

福井地方裁判所 御中
平成24年(ワ)第394号、平成25年(ワ)第63号
大飯原発3、4号機運転差止請求事件
原告 松田 正 外188名
被告 関西電力株式会社

第14 準備書面
大飯原発の耐震設計の問題点

2014年(平成26年)3月3日

(次回期日3月5日)

原告ら訴訟代理人弁護士 佐藤 辰 弥
同 上 笠原 一 浩

内容

第1	はじめに.....	6
1	新規制基準について.....	6
2	被告による地震動想定と耐震設計.....	6
第2	被告準備書面(7)及び(9)に対する反論.....	8
1	被告の準備書面(7)に対する反論.....	8
(1)	被告の主張.....	8
(2)	原告の反論.....	9
2	被告の準備書面(9)に対する反論.....	10
(1)	被告の主張.....	10
(2)	原告の反論.....	10
第3	原発の耐震設計の流れ.....	12
1	原発の耐震設計の全体像.....	12
2	基準地震動S _s 策定の全体像.....	13
3	被告が策定した基準地震動S _s	15

第4	前提となる事実	18
1	耐震設計の基礎	18
(1)	地震と地震動	18
(2)	地震(動)の観測	18
(3)	地震の大きさ	19
(4)	地震動の大きさ	20
(5)	重力加速度	20
(6)	加速度と力の関係	20
(7)	地震動の加速度	21
(8)	小括	22
2	地震動の性質	22
(1)	振動の基本的な性質	22
(2)	地震動の諸性質	24
(3)	周期特性とスペクトル	26
3	地震動の破壊力	28
(1)	地震動と建築	28
(2)	固有周期	28
(3)	共振現象	29
(4)	実際の地震動と建物の共振	29
(5)	応答スペクトル	29
(6)	地震動と応答スペクトル	31
(7)	耐震設計	33
(8)	より詳細な耐震設計	34
(9)	物が壊れれば、固有周期が変化する	35
4	その他の基礎的な事項	35
(1)	応力降下量とは	35
(2)	短周期レベルの地震動と応力降下量	35
第5	不確かさの考慮が原発の耐震設計では必要となること	37
1	不確かさを考慮しなければならない理由	37
2	旧指針における不確かさの考慮の要求	41

(1) 不確かさの考慮についての平成 18 年 9 月 19 日付の発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（平成 18 年指針）の定め	41
(2) 新規制基準における不確かさの考慮の定め	43
第 6 応答スペクトルに基づく手法について	45
1 応答スペクトルに基づく手法とは	45
(1) はじめに	45
(2) 耐専スペクトル	45
(3) 野田他（2002）の応答スペクトル	46
2 応答スペクトルに基づく手法の限界	46
3 応答スペクトルに基づく手法における誤差の評価	46
4 小括	46
第 7 断層モデルを用いた手法について	48
1 断層モデルを用いた手法とは	48
2 グリーン関数の誤差（不確かさ）が考慮されていない	48
3 強震動予測レシピにおける不確かさ（不確かさ、誤差）の考慮は全く不十分である	51
(1) JNES による報告（平成 19 年 4 月「断層モデルの高度化に関する検討」（甲 5 3）	51
(2) 強震動予測レシピ	51
4 スケーリング則は莫大な誤差を必ず伴う	64
(1) スケーリング則について	64
(2) スケーリング則は、旧々耐震設計審査指針においても用いられていた	64
(3) スケーリング則には必然的に莫大な誤差が含まれる	65
5 地震調査委員会による「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（レシピ）」	66
6 平成 19 年能登半島地震について	67
(1) 平成 19 年能登半島地震の概要	67
(2) 平成 19 年能登半島地震の知見	70
第 8 大飯原発における内陸地殻内地震の危険性	72
1 被告の想定（F0-A～F0-B 断層）	72

2	被告の想定の誤りその1 (F0-A~F0-B断層の震源断層面の不自然さ)	74
(1)	被告の想定の誤り	74
(2)	地質情報の整備及び利用促進に関する検討会	74
(3)	中部電力が示した浜岡原発周辺の海底断層	75
(4)	渡辺満久教授の指摘	76
3	被告の想定の誤りその2 (F0-A~F0-B断層のパラメータが過小である) ..	77
4	被告の想定の誤りその3 (F0-A~P0-B断層と熊川断層の連動)	79
(1)	被告の想定	79
(2)	被告の想定の不十分さその1 (不確かさの組み合わせがされていない)	84
(3)	被告の想定の不十分さその2	85
第9	「震源を特定せず策定する地震動」について	91
1	「震源を特定せず策定する地震動」とは	91
2	被告が採用した「震源を特定せず策定する地震動」(「加藤、他、2004」に よる応答スペクトル)	91
3	石橋克彦氏による「加藤、他」の応答スペクトル批判	93
4	原子力安全基盤機構(JNES)による検討	93
(1)	「加藤、他」の研究の不充分性の指摘	93
(2)	対象地震の選定と「震源を特定せず策定する地震動」の最大規模の推定	94
5	他の原発での「震源を特定せず策定する地震動」評価(東海第二原発の場合)	97
(1)	断層モデルを用いた方法による「震源を特定せず策定する地震動」	97
(2)	地震発生層を正しく評価すれば、さらに大きな値となる	100
6	震源を特定せず策定する地震動についての JNES による断層モデルでの評価	100
(1)	JNES によって行われた断層モデルによる方法とその結果	100
(2)	JNES の説明の欺瞞性	103
7	規制委員会の考え方	108
8	「震源を特定せず策定する地震動」にも不確かさの考慮が必要	113

9	2004年留萌支庁南部の地震.....	115
	(1) 2004年年留萌支庁南部地震の概要.....	115
	(2) 留萌支庁南部地震の地震動.....	116
	(3) 地盤による地震動の増幅.....	117
第10	FO-A～FO-B断層と熊川断層が連動したときの破壊伝搬効果（NFRD効果）	122
第11	想定を超えた地震動が大飯原発を襲った場合、冷却水喪失・炉心溶融等の 過酷事故が避けられない.....	124
	1 福島第1原発事故.....	124
	2 被告は、基準地震動S _s の1.8倍の地震が襲った場合に、過酷事故に至る ことを認めている.....	124
	3 被告のいう安全余裕について.....	125

第1 はじめに

1 新規制基準について

原子力規制委員会は、2013年7月に、いわゆる新規制基準を決定した。この新規制基準は、2011年3月11日の福島原発事故を防ぐことができなかったというそれまでの原子力規制の誤りを反省し、2度とこのような事故を起こさないようにするために、原子力規制を根本的に見直したとするものである。

しかし、この新規制基準のうち基準地震動の想定や耐震設計に関する「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」（甲47）を見ると、従前の考え方をほぼ踏襲しており、一部ではむしろ後退しているところも存在する。同ガイドでは、多くの点で「適切に」評価することを確認するなどとされているにすぎない。たとえば「3.3 地震動評価」のみを見ても「適切に評価されていることを確認する」「適切に設定され、地震動評価がされていることを確認する」「適切に選定されていることを確認する」「適切に考慮されていることを確認する」「適切な手法を用いて震源パラメータが設定され、地震動評価が行われていることを確認する」など、「適切」との文言が22ヶ所に及んでいる。「4. 震源を特定せず策定する地震動」以下でも同様で、多数の「適切に」の用語が用いられている。このように極めて多数の項目で「適切に」行うなどとされているが、そこでは、何が適切かは全く記載されていない。

断層や地震動の評価で、「適切に評価する、設定する」のは当然のことであり、ことさら審査の基準として「適切に行うように」などと規定する必要はない。それが審査の基準となるためには、何が適切かをどう判断するかが記載されていることが必要であるのに、具体的な審査の基準の記載のない「審査ガイド」は、全く基準の名に値せず、結局、規制委員会が、どのような審査をしようとしているかは、この「審査ガイド」ではほとんどわからない。

2 被告による地震動想定と耐震設計

そして、被告による地震動想定や耐震設計も、従前の考え方をほぼ踏襲したものとなっている。

結局、原子力規制委員会も被告も、地震動想定や耐震設計に関しては、福島原発

事故から何も学んでいないと言わざるを得ない。これでは、大飯原発を想定以上の地震動が襲い、機器・配管等から冷却水が喪失するという過酷事故を未然に防止することはできない。

本書面では、あらためて原発の耐震設計の流れとその問題点を述べ、大飯原発を襲いうる地震と地震動について、述べるものである。

第2 被告準備書面（7）及び（9）に対する反論

1 被告の準備書面（7）に対する反論

(1) 被告の主張

被告の準備書面（7）は、基準地震動 S_s 策定の概要を述べるものである。

その中で、被告は、まず敷地ごとに震源を特定して策定する地震動については、敷地周辺の地震の発生状況を検討し、また敷地周辺の活断層から想定される地震について、文献調査、地形調査、地表地質調査等及び海底音波探査等を実施したうえで、活断層を評価したとし、検討用地震として、熊川断層による地震、上林川断層による地震及び FO-A～FO-B 断層による地震を選定したうえで、応答スペクトルに基づく地震動評価手法及び断層モデルを用いた手法により、検討用地震の地震動評価を行ったとする。また、地震動評価を実施するにあたっては、活断層の調査結果等をもとに長さや幅等の震源の特性を表すパラメータを設定した震源モデルによる基本ケースに加え、断層上端深さ、断層傾斜角、破壊開始点、アスペリティの位置、短周期レベル等のパラメータについて不確かさを考慮して敷地の地震動がより大きく評価される値を設定した震源モデルによるケースも想定したという。

また、震源を特定せず策定する地震動については、地域性を踏まえた検討を行ったとしつつ、結局は加藤他（2004）の検討に敷地の地盤特性を加味した応答スペクトルを設定したという。

以上の検討から、被告は、基準地震動 S_s (S_s-1 、 S_s-2 及び S_s-3) を策定したとする。

その上で被告は、FO-A～FO-B 断層と熊川断層の連動（3連動）を考慮した地震動評価も、その連動は本来考慮する必要がないとしつつも、3連動したときの地震動評価をして、特に短周期の地震動レベルを 1.5 倍したケースでは、破壊開始点の設定の仕方によっては、連動を考慮した地震動の最大加速度が、最大で基準地震動 S_s-1 （700 ガル）よりも大きな 759 ガルとなる場合があるものの、 S_s-1 を上回るのは一部の周期にとどまっているから、本件発電所の安全上重要な施設の機能は問題なく維持されるという。

(2) 原告の反論

以上の被告の主張・立証は、極めて簡略なものであり、地震動想定及び耐震設計の概略を説明したものでしかなく、大飯原発の耐震安全性の証明にはなっていない。

それは措くとしても、被告の行った地震動評価には、根本的な誤りがある。それは、被告の採用する地震動評価の手法は、基本的にある断層を想定したときの、その規模の断層で生じる平均的な地震・地震動を想定しようとするものでしかないということである。

しかしながら、原発の事故は万が一にも許されないのであるから、平均的な地震・地震動を想定するのでは、明らかに過小であり不十分である。

被告の行った地震動評価の詳細と、その誤りについては、本準備書面で詳細に述べるとおりであるが、結論から言えば、実際には、地震モーメント M_0 、そこから導かれるアスペリティの応力降下量（これが短周期レベルの地震動を規定する）が 4倍となる地震が現に発生している。地震モーメント M_0 が4倍になれば、アスペリティの応力降下量が4倍になるというのが強震動予測レシピの示すところであり、そうなれば地震動も4倍になると考えられる。福島第一原発で経験したように、極めて危険な放射性物質を多量に抱え込んだ原発で、平均的な地震動で耐震設計するなどということは、決して許されることではない。被告の地震・地震動想定は、過去最大のものすら考慮されていない。

さらに言えば、そもそも、地震のデータはわずか数十年程度のものでしかなく、何万年、何十万年というスパンで生じる地震現象を想定するためには、この程度の期間での過去最大の地震・地震動を想定するだけでは全く不足する。統計的に見れば、この過去最大の地震動を超える地震の割合も44個に1つ程度はある。地震動が平均像の8倍を超える地震も740個に1つはある。そうすると、少なくとも平均像の1桁大きな地震動を考えることが求められる。あるいはさらに安全性を十分に求めるなら、平均像の10倍でも不足する。

また、震源を特定せず策定する地震動において、被告が採用する加藤他（2004）の応答スペクトルは、原子力安全基盤機構（JNES）の作業や、留萌支庁南部地震の知見からみても、もはや現時点では過去の遺物であり、極めて不十分である。

