面的強震動計算による疑似速度応答 (PSV) スペクトル

(白実線:断層最短距離15km以内の平均PSVスペクトル, 白破線:平均PSVスペクトルの標準偏差)

ところが、被告はHKD020観測点の地震動しか考慮していない。何故、被告が留萌支庁南部地震の地震動評価において、同地震から得られた知見を正確に反映しないのか、不可解という外ない。

**イ 留萌支庁南部地震の観測記録を基にした基準地震動は約1038ガルとなること**

さらに、財団法人地域地盤環境研究所の報告書（甲B91）では、破壊開始点を変更させた上、破壊伝播効果をも加味した場合、水平方向での最大地表加速度は、以下右図のとおり、最大2000ガルにも達することが分かる（甲B91の2-25 図2.4-5(2)に一部加筆）。



破壊開始点がアスベリティ下端中央の場合の疑似速度応答 (PSV) スペクトル (赤実線: 大野・他 (1998))

2000ガルという数値は地表での最大加速度であるところ、佐藤ほか (2013) において地表での最大加速度 1127ガルから 585ガルという解放基盤上の最大加速度を導いたことに倣い計算すると、基準地震動は約 1038ガルとなる (計算式:  $2,000 \times 585 / 1,127 \div 1,038$ )。

これは本件原発において被告が設定した基準地震動 650ガルの約 1.6倍に当たる (甲B59・5頁)。

## ウ M6.5未満の地震と最大加速度

### a 独立行政法人原子力安全基盤機構 (JNES) の地震動解析

地震規模 (M) が小さくなれば、当然、地震動も小さくなる。しかし、地震動 (加速度) はそれだけで決まるわけではない。震源 (域) との距離も重要な決定要因である。阪神大震災は Mw 6.9 で、決して巨大地震といえるほどの規模ではなかったが、直下型地震であったために甚大な被害をもたらした。今、論じている「震源を特定せず策定する地震動」

とは、極めて近くに震源を想定する直下型地震である。

独立行政法人原子力安全基盤機構（JNES）は、地震観測記録の不足を補う目的で、実際の地震記録から導かれたモデルによる地震動解析を行い、M6.5の横ずれ断層によって最大約1340ガルの地震動が生じることを明らかにした（甲B92・「震源を特定しにくい地震による地震動の検討に関する報告書（平成16年度）」2-105,110,120）。M6.5はMw6.2相当するところ、Mw6.5未満の地震から1340ガルを超える地震動が発生する可能性があるということである。

留萌支庁南部地震のMwは5.7（M6.1）に過ぎないが、上述した1038ガルという加速度が現実的な数字であることが理解できる。

#### **b 2008年岩手・宮城内陸地震の最大加速度**

2008年岩手・宮城内陸地震では、トランポリン効果やロッキング振動の影響を受けない、解放基盤表面よりも固い岩盤に設置された地中地震計による観測記録として、最大加速度1036ガルが記録されている（甲B93）。この時の「はざとり波」相当の最大加速度はこの2倍に当たる2000ガル程度になると推定されている（甲B59）。

#### **エ 小括**

以上のとおりであるから、被告の留萌支庁南部地震の評価が不合理であることは明らかである。

### **4 結語**

「震源を特定しない地震動」とは、取りも直さず直下型地震から発生しうる地震動評価である。直下型地震は決して大きいとは言えない地震規模であっても、Mw6.9の阪神大震災で見たように強烈な被害をもたらすものである。したがって、「震源を特定せず策定する地震動」を適正に評価することは、地震大国たる我が国の原発の耐震安全性を確保するために極めて重要である。

にも関わらず，以上検討したとおり，被告の「震源を特定せず策定する地震動」の策定に関する主張はいずれも不合理であると言わざるを得ない。

以上