2 被告の準備書面（9）に対する反論

(1) 被告の主張

被告は、その準備書面（9）において、原告の主張に対する反論を述べている。

そこで被告は、原告の挙げる①～⑤の地震について、まず①～③は、いずれもプレート間地震であり、本件発電所で考えるべき地震は内陸地殻内地震であるので、地震発生様式が異なり、直接参照すべきものではないとする。被告は、④の中越沖地震についても、⑤の能登半島地震についても考慮したという。

(2) 原告の反論

しかし、原告の挙げる①～⑤の地震は、いずれも実際に発生した地震で S_s を超える地震動が現に発生した。そのこと自体が重大なのであり、要するに、被告を含む原発事業者ならびに規制当局が採用してきた S_s の策定の手法自体が、過小な値を導く手法だったことが、多数の地震で実証されたということが重要なのである。

もとより、本書面で詳述するとおり、被告の採用する手法が平均像を導くだけの手法であることからすれば、現実の地震で S_s を超える地震があることなど当然のことであり、何ら驚くには足らない。

そして、過去最大の地震・地震動は、絶えず更新される。現実の地震現象は、われわれの想定など、いとも簡単に超えてしまうのである。2011年東北地方太平洋沖地震は、あらためて、このことを私たちに教えてくれた。

私たちの知見は、地球の地震の何万年、何十万年、あるいは何百万年というスパンからすれば、芥子粒ほどのものに過ぎない。したがって、過去の知見で、今後発生する地震の規模や地震動の大きさを想定しようとする自体が誤りなのである。ちなみに過去最大を超える地震が発生すると想定すべきことは、浜岡原発訴訟で、原告ら住民が正しく指摘したところであり、その指摘したことが、今回の東北地方太平洋沖地震として実際に起こったに過ぎないことを、念のため指摘しておく。

さらに、④中越沖地震は、地震モーメント M_o で平均像の 1.5 倍を記録した。また、⑤能登半島地震は、中越沖地震よりさらに平均像からはずれた地震であった。

そもそも平均像で耐震設計したところ、実際に 1.5 倍の M_o の地震が発生したからといって、 M_o を、ひいては短周期レベルの地震動を 1.5 倍すれば足りるという発想自体が、自然に対する畏怖を欠いたものだということである。このような 1.5

倍を超える程度の地震など、今後もいくらでも発生しうることは、被告を含む原発事業者も規制当局も、十分にわかり過ぎるほどわかっていることである。とりあえず発生した地震程度には対応しようという、不遜傲慢な態度こそが大きな問題だということを指摘したい。

第3 原発の耐震設計の流れ

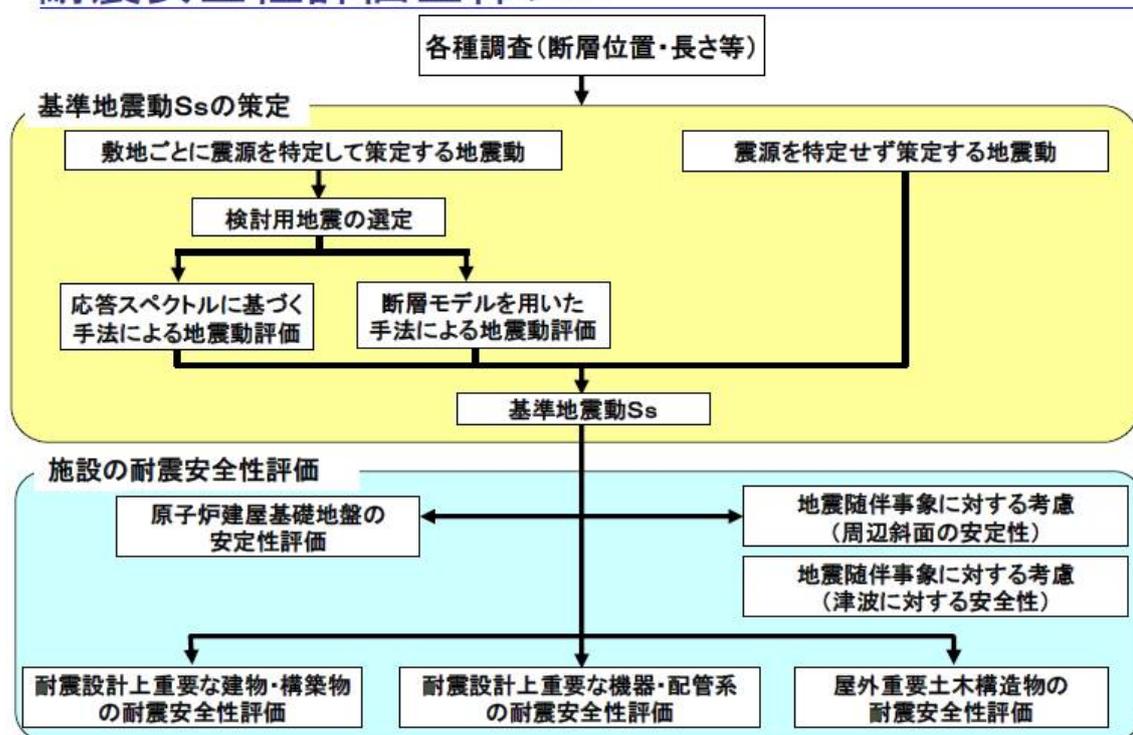
1 原発の耐震設計の全体像

原発の耐震設計は、次のような流れでなされている。下記は、中部電力のものであるが、被告が行っている耐震設計も全く同様である。

2. 耐震安全性評価の基本方針

2007. 4. 4
耐震・構造設計小委員会

耐震安全性評価全体フロー



「浜岡原子力発電所3，4号機「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価結果の報告について」平成19年4月4日

原発の耐震設計について、これを大きく分ければ、

- (1) 断層位置や長さ等の各種調査
- (2) 基準地震動S_sの策定
- (3) (基準地震動S_sに基づく) 施設の耐震安全性評価

に分けられる。

- (1) 断層位置や長さ等の各種調査を適切に行うことは当然である。しかしなが

ら、過去に発生した地震を完全に把握することは不可能である。また、構造物を建設する地点で、将来起こる地震の記録は得られておらず、将来起こると予想される地震の記録と同様の性質を有する地震の記録が得られている場合もほとんどない。そこで、将来起こる地震の当該地点での強震動を、シミュレーションによって予測することが必要となるのである（甲48「地震の揺れを科学する」133頁）。

- (2) 基準地震動 S_s の策定は、ようするに、将来起こる可能性のある最大の地震の揺れ（地震動）を予測することと同義である。
- (3) 原発の安全性を確保するためには、この地震動に対して、構造物が破壊されないように設計する必要がある。

そして、そのためには、構造物を数値的なモデルで表して、それと地盤が接している部分に入力する地震動（入力地震動）を用意し、その地震動を受けた構造物がどのような挙動を示すかをシミュレーションする必要がある。

本書面は、このうち、まず基準地震動 S_s の策定における問題について述べるものである。

2 基準地震動 S_s 策定の全体像

基準地震動 S_s の策定は、地質調査や活断層の評価などを前提に、

① 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

ア プレート間地震

イ 海洋プレート内地震

ウ 内陸地殻内地震

② 震源を特定せず策定する地震動

の大きく2つに分かれる。

この点について、平成18年9月19日付の発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（「平成18年耐震設計審査指針」）は、以下のように規定している。

「5. 基準地震動の策定

施設の耐震設計において基準とする地震動は、敷地周辺の地質・地質構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から施設の供用期間中に極めてまれでは

あるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがあると想定することが適切なものとして策定しなければならない。（以下、この地震動を「基準地震動 S_s 」という。）基準地震動 S_s は、以下の方針により策定することとする。

(1) 基準地震動 S_s は、下記(2)の「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び(3)の「震源を特定せず策定する地震動」について、敷地における解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定することとする。

(2) 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」は、以下の方針により策定することとする。

① 敷地周辺の活断層の性質、過去及び現在の地震発生状況等を考慮し、さらに地震発生様式等による地震の分類を行ったうえで、敷地に大きな影響を与えると予想される地震（以下、「検討用地震」という。）を、複数選定すること。

② 上記①の「敷地周辺の活断層の性質」に関しては、次に示す事項を考慮すること。

i) 耐震設計上考慮する活断層としては、後期更新世以降の活動が否定できないものとする。なお、その認定に際しては最終間氷期の地層又は地形面に断層による変位・変形が認められるか否かによることができる。

ii) 活断層の位置・形状・活動性等を明らかにするため、敷地からの距離に応じて、地形学・地質学・地球物理学的手法等を総合した十分な活断層調査を行うこと。

③ 上記①で選定した検討用地震ごとに、次に示す i) の応答スペクトルに基づく地震動評価及び ii) の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。なお、地震動評価に当たっては、地震発生様式、地震波伝播経路等に応じた諸特性（その地域における特性を含む。）を十分に考慮することとする。

i) 応答スペクトルに基づく地震動評価

検討用地震ごとに、適切な手法を用いて応答スペクトルを評価のうえ、それらを基に設計用応答スペクトルを設定し、これに地震動の継続時間、振幅包絡線の経時的変化等の地震動特性を適切に考慮して地震動評価を行うこと。

ii) 断層モデルを用いた手法による地震動評価

検討用地震ごとに、適切な手法を用いて震源特性パラメータを設定し、地震動評価を行うこと。

④ 上記③の基準地震動 S_s の策定過程に伴う不確かさ（ばらつき）については、適切な手法を用いて考慮することとする。

(3) 「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の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に敷地の地盤物性を加味した応答スペクトルを設定し、これに地震動の継続時間、振幅包絡線の経時的変化等の地震動特性を適切に考慮して基準地震動 S_s を策定することとする。」

このように、地震動評価の手法については、
応答スペクトルに基づく地震動評価
断層モデルを用いた手法による地震動評価
の双方を実施するとされている。

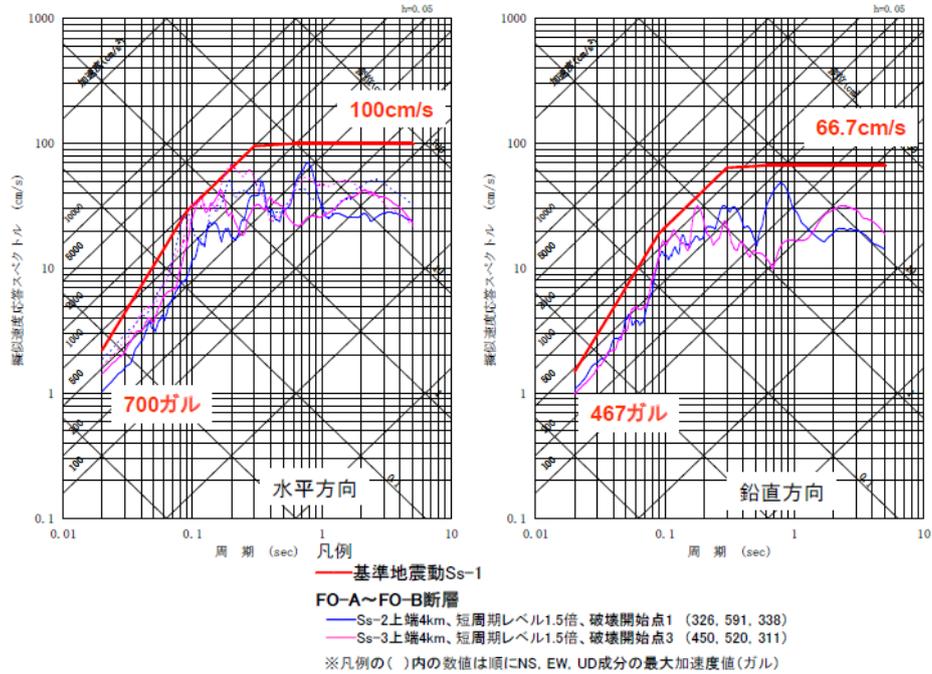
3 被告が策定した基準地震動 S_s

被告も、上記の検討を行い、基準地震動 S_s を策定している。被告が、原子力規制委員会に提出した「大飯発電所 基準地震動の評価について」（平成25年12月18日）」（甲49）によれば、その具体的な想定した基準地震動の形状は、以下のとおりである。

4. 基準地震動S_sの策定

69

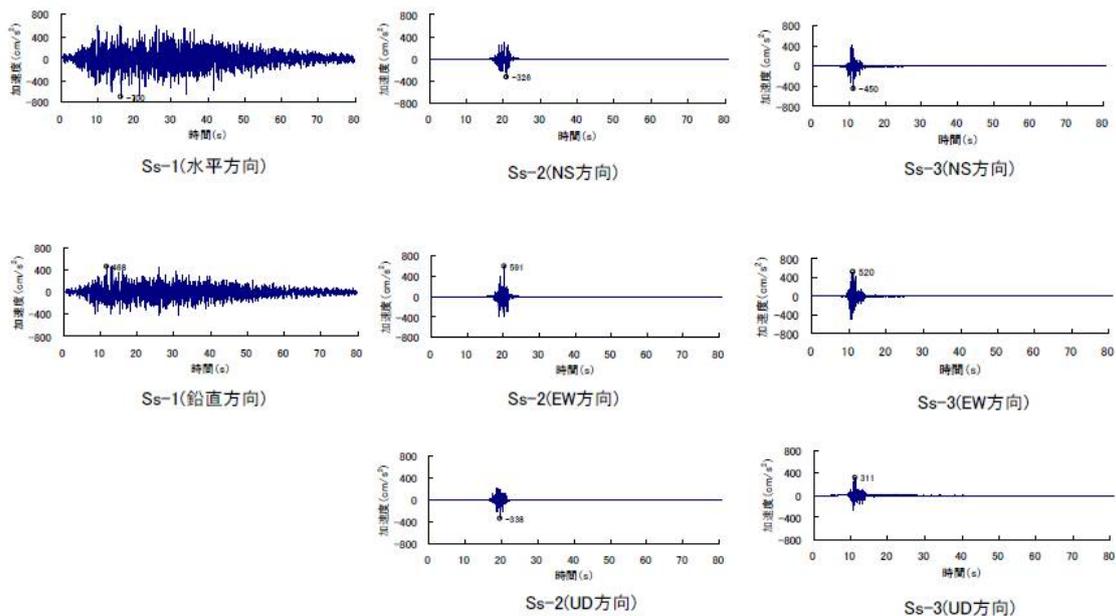
■以上より、大飯発電所の基準地震動としてS_s-1、S_s-2、S_s-3を策定した。



4. 基準地震動S_sの策定

70

■基準地震動S_s-1~S_s-3の時刻歴波形を以下に示す。



このように基準地震動S_sは、応答スペクトルと時刻歴波形の形で示されている。

時刻歴波形とは、地震計で観測される（観測されるであろう）実際の地震動であり、応答スペクトルとは、地震動が建物に与える影響を示したものである。

なお、地震動評価の手法としては、「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」の双方を実施することとされているが、その結果、地震動が建物に与える影響を示したものは、「応答スペクトル」と呼ばれる。すなわち、断層モデルを用いた手法による地震動評価でも、応答スペクトルが示される。「応答スペクトルに基づく地震動評価」と、応答スペクトルは、名称は似ているが、異なる概念であることに注意を要する。

第4 前提となる事実

耐震設計の手法やその問題点を理解する前提として、応答スペクトルの理解が不可欠となる。

そして、応答スペクトルの理解のためには、地震と地震動、およびその地震動が建物に与える影響（すなわち、これが応答スペクトルであるが）についての基本的な理解が不可欠である。

そこで、本項では、これらの耐震設計の基本的な考え方について述べることにする。なお、本項の内容は、山中浩明編著「地震の揺れを科学する—みえてきた強震動の姿」（東京大学出版会、甲48）と、大崎順彦著「地震と建築」（岩波新書、甲50）とに基づいており、本項の内容については、被告との間に争いはないと思われる。

1 耐震設計の基礎

(1) 地震と地震動

地震は、地下の岩盤が急速に破壊されることによって地震波が発生し、それが地殻内をあらゆる方向に伝わる自然現象である。

地震動は、その地震がもたらす揺れである。地下の岩盤が大きく破壊されればされるほど、それだけ発生する地震波は大きなものになる。

地震は、ある特定の地点（震源域）で発生するものであり、その大きさは1つの決まった値（推定値）である。これに対して、地震動は、同一の地震であっても、それを観測する地点によって、その大きさは全く異なる。遠くで地震が起きた場合は、揺れ（地震動）は小さいが、近くで地震が起きた場合は、揺れ（地震動）は大きい。このことは、私たちが日常に体験することである。

(2) 地震（動）の観測

地震という事象の全体像としての大きさを直接測定する方法はない。地震は、地中奥深くで発生するため、直接測定ができないからである。

私たちが、観測できるのは地震動であり、地震動は地震計で測定することができ

る。地震計は、今日では全国中に多数設置されており、一つの地震に対して、瞬時に地震計が揺れを観測する。

このようにして観測された地震動の記録から、地下のどのあたりでどのような規模の地震が発生したのか、を推定している。これが、地震の震源（域）や深さ、大きさ（マグニチュード）として発表される。

その後、地表での変位のデータや余震分布なども加えて、震源域がより詳細に特定されていくのである。

(3) 地震の大きさ

地震の大きさ（地震の持つエネルギーの大きさ）はマグニチュード（M）で表わされる。マグニチュードには、いくつかの種類があるが、代表的なものとして気象庁マグニチュード（Mj）とモーメントマグニチュード（Mw）とがある。

気象庁マグニチュードは、周期5秒までの強震計の最大振幅を用いて計算するもので、大きな値になると飽和して、それ以上に大きな値にはならない。そこで、東北地方太平洋沖地震のような巨大地震では、地震モーメント（Mo）によって導かれるモーメントマグニチュード（Mw）が用いられる。

地震モーメント（Mo）とは、震源断層面の面積（S）と、断層面におけるずれ量（平均すべり量 D）と、剛性率（変形のしやすさ＝ずれ面の接着の強さ）から得られる物理量である。地震モーメント（Mo）は、後に述べる「断層モデルを用いた手法」において、重要な要素となる。

モーメントマグニチュード（Mw）は、物理量である地震モーメント（Mo）から

$$\log Mo = 1.5Mw + 9.1$$

の式で算出される。

Mw からみれば、 $Mw = (\log Mo - 9.1) / 1.5$ となる。

モーメントとは回転力を示すものであって、力×長さであり、単位は、dyne・cm（もしくはN・m）である。

マグニチュード（M）は対数であるので、Mでは0.2の差でも、エネルギーは2倍の差がある。M6とM7では約32倍の差、M6とM8では約1000倍の差となる。

(4) 地震動の大きさ

これに対して、地震動の大きさは、日常的には、震度として示されている。ただし、震度は、人の揺れの体感であるので、科学的厳密さに欠ける。

そこで、より科学的な尺度として用いられているのは、地震動の速度と加速度である。

速度と加速度は、極めて重要な基本的な概念であるので、一言しておく。

たとえば、A点からB点まで100m進むのに5秒間かかったとすれば、この時の速度は毎秒20mとなる。これに対して、A点を通過する時の速度が毎秒15mで、B点を通過する時の速度は毎秒25mだったとすれば、5秒間に毎秒10mの速度の変化があったことになる。これを1秒間あたりの速度の変化にすると、毎秒・毎秒2mとなる。このような毎秒ごとに速度の変化する割合が加速度である。

地震動の場合は、単位はセンチメートルで表す。速度は毎秒何センチメートル、加速度は毎秒・毎秒何センチメートルとなる。この時の毎秒・毎秒何センチメートルを、「ガル」という単位であらわす(かのガリレオ・ガリレイから名付けられたものである)。

(5) 重力加速度

重力加速度について、後の議論のために、補充しておく。

高いところから物を落とすと、地球の引力に引かれて、落ちる。そして、この時の落下速度は一定ではなく、刻々と速度が加わっていく。つまり物体は加速されている。この時の加速度は、おおよそ980ガル(すなわち毎秒・毎秒980センチメートル)という一定の値である。これを重力加速度といい、1Gともあらわす。

この加速度は、物体が鉄であっても木でもあっても羽毛でもあっても変わらない。空気抵抗が無ければ、皆同じ時間で落ちるのは、重力加速度のためである。

(6) 加速度と力の関係

加速度は1秒あたりの速度の変化であり、速度が変化するという事は、その物

体に力が作用した、ということの意味している。これは、車を急発進した場合（すなわち毎秒ごとに速度が増加する割合が大きい場合）に、体がシートに押さえつけられること、逆に車を急停止した場合（この場合は、毎秒ごとに速度が減少する割合が大きい）に、体が前のめりになることで、体感できる。

「物体に力が働くとき、物体には力の同じ向きの加速度が生じる。その加速度 a の大きさは、働いている力の大きさ F に比例し、物体の質量 m に反比例する。」というのがニュートンの運動の第二法則であり、このように加速度と力は比例する。

たとえば物には重さがある。「重さ」をもたらす力は重力であり、その重力によって生み出される加速度が重力加速度 980 ガルである。人間やビルは地面に支えられているが、地面が取り払われれば、 980 ガルの加速度で下に落ちる。このように物体は、支えがあるから落ちていかないだけであって、いつも下方に向かって 980 ガルの加速度をもたらす重力を、地球上のすべての物体は受けている。

(7) 地震動の加速度

地震動は、地面の振動である。振動とは、ある量のプラスとマイナスが繰り返される状態である。地面の振動は、プラス・マイナスの加速度が繰り返し作用する状態である。これは、車が急発進・急停止・急後進を何度も繰り返している状態と同じである。

加速度は力であり、このような地震動の加速度によって、地上の物体には力が作用する。加速度が大きければ、作用する力もそれだけ大きくなり、建築物を壊したりする。

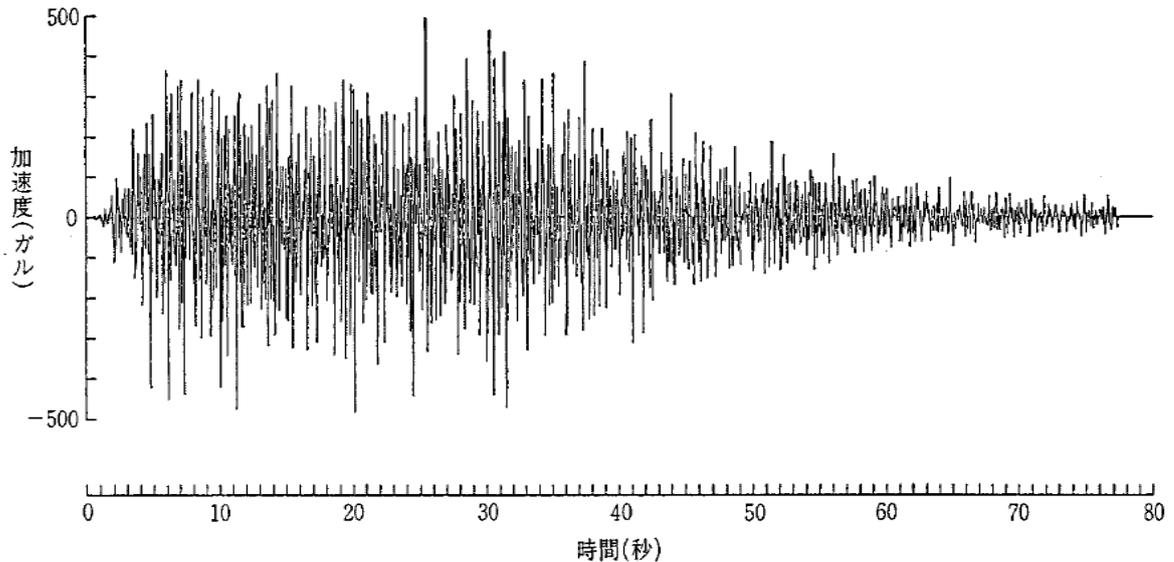


図 I-1 東京大学構内における加速度記録(「東京大地震」)

図 I-1 (大崎 9 頁) は、小説「日本沈没」が映画化された際に、大崎順彦が作成した「東京大地震」の推定地震動の加速度記録である(実測ではない)。

この図では、約 80 秒間、大小様々な加速度を繰り返しながら、地面は振動を続けている。最も大きい加速度は 25 秒付近に表れていて、その値は 492 ガルである。

(8) 小括

以上のとおり、最大加速度が大きければ地震動は強い、と言えることは間違いがない。だから最大加速度が大きい地震は破壊力が強く、大きい被害を引き起こす。破壊力は力であり、加速度も力であるから、 $\text{加速度} = \text{破壊力}$ ということが成り立つ。

2 地震動の性質

ただし、最大加速度の大小だけが、破壊力を決定する要因ではない。地震動の破壊力は、最大加速度以外の特性の総合効果である。次に、最大加速度以外の地震動の性質を述べた上で、地震動の破壊力について述べる。

(1) 振動の基本的な性質

振動の基本的な性質は、メトロノームの動きで(後述するように倒立振り子でも)イメージできる。

メトロノームの振り子は、同一線上を、左右に規則正しく、行きつ戻りつしてい

る。振り子が1秒間に1回往復する間に経過する時間を「振動の周期」という。

- ① 1回往復するのに1秒かかるとすれば周期は1秒
- ② 0.5秒かかるとすれば周期は0.5秒
- ③ 2秒かかるとすれば周期は2秒

である。速く繰り返すもの（たとえば0.5秒）を短周期、ゆっくり繰り返すもの（たとえば2秒）を長周期という。

これに対して、1秒間に何回振動するかという回数を「振動数」という。その単位はヘルツである。

- ① 1ヘルツは1秒に1回の振動
- ② 2ヘルツは1秒間に2回の振動
- ③ 0.5ヘルツは1秒間に0.5回の振動

となる。周期と振動数は逆数の関係になる。

図V-1（大崎74頁）は、周期0.5秒の振動を表している。

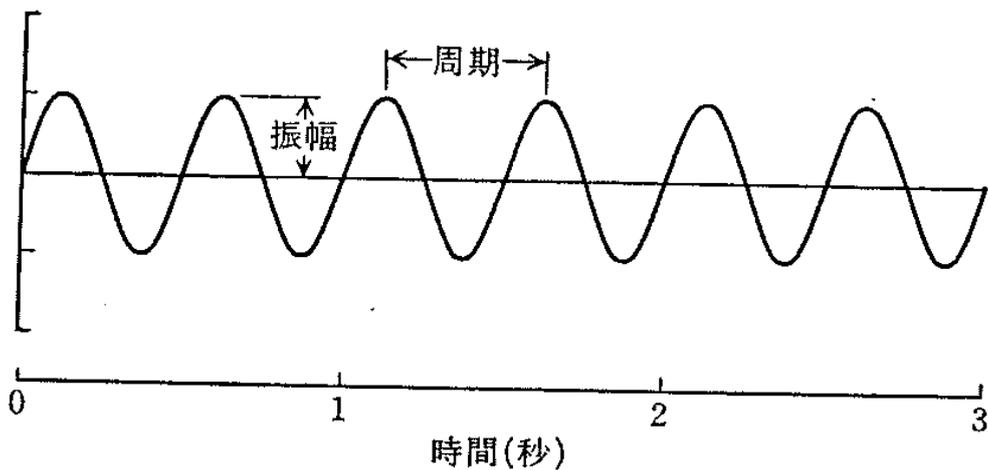


図 V-1 単振動

横軸が周期、縦軸が振れ幅を表す。振れ幅は「振幅」ともいう。このような同じ状態を単純に繰り返している振動を単振動という。

振幅がいくら大きくなっても、周期が同じであれば、戻ってくる時間は同じである。それは、すなわち、揺れの速度が速いということであり、すなわち、速度の変化量=加速度も大きくなるということを意味している。

(2) 地震動の諸性質

実際の地震は、このような単純な振動ではなく、同じ状態が規則正しく繰り返されているわけではない。

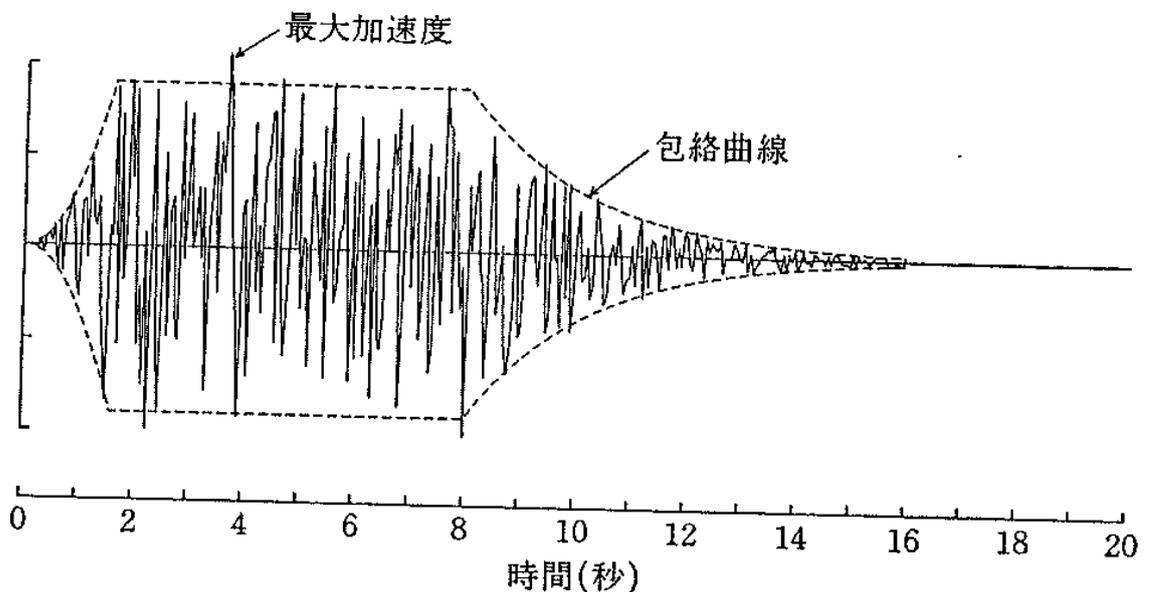


図 V-2 地震動

たとえば、図V-2（大崎75頁）の地震動は16秒間続いているが、最大のものは3.7秒付近であり、これがこの地震動の最大加速度である。

破線は、地震動の振幅を包み込んでいるという意味で、包絡曲線という。

ただし、一見複雑に見える振動も、実は、いろいろな振幅と周期をもった振動の寄せ集めであり、単純な振動に分解することができる（このことは、後述する）。

たとえば、図V-3（大崎77頁）では、4つの地震動の加速度記録が並べてある。

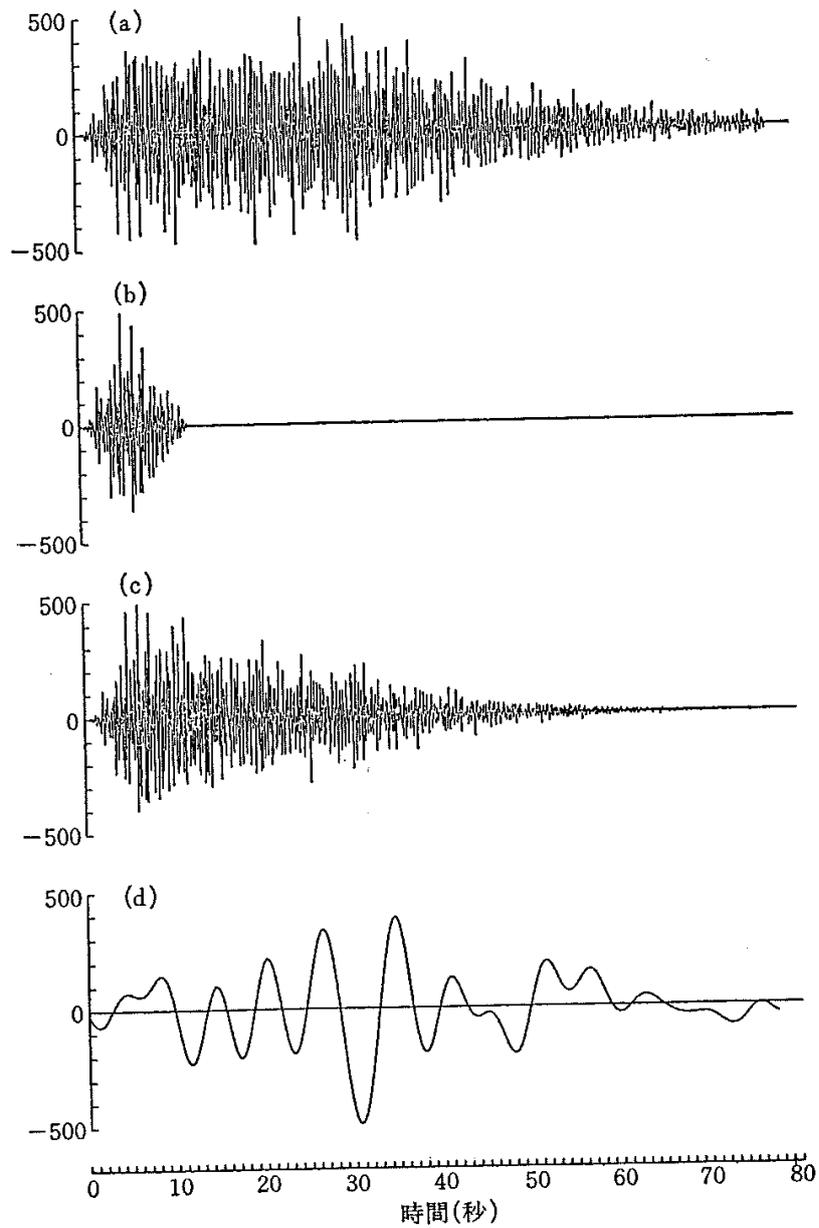


図 V-3 地震動のいろいろ

これらの最大加速度はすべて490ガルである。ただし、その性質は全く異なる。
 (a)は、激しい地震動が80秒近く続いている。
 (b)は、継続時間が短く、12秒ほどである。
 (c)は、立ち上がり直後にいったん強い加速度が作用するが、徐々に振動が収束する。

(d)は、(a)(b)(c)と異なり、長周期のゆっくりとした揺れである。

以上をまとめると、地震動の特性としては、

- ①最大加速度、②継続時間、③包絡曲線、④周期特性
- の4つがあげられる。

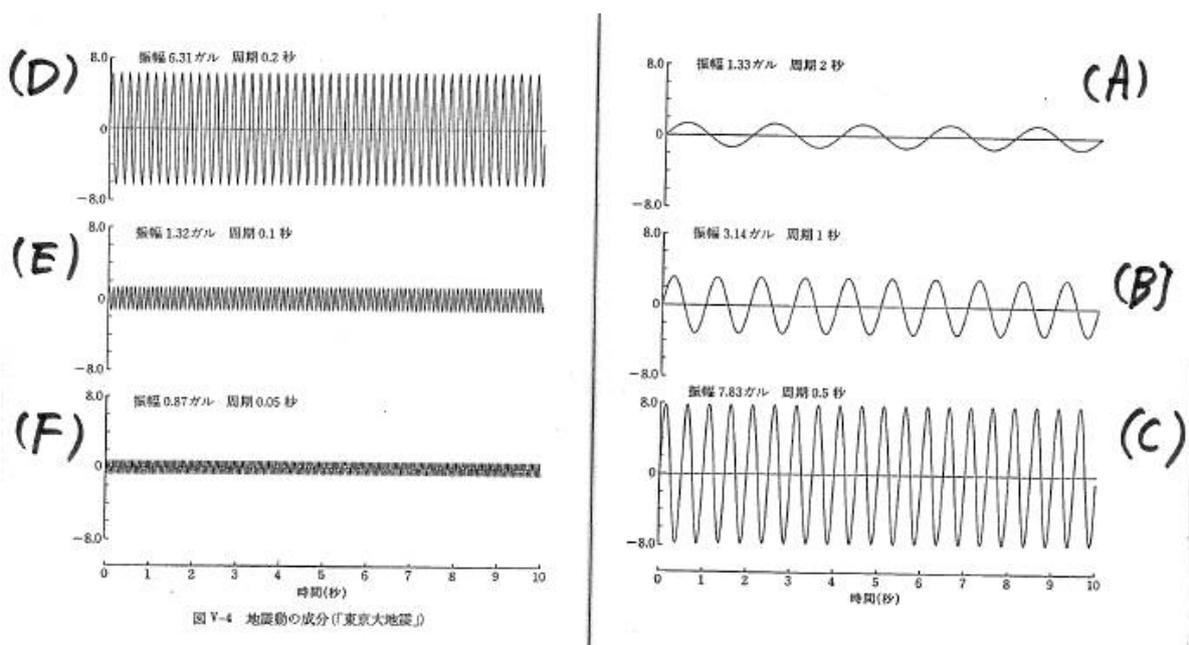
(3) 周期特性とスペクトル

ここでスペクトルという概念を説明しておく。スペクトルとは、複雑な組成を持つものを、単純な成分に分解し、その成分を、それを特徴づけるある量の大小の順に従って並べたもの、と言える。

地震動の加速度記録は、一見複雑に見えるが、実は、いろいろな振幅と周期をもった振動の寄せ集めであり、単純な振動に分解することができることを述べた。分解する方法は、創始者である数学者フーリエの名前にちなんで、フーリエ解析と呼ばれている。

図I-1(大崎9頁)の地震動を分解(フーリエ解析)して、得られたもとの地震動の成分のうち、代表的なものいくつかを並べたものが、図V-4(大崎86頁~87頁)である。

ここに並べた成分は、全部単振動であるが、振幅と周期が違う。これをスペクト



ルの趣旨に従って、周期の大きい順番に並べると以下ようになる。

- (A) 右上 振幅1.33ガル 周期2秒
- (B) 右中 振幅3.14ガル 周期1秒
- (C) 右下 振幅7.83ガル 周期0.5秒
- (D) 左上 振幅6.31ガル 周期0.2秒
- (E) 左中 振幅1.32ガル 周期0.1秒
- (F) 左下 振幅0.87ガル 周期0.05秒

この結果を、一覧できるようにしたものが図V-5 (大崎88頁) である。

この曲線は、フーリエの名をとって、フーリエ・スペクトルと呼ばれている。

これを、さらにより細かく固有周期ごとに計算して一覧したものが、図V-6 (大崎89頁) の曲線である。図V-6には、周期0.5秒付近に高い山がある。これは、つまり、元の地震動の中に周期が0.5秒程度の大きな振動が含まれていることによる。このような性質は、元の地震動記録を見ただけでは分からないものであり、これをはっきりさせてくれるのが、フーリエ解析であり、フーリエ・スペクトルなのである。

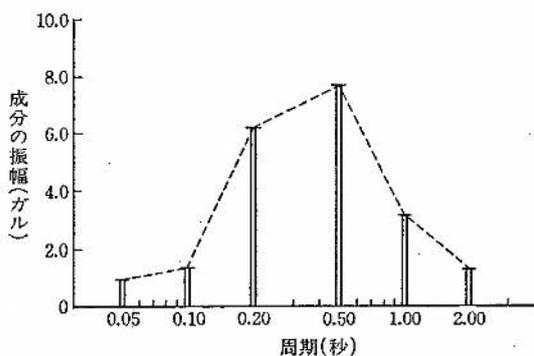


図 V-5 フーリエ・スペクトルの原理

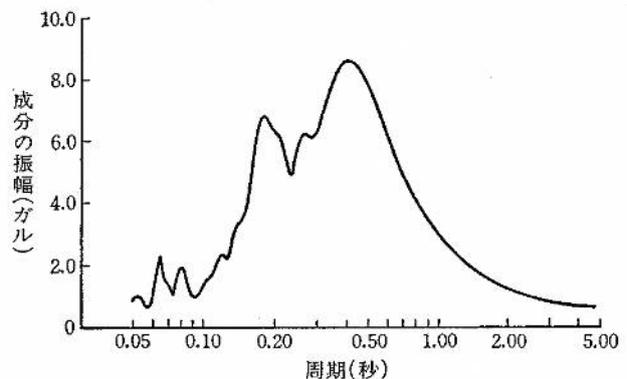


図 V-6 フーリエ・スペクトル(「東京大地震」)

3 地震動の破壊力

(1) 地震動と建築

ここまで述べたことは、地震と地震動のことばかりであり、建築物は不在であった。ここから、地震動が、建築物にどのような影響を及ぼすかということを見ていく。

(2) 固有周期

小さな地震（地震動）では、建築にはダメージはない。反対に、大きな地震（地震動）は、建築を破壊する。建築が破壊されるのは、建築が揺れ動くからである。すなわち、建築は、力を加えればそれ自体揺れ動く振動体である。

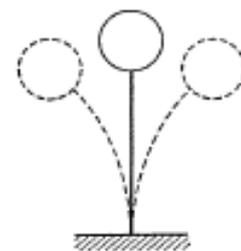
では、建築は、どのように揺れるのか。揺れによる破壊を考える場合は、振動体としての揺れ方の性質、すなわち、早く揺れるのか、ゆっくり揺れるのか、という振動の周期が重要となる。

建築は、大小様々なものがあるが、板バネ（倒立振子）と錘（おもり）の簡単なモデルで示すことができる（図VI-6（大崎103頁））。

錘は建築全体の重量を表し、板バネは建築の堅さ・柔らかさを表す。コンクリートの低層の建物は堅いので厚くて短い板バネで、超高層のビルは柔らかいので薄くて長い板バネにする。

図VI-6の倒立振子を指でつついて揺らすと、振動を始める。ひとりで揺れ動く振動を自由振動という。この場合の振動の周期は、錘の重さと板バネの強さ（厚さと長さ）で決まる一定の値であって、それ以外の周期をもって自由振動することはない。再び、メトロノームに戻れば、錘の位置をずらさないかぎり、一定の周期で揺れるのと同じことである。この自由振動の周期は、それぞれの振子に固有なものであり、これを固有周期という。

物には、すべて固有周期がある。低層建築の固有周期はガタガタ速く揺れる短周



図VI-6 倒立振子

期、柔らかい高層建築はユラユラとゆっくり揺れる長周期である。

(3) 共振現象

では、なぜ、固有周期が問題となるのか。それは、建物の固有周期と一致する地震動の成分によって、揺れ始めた振動が成長していき、ついには建物を破壊するに至るからである。

たとえば、固有周期が0.5秒の振子を想定して、この足下の地面を揺らしてみよう。この時、地面の揺れの周期が、振子の固有周期と一致しない短周期（たとえば0.2秒）、あるいはずっと長周期（たとえば3秒とか5秒とか）だったとすると、振子はそれなりに揺れるけれども、揺れは成長しない。そして、この場合、揺れが少ないので、建物を破壊することはない。

これに対して、地面の揺れの周期が、振子の固有周期と一致する0.5秒だとすると、振子の振動はしだいに成長し、とめどもなく大きい揺れに成長してしまうのである。揺れが大きくなるということは、それだけ大きな力が振子に加わるということであり、そして、ついには、建物を破壊するに至るのである。

このように、外部から与えられる振動の周期と、物の固有周期が一致したために、大きな振動が出現する現象を、共振という。

(4) 実際の地震動と建物の共振

実際の地震動は、0.5秒の単周期ではなく、様々な周期の波の集合だということとは前述した。

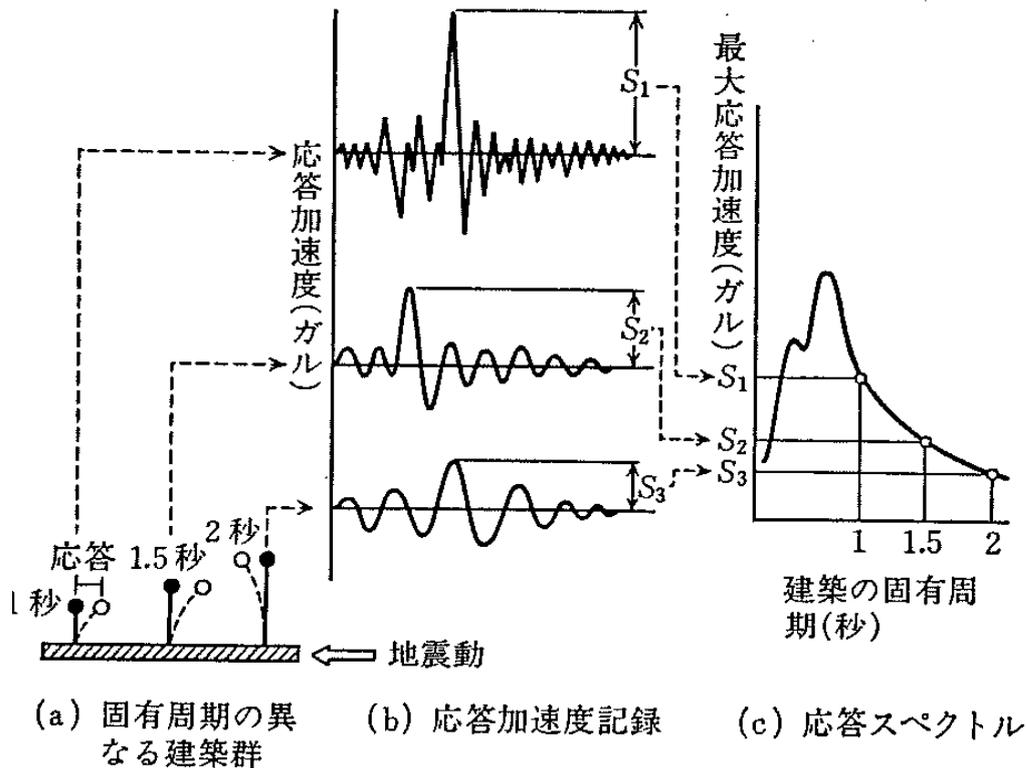
これに対して、物の固有周期は一定（たとえば周期0.5秒）であるので、物の側からすれば、いろいろな周期の地震動がやってくるうちの、自分の固有周期に近いものに特に反応して共振し、その都度大きく揺れる、ということになる。

(5) 応答スペクトル

「応答」とは、建築や振子が、地震動を受け、地震動とその物（建築物や振子）自体の特性（固有周期）に応じて揺り動かされる、その反応のことをいう。「応答ス

ペクトル」は、応答のスペクトル、すなわち、建築や振子の反応を、周期の大小の順に従って並べたもの、である。

図IV-8 (大崎109頁)は、応答スペクトルの概念を、模式的に説明したものである。



図VI-8 応答スペクトルの説明図

図VI-8の左側の(a)には、固有周期の異なるモデルが3つ(ここでは1秒、1.5秒、2秒)並べてある。これに対して、ある地震動の加速度で揺らしてみます。すると、モデルは一斉に揺れ出す、つまり応答を始めるが、その揺れ方は地震動の特性(揺れの特性、すなわち最大加速度、継続時間、周期特性など)と、モデルの特性(固有周期)との関係で、それぞれ違ったものとなる。

この時、振子の錘に加速度計が取り付けられておると、加速度計はそれぞれのモデルが、与えられた地震動に対して応答することによって生じる加速度、すなわち応答加速度をそれぞれ記録する。この記録が、図IV-8の真ん中の(b)応答加速度記録である。

(b)の上段は、固有周期が1秒のモデルの応答加速度を示している。その最大値がS1である。これが、(a)の左端のモデル、つまり固有周期が1秒の建築が、この地震動によって揺さぶられている間に、その建築に対して作用した最大の加速度、つまり、この地震動に対する固有周期1秒の建築の最大応答加速度である。同じように、固有周期1.5秒((b)の中段)や2秒の建築((b)の下段)には、それぞれ最大応答加速度S2、S3が作用する。

図IV-8右側の(c)は、横軸に固有周期、縦軸に最大応答加速度を表したものである。(a)の3つのモデルの固有周期(ここでは1秒、1.5秒、2秒)を横軸にとり、それに対応する最大応答加速度S1、S2、S3が縦軸に取られている。その結果が、(c)の白丸点である。

今みてきた固有周期は3つだけであるが、実際には、さらに細かく固有周期を分け、応答加速度を得ることができる。すなわち、さらに多くの固有周期におけるそれぞれの最大応答加速度を調べて、これを隙間無くつなげると、(c)の波線が得られる。これが、すなわち応答スペクトルである。

このことから明らかなように、ある地震動に対しては、それに対応した応答スペクトルが、別の地震動に対してはその別の地震動に対応した応答スペクトルが得られる。

(6) 地震動と応答スペクトル

ここで、図I-1(大崎9頁)に示した地震動を、もう一度みる。

最大加速度 492 ガル

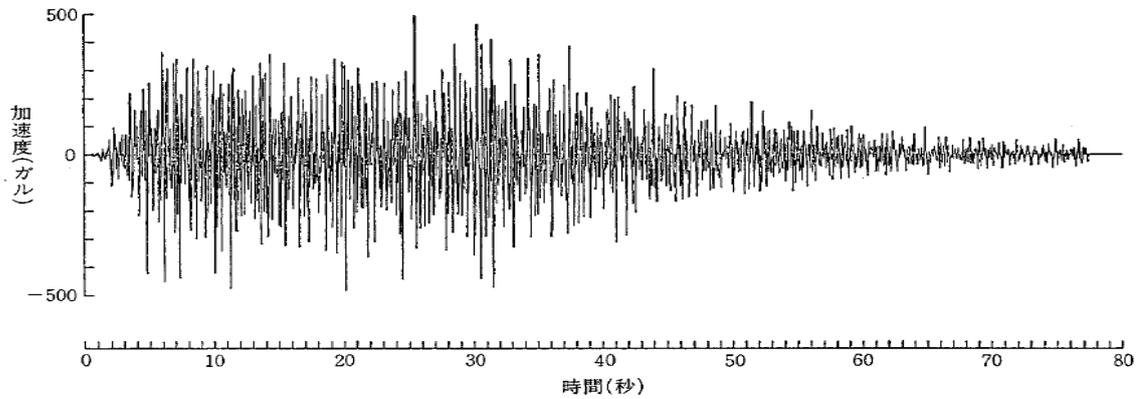


図 I-1 東京大学構内における加速度記録(「東京大地震」)

この地震動(図 I-1)の応答スペクトルが、図 VI-9(大崎 110 頁)である。
この地震動をフーリエ解析した図 V-6(大崎 89 頁)と並べてみよう。

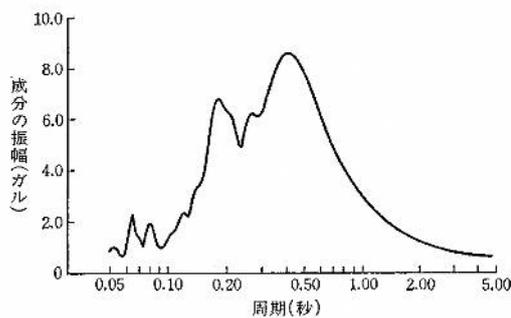


図 V-6 フーリエ・スペクトル(「東京大地震」)

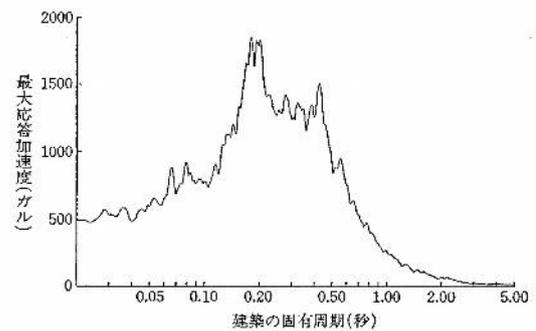


図 VI-9 応答スペクトル(「東京大地震」)

図 V-6(大崎 89 頁)のフーリエ・スペクトルでは、周期 0.5 秒付近に高い山(大きな加速度)があり、この地震動では周期 0.5 秒の成分が優勢であった。そして、周期 0.2 秒付近にも、やや低い山がある。

これに対して、同じ地震動に対応する応答スペクトル図 VI-9(大崎 110 頁)でも、0.5 秒と 0.2 秒のところに山があるが、山の高さが逆転して、0.2 秒付近の方が高い。

ということは、地震動の成分としては、0.5 秒のものがより優勢であるが、建築に与える影響という点からみると、固有周期が 0.5 秒ではなくて、0.2 秒の建築に対してもっとも強く作用する、ということを示している。

なぜ、このような結果になるのか。

これは、地震動の破壊力は、最大加速度だけでは説明できず、継続時間（さらにその他の特性）も、大きく影響することによるからである。極めて単純化して言えば、地震動の中で最大の加速度は固有周期0.5秒付近の成分だったが、その継続時間は短く、一方で、固有周期0.2秒付近の加速度は、地震動の中では最大の成分ではなかったが、継続時間が長く、共振により建物の揺れは成長したものだといえることができる（実際には、さらに複雑であるが、ここまでにとどめる）。

このようにして得られた応答スペクトルは、地震動が建築物に与える影響を集約したものであって、ここに耐震設計の全体が表れるのである。

耐震設計では、この応答スペクトルが重要であり、地震動の大きさそのものでは、地震の破壊力は示されない。たとえば極々短周期の巨大な地震動が、一瞬だけ物体に働いても、物体にはほとんど何の影響も与えない。何万ガル、何10万ガルの短いパルスが作用しても、物体はびくともしないのである。したがって、何ガルの地震動にも施設は耐えられると言ったところで、それだけでは大した意味はなく、問題は応答スペクトルが、建物や機器配管などの施設の固有周期付近でどれだけか、なのである。

(7) 耐震設計

同じ土地の同じ地盤の上に立ち、同じ地震動を受けても、作用する力（すなわち地震動入力）は、建築自体の特性によって違う。

建築の特性を端的に表現し、直接地震動入力に反映させるのに、もっともふさわしい特性値、それが応答スペクトルである。

たとえば、建築の固有周期が1秒だと決まると、図VI-10（大崎111頁）の応答スペクトルから、最大応答加速度は600ガルに耐えられるようにすれば良いということになる。もし、この時、建築の固有周期が3秒だとすれば、最大応答加速度は300ガルに耐えられるようにすれば良いということになる。

600ガルというのは、つまり重力加速度（980ガル）のほぼ0.6倍であるから、建築には、その重量の0.6倍の力がかかるということになる。この力に対して壊れないように、部材や寸法など、具体的な設計に取りかかれば良い。

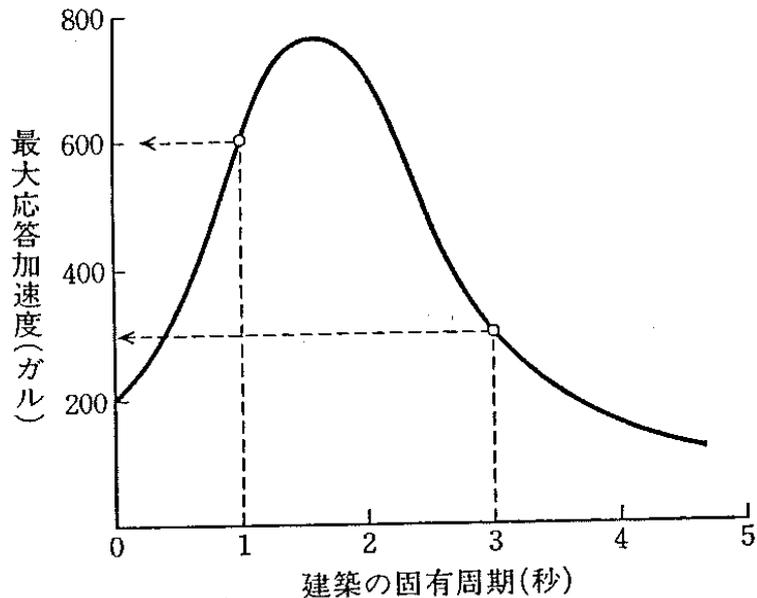


図 M-10 応答スペクトルの意味

このような考え方が採用されたのは、1981年の建築基準法の改訂時であった。

(8) より詳細な耐震設計

ここまでみてきた応答スペクトルは、錘が一つだけの倒立振子のモデルであった。この錘は建築の全重量をひと塊にしたものと考えているので、これから求められるものは、建築に働く総体の力である。

総体に働く力はこれでいいが、数階建ての建物の場合の各床に、どのような力が働くかは、これだけでは分からない。原発では、原子炉やポンプ等無数の機器・配管が設置されており、これらの機器・配管は、建物とは別の固有周期を有している。そして、その応答は、それが各階のどこに設置されているかによっても異なる。そこで、各階の床にどのような力が働くかは、この階数分だけ、錘を縦につなげて串団子のようなモデルを考える必要がある。このようにして得られた応答スペクトルは、床の数だけ得られる。これを床応答スペクトルという。

各階の床に設置された機器・配管の設計においては、機器・配管の固有周期を把握し、それを設置する床応答スペクトルから、最大応答加速度に耐えられるように、設計するということになる。

これは、数千本とも数万本とも言われている配管や、その他の機器・設備・施設についても同様である。

(9) 物が壊れれば、固有周期が変化する

よりやっかいなのは、物は壊れれば、その固有周期は変化するということである。すなわち、物には、すべて固有周期があり、低層建築の固有周期はガタガタ速く揺れる短周期、柔らかい高層建築はユラユラとゆっくり揺れる長周期であると前述した。

今、これが、何らかの理由でこわれかけているとしよう。そうすると、固有周期は、短周期側から長周期側にずれることがある。そうすると、元の設計時の固有周期では最大応答加速度以下の応答だったものが（もともとそうして設計された）、固有周期が変化することによって、別の周期で共振することになってしまい、設計時点での期待とは別の挙動を示すことがあり得る。建築物にかかる力（すなわち加速度）が小さくなる方向であれば問題はないが、いつもそうだとは限らない。

したがって、物を設計する場合は、これらについても考慮する必要がある。

4 その他の基礎的な事項

(1) 応力降下量とは

震源断層面、特にその中でも強く固着した領域（アスペリティと呼ばれる）に大きな歪が蓄積され、ある時に一気に歪が解放されて、蓄積されたエネルギーが放出される。それが地震という現象である。地震動のエネルギーとして放出される応力の解放量を「応力降下量」（単位は、MPa）と言う。

(2) 短周期レベルの地震動と応力降下量

一般に、アスペリティの応力降下量の大きさと短周期レベルの地震動の大きさととは比例的関係にあるので、応力降下量を大きくした割合と短周期レベルが大きくなる割合はおおむね一致する。平成 21 年 4 月 24 日付被告を含めた各原子力事業者への保安院の通知「耐震バックチェックにおいて地震動評価を行う際の応力降下量の取り扱いについて」（甲 5 1）では、「基本震源モデルに対して応力降下量を大きく

した割合と短周期レベルが大きくなる割合が異なる場合があることが確認されました。」とされている。これは、応力降下量を大きくした割合と短周期レベルが大きくなる割合はおおむね異ならないが、「異なる場合もある」ということを意味すると解される。

第5 不確かさの考慮が原発の耐震設計では必要となること

1 不確かさを考慮しなければならない理由

自然現象を測定するときには、必ずある誤差がある。測定の精度は、その測定の対象や手法によって種々であり、たとえば地盤の速度構造の測定の誤差は、決して小さくはない。

雑誌「科学」2012年6月号（「地震の予測と対策：『想定』をどのように活かすのか」甲52）に掲載された、岡田義光防災科学研究所理事長、瀨瀨一起東京大学地震研究所教授、島崎邦彦東京大学名誉教授の鼎談では、瀨瀨教授と岡田教授の以下の発言が掲載されている。

瀨瀨 地震という自然現象は本質的に複雑系の問題で、理論的に完全な予測をすることは原理的に不可能なところがあります。また、実験ができないので、過去の事象に学ぶしかない。ところが地震は低頻度の現象で、学ぶべき過去のデータがすくない。私はこれらを「三重苦」と言っていますが、そのために地震の科学には十分な予測の力はなかったと思えますし、東北地方太平洋沖地震ではまさにこの科学の限界が現れてしまったと言わざるをえません。そうした限界をこの地震の前に伝え切れていなかったことを、いちばんに反省しています。

編集部 限界があるとして、どういう態度で臨むべきでしょうか。既往最大に備えることになりますか。

岡田 どれくらいの低頻度・大事象にまで備えるかという問題になります。1000年に一度、1万年に一度と、頻度が1桁下がるごとに巨大な現象があると考えられます。大きなものに限りなく備えるのは無理ですから、どれくらいまで許容するかになります。日常的に備えるのは、人生の長さから考えると、100～150年に一度のM8くらいまでで、M9クラスになると、ハードではなくソフト的に、避難などの知恵を働かせるしかないのではないのでしょうか。

編集部 原発の場合にはどうお考えになりますか。

岡田 施設の重要度に応じて考えるべきですから、原発は、はるかに安全サイドに考えなければなりません。いちばん安全側に考えれば、日本の

ような地殻変動の激しいところで安定にオペレーションすることは、土台無理だったのではないかという感じがします。だんだん減らしていくのが世の中の意見の大勢のようですが、私も基本的にそう思います。

瀬瀬 真に重要なものは、日本最大か世界最大に備えていただくしかない
と最近は言っています。科学の限界がありますから、これ以外のことは
確信をもって言うことができません。しかし、全国の海岸すべてで日本
最大の津波高さに備える経済力が日本にはないだろうと考えています。
そうするとどうするか。それは政治などの場で、あるいは国民に直接決
めていただくしかないであろうと思います。

編集部 中越沖地震で号機ごとにゆれがかなり違っていましたが、地質の
影響は本当にあらかじめわかるのでしょうか。

瀬瀬 前述のような科学のレベルですから、予測の結果には非常に大きな
誤差が伴います。その結果として、予測が当たる場合もありますし、外
れる場合もあります。ですので、その程度の科学のレベルなのに、あの
ように危険なものを科学だけで審査できると考えることがそもそも間違
いだったと今は考えています。

また、同じ鼎談の中で、島崎邦彦氏（原子力規制委員会委員長代理）は、「平均
像のようなものを見ていることになります。解像度を一生懸命よくしようとしてい
ますが、ほんとうに中で何がおきているのかには手が届いていない。」とも述べてい
る。

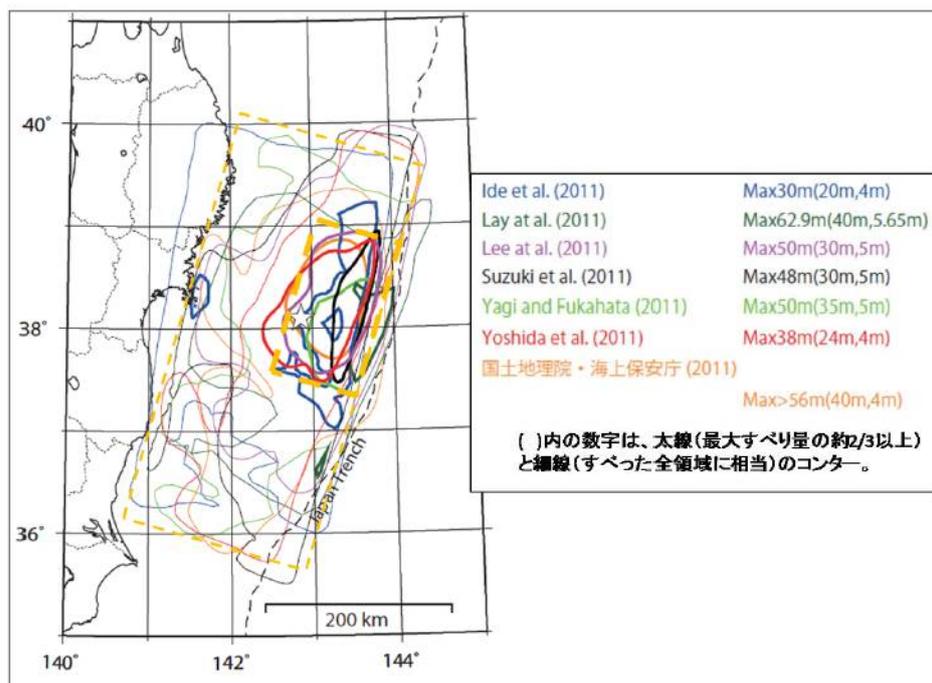
これらの発言の意味するところは極めて重大である。要するに、地震の科学は、
対象が複雑系の問題であるので、原理的に完全な予測が困難であること、実験ので
きるものではないので、過去のデータに頼るしかないが、起こる現象が低頻度であ
るのでデータが少ないこと、したがって地震の科学には限界があるということであ
る（瀬瀬）。また、頻度が1桁下がるごとに大きな現象があると考えられるとされて
いる（岡田）。また真に重要なものは（既往）日本最大か世界最大で備えるしかない
（瀬瀬）とされている。しかし、日本最大、世界最大と言っても、問題はどれだけ
の期間での最大かであり、地震はたかだか何百年の間の最大でしかない。それで、

何万年、何 10 万年の間の最大などわかるはずがない。我々の手にしているデータは、わずかであり、とりわけ詳細な地震動のデータは日本においては、1995 年の兵庫県南部地震後に多数強震計が設置された 1997 年以降のデータしかない。

実際に、過去の地震では、それがどのような現象であるのかは、必ずしもわかっていない。東北地方太平洋沖地震について見れば、それが良くわかる。

下の 2 つの図のうち、上図は、東北地方太平洋沖地震で、ずれの量がどこでどれだけあったかを示した図であるが、宮城県沖で大きなずれが発生したことは共通して認められるものの、各見解は相当に異なっている。

下図では、強震動生成域（強い地震動を発生させた領域、すなわちアスペリティ）と考えられる領域を 4 角形で示しているが、見解ごとに大きく異なっている。



図IV.10 東北地方太平洋沖地震の地震波形及び地殻変動による震源過程解析結果（関係論文をもとに気象庁気象研究所作成）

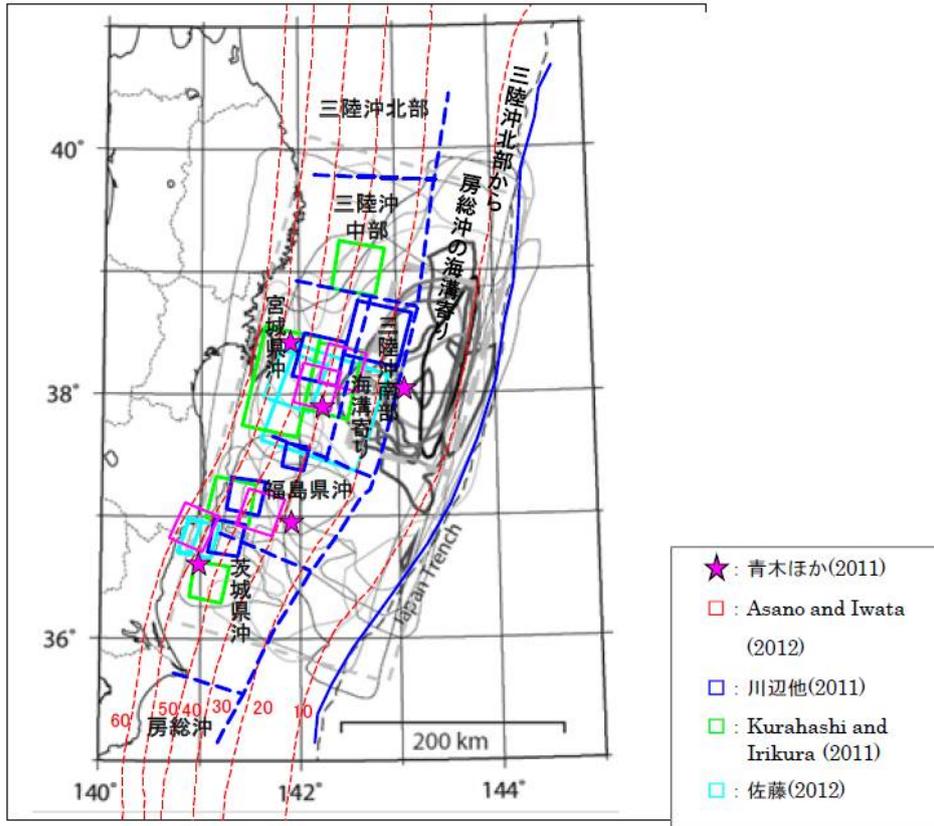


図6. ○ 東北地方太平洋沖地震の地震波形及び地殻変動による震源過程解析結果と強震動生成域

このように、実際に起きた地震でも、どんな現象だったかは、正確には分からないというのが、地震学の現状である。

地震は、地下深くで起こる現象であり、それを強震計で地震動を観測し、あるいはGPSでどれだけ地面がずれたかを観測するなどして、それらのデータから、地震現象を推し量ろうとする。直接、地下深部で起こっていることが観測できるわけではなく、種々のデータから地下での現象を推測するものであるため、地震現象は正確には把握しきれない。前記瀨瀬発言の「隔靴搔痒」とは、まさしくそのような状態を表している。

そもそも過去の現象ですら正確には把握しきれないのに、将来の現象を正確に予測できるはずなどない。したがって、このことのみからしても、将来の地震・津波の予測には大きな不確かさが必然的に伴わざるを得ないのである。

また、発生する現象である地震や津波も、同じ場所であれば常に同じ範囲で、同じ規模、同じ様相で生じるというわけではなく、発生する現象自体にも、ばらつき

(不確かさ)がある。そのばらつきも極めて大きい。

将来発生する地震や津波の想定は、過去の地震、津波のデータに基づきなされ、また地盤などの測定データも用いられるが、測定データやデータをもととした推定に誤差があり、また発生する地震、津波という現象そのものにばらつきがあるため、この点からしても、将来事象の想定(推定)には、必然的に大きな不確かさを伴わざるをえない。

一方、原発が極めて危険な施設であり、一旦重大な事故を起こしたときには、取り返しのつかない深刻な被害を広範に生ずる。したがって、原発の耐震設計は、「万が一にも」事故を起こさないように安全側に行わなければならないが、現実には、これまでの原発の耐震設計は、後に詳述するように、地震動・津波という現象の推定を「平均像」で行ってきたのである。

平均像で行えば、実際に起こる地震、津波の半分は、無視され、著しい過小評価となる。平均像では50%の事象しかカバーできないが、原発という極めて危険な施設の安全性のためには、このような、将来起こる50%でのみ安全が確保されるなどという設計では不足することは明らかである。

福島原発事故は、あらためてこの事実を示した。したがって、原発の耐震設計において、地震動、津波という現象の推定を、平均像で行なうことは決して許されない。

また、仮にある程度の事象をカバーするように推定したとしても、完全に全ての現象をカバーできるわけではない。現実の地震が想定を上回る可能性は、大きく、だからこそ原発の潜在的な危険性の大きさに鑑みて、不確かさを安全側に十分に大きく考慮することは、原発の耐震設計における地震動評価の際に、地震動評価をするための全ての手法において必須である。

2 旧指針における不確かさの考慮の要求

(1) 不確かさの考慮についての平成18年9月19日付の発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針(平成18年指針)の定め

平成18年指針は、不確かさの考慮について、以下のように規定する。

「3. 基本方針

耐震設計上重要な施設は、敷地周辺の地質・地質構造並びに地震活動性

等の地震学及び地震工学的見地から施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがあると想定することが適切な地震動による地震力に対して、その安全機能が損なわれないように設計されなければならない。さらに、施設は、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からなされる耐震設計上の区分ごとに、適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられるように設計されなければならない。

また、建物・構築物は、十分な支持性能をもつ地盤に設置されなければならない。」

「5. 基準地震動の策定

施設の耐震設計において基準とする地震動は、敷地周辺の地質・地質構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがあると想定することが適切なものとして策定しなければならない（以下、この地震動を「基準地震動」という。）

(1) 基準地震動 S_s は、下記(2)の「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び(3)の「震源を特定せず策定する地震動」について、敷地における解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定することとする。

(2) 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」は、以下の方針により策定することとする。

① (敷地周辺の活断層の性質・・・を考慮し、地震発生様式等による分類の上での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」)の複数選定

② 「活断層の性質」に関する考慮事項

③ 上記①で選定した検討用地震ごとに、次に示すi)の応答スペクトルに基づく地震動評価及びii)の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。なお、地震動評価に当たっては、地震発生様式、地震波伝播経路等に応じた諸特性(その地域における特性を含む。)を十分に考慮すること

とする。

- i) 応答スペクトルに基づく地震動評価
- ii) 断層モデルを用いた手法による地震動評価
- ④ 上記③の基準地震動の策定過程に伴う不確かさ（ばらつき）については、適切に考慮する。」

また、その（解説）では、以下のとおり解説している。

「(3) 基準地震動 S_s の策定方針について

- ④ 「基準地震動 S_s の策定過程に伴う不確かさ（ばらつき）の考慮に当たっては、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（ばらつき）の要因及びその大きさの程度を十分踏まえつつ、適切な手法を用いることとする。

経験式を用いて断層の長さ等から地震規模を想定する際には、その経験式の特徴等を踏まえ、地震規模を適切に評価することとする。

(4) 震源として想定する断層の評価について

- ⑤ 活断層調査によっても、震源として想定する断層の形状評価を含めた震源特性パラメータの設定に必要な情報が十分得られなかった場合には、その震源特性の設定に当たって不確かさの考慮を適切に行うこととする。」

このように、平成 18 年指針は、「基準地震動 S_s の策定過程に伴う不確かさ」と「震源特性の設定に当たっての不確かさ」の 2 つの過程での不確かさを考慮するよう求めている。

(2) 新規制基準における不確かさの考慮の定め

平成 25 年 6 月に定められた新規制基準（「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準を定める規則の解釈」）でも、次のとおり規定されている。

「選定した検討用地震ごとに、不確かさを考慮して応答スペクトルに基づく地震動評価及び断層モデルを用いた手法による地震動評価を、解放基盤表面ま

での地震波の伝播特性を反映して策定すること」

このように、新たに定められた基準でも、平成 18 年指針を踏襲しており、やはり不確かさの考慮は求められている。

第6 応答スペクトルに基づく手法について

1 応答スペクトルに基づく手法とは

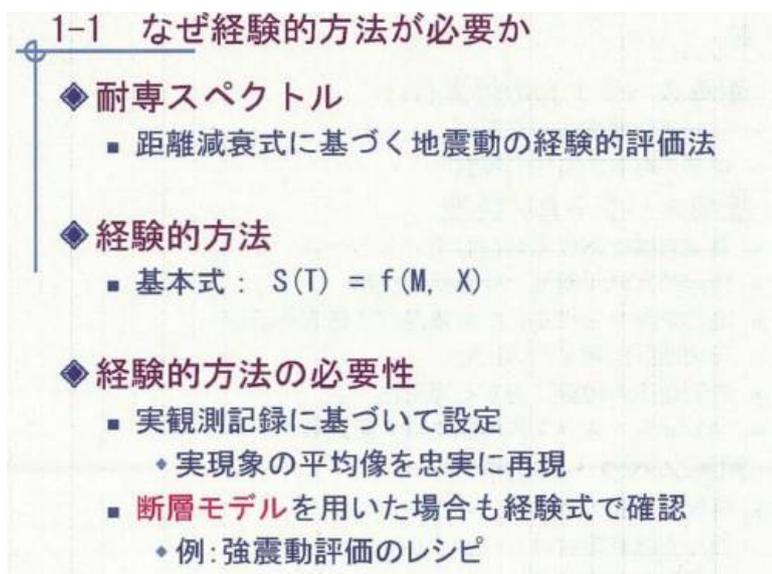
(1) はじめに

応答スペクトルに基づく手法は、地震動評価の手法の1つであり、実際の多数の地震の地震動観測記録に基づき、地震の規模、敷地との距離によって分けて、地震動の平均像を求めたものを用いる手法である。

応答スペクトルに基づく手法には、いくつかの手法がある。かつては、大崎順彦氏による「大崎スペクトル」が用いられていたが、現在では、電気協会耐震設計専門部会が作成した「耐専スペクトル」や、野田、他（2002）の応答スペクトルなどが用いられている。

(2) 耐専スペクトル

耐専スペクトルについて、これを定めた日本電気協会原子力発電耐震設計専門部会は、次のように説明する。



このように、応答スペクトルに基づく手法の代表的な1つである耐専スペクトルは、「実現象の平均像を忠実に再現」しようとしたものである。

(3) 野田他 (2002) の応答スペクトル

野田他 (2002) の応答スペクトルも、44 の地震の 107 の記録に基づく平均の応答スペクトルであり、やはり実現象の平均像を求めようとしたものである。

2 応答スペクトルに基づく手法の限界

以上にみてきたように、応答スペクトルに基づく手法は、耐専スペクトルも、野田他 (2002) の応答スペクトルも、平均像を求めようとしているものである。

しかし、原発の耐震設計を地震動の平均像に基づいて行うことは、地震動の著しい過小評価をもたらすことは前述したとおりである。原発の極めて大きな危険性に照らせば、平均像ではなく、科学的に予測しうる最大値に基づいて評価しなければならない。もし仮に、一旦平均像を用いたとしても、そこからのずれ、すなわち不確かさを、原発の持つ大きな危険性に鑑み、安全側に十分に考慮しなければならないのである。

3 応答スペクトルに基づく手法における誤差の評価

応答スペクトルに基づく手法は平均像を求める手法であるから、その背後の実現象にはバラツキが存在する。そのバラツキの程度がどの程度あるかは、統計的手法によって検証される。後述する強震動予測では、データのバラツキから標準偏差(σ)を算出し、そのバラツキの程度を見るが、同様に、応答スペクトルに基づく手法においても、バラツキの程度を、標準偏差を算出することによって見ることになる。そして、そこから何 σ までを取るかが検討される。このような手法が、応答スペクトルに基づく手法にも取られなければならない。

4 小括

前記したように、新規制基準（「基準の解釈」）においても、「選定した検討用地震ごとに、不確かさを考慮して応答スペクトルに基づく地震動評価及び断層モデルを用いた手法による地震動評価を」するよう求められている。ここでは、応答スペクトルに基づく手法においても、不確かさを考慮しなければならないことが、規定の文言で明記されている。

しかし、応答スペクトルに基づく手法は、各地の原発の耐震設計で採用されてい

るが、この手法について、どの原発でも不確かさを考慮していない。もともと、平均像であることからすれば、原発では特に、その誤差（不確かさ）は必ず考慮しなければならないが、それが新規規制基準で不確かさの考慮が明記され、これがバックフィットされることになったのであるから、各地の原発で耐震設計の見直しがなされなければならない。大飯原発も同様であって、この点において見直しがなされることが確実となると考えられる。

ただし、もし仮に応答スペクトルに基づく手法でも不確かさの考慮をしても、その不確かさの考慮は、しっかりとした根拠をもって行わなければならない。間違っても、「ある程度大きめにとっておけば、それで不確かさを考慮した」などとするようないい加減な方法によるわけにはいかない。そのときの不確かさの考慮は、最高裁判所伊方判決が言うような「万が一にも災害防止上支障のないこと」を実現するように、万が一にも、想定した応答スペクトルをはみ出す地震がないような、すべての考えられる地震・地震動を包絡するようなものとしなければならないである。

第7 断層モデルを用いた手法について

1 断層モデルを用いた手法とは

断層モデルを用いた手法とは、地震動評価の手法の1つであり、震源断層面を小区画に分け、破壊開始点を定めて、そこから破壊が伝播していき、各小区画の破壊に伴う地震動を算定して、それらが敷地まで達する間にどのように減衰するかを算定し、これら小区画からの地震動をすべて重ね合わせて敷地の地震動を導く手法である。

敷地までの間の経路でどのように減衰するかをグリーン関数と言う。グリーン関数には、近く実際に起きた小地震の距離減衰の様子をそのまますべての小区画にあてはめて地震動を算定する「経験的グリーン関数」と、近くに適当な小地震がないときに、他の地域での多数の地震の距離減衰の様子を平均を使う統計的グリーン関数とがある。

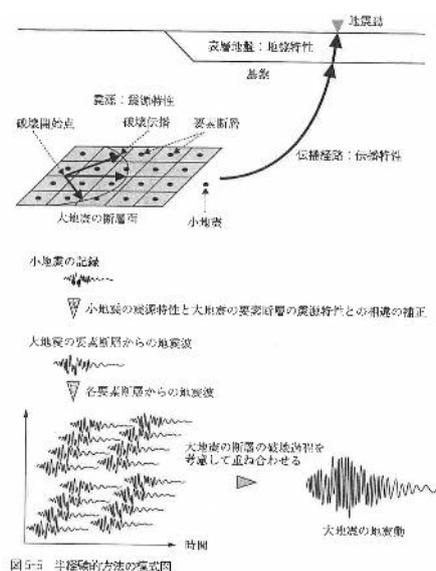


図5-5 半経験的方法の模式図
(甲48『地震の揺れを科学する』151頁)

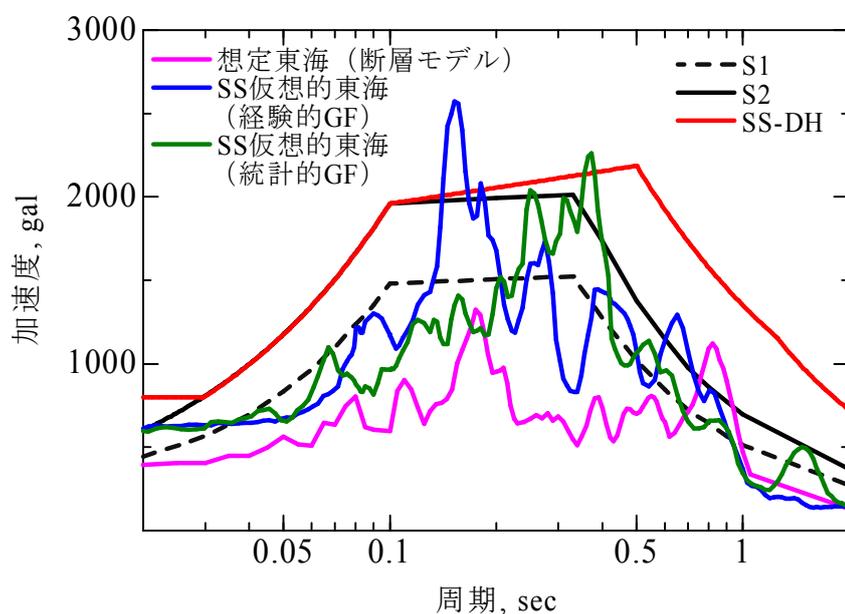
2 グリーン関数の誤差（不確かさ）が考慮されていない

まず、震源断層面から敷地までの間の距離減衰の関係式であるグリーン関数の誤差（不確かさ）について具体的にみることにする。

すでに述べたように、グリーン関数には、経験的グリーン関数と統計的グリーン

関数とがある（そのほかに、短周期成分には統計的グリーン関数、長周期成分には他の理論的手法を組み合わせたハイブリッド合成法がある）。経験的グリーン関数法は、近傍の実際に発生した地震（要素地震）の距離減衰式をそのままグリーン関数として用いる手法であるが、適切な近傍の地震がない場合には使えない。その場合には、統計的グリーン関数を用いるほかはない。

この両者を浜岡原発で用いられたもので比較すると、次のとおりである。



(青線が経験的グリーン関数 緑線が統計的グリーン関数)

この図で特徴的なこととして、赤の実線で示された Ss-DH が周期 0.02 秒付近から横軸と平行に跳ね上げられていることである。この赤線が縦軸に達した値は 800 ガルであり、これが生の地震動の大きさとなる。

しかし、前述したとおり、こんな短周期の地震動はどんなに大きくても物体に影響を与えない。したがって、実際には、赤線の下に隠れている黒の実線が縦軸に達したところの値 600 ガル程度の影響しか、本来この地震動は施設に与えないのに、中部電力は、この図によって 800 ガルまで耐えられると喧伝した。したがって、この施設に影響を与えない短周期でのみ地震動を大きくした「スカートめくり」のような図は、中部電力によって耐震性が偽装されたものとして評価されるべきものであった。このように、生の地震動そのものの値では、地

震が施設に与える影響の大きさの評価はできないことには注意が必要であり、問題は実際に当該建物、施設の固有周期に近い応答スペクトルがどうなのかなのである。

この経験的グリーン関数では、要素地震として 1995 年 4 月の駿河湾北部の地震と 1997 年 3 月の愛知県東部の地震とが用いられている。これらの地震を平均して地表の地震動を導くのであるが、どちらの地震も、仮想的東海地震の震源域とは相当離れた場所で起こった地震であるから、これらの地震での地震動の減衰の状況を、そのまま仮想的東海地震に用いるなら、大きな誤差が生じてしまうのはやむをえないこととなる。そこで、統計的グリーン関数も用いるのであるが、その統計的グリーン関数も、もともと多数の地震の地震動の地盤内での伝播過程の平均像でしかないことから、統計的グリーン関数自体にも、大きな誤差（不確かさ）があることとなる。

では、グリーン関数にはどれほどの誤差があるのか。上図で、同じ仮想的東海地震の応答スペクトルであるのに、経験的グリーン関数による結果と統計的グリーン関数による結果とが大きく食い違っていることが明らかである。両者のかい離は、最大 2 倍程度となっている。したがって、少なくとも、この程度の誤差は、グリーン関数に存在するものと見なければならない。

また、統計的グリーン関数自体の誤差がどれだけあるかも、別途検討されなければならない。特に、上図によれば、統計的グリーン関数の方が、経験的グリーン関数より短周期において過小となっていることが問題とされなければならない。原発にとって危険な地震動である短周期地震動が過小に評価されるなら、統計的グリーン関数によって導いた地震動では、原発の安全性が担保されなくなるおそれが生じてしまう。

いずれにしても、「グリーン関数」には、極めて大きな誤差（不確かさ）があるということになる。しかし、「不確かさの考慮」として、どこの原発でも、グリーン関数の不確かさは考慮されていない。この点だけをとっても、被告の行っている地震動評価は、明らかな新規制基準違反があるということになる。

3 強震動予測レシピにおける不確かさ（不確実さ、誤差）の考慮は全く不十分である

(1) JNESによる報告（平成19年4月「断層モデルの高度化に関する検討」）（甲53）

JNESによるこの検討は、「平成18年指針においては、基準地震動 S_s の策定に際し、その算定方式に断層モデルが導入され、地震動の不確実さについても言及することが要求されたことより」なされることとなったとされている。またこの検討は、「強震動予測パラメータの不確実さの定量的取り扱い」をも目指している（同序論）。

※定量的とは、量によって表現しようというものであり、その反対が定性的で、性質によって表現しようというものである。たとえば、「高い」は定性的表現であり、「5 cm 高い」は定量的表現である。

しかし、実際に本件原発の耐震設計でなされた「不確かさの考慮」は、たとえばアスペリティの位置を変えてみたり、応力降下量を変えてみたりするだけで、不確かさをどの程度考慮するのか、これで充分なのかという検討がなされた形跡がない。しかし、「不確かさ」には、その不確かさの程度という量的な視点も重要である。この「不確かさ」の量的な問題を無視しては、その「不確かさの考慮」が十分なものかどうかの判断もしようがない。

(2) 強震動予測レシピ

強震動予測レシピとは、本報告によると次のようなものである（甲53、平成19年4月「断層モデルの高度化に関する検討」2-1）。

「断層モデルによる強震動予測に関しては、想定する震源断層を設定し、その規模や破壊シナリオを構築する必要がある。しかしながら、その方法に関しては設定者に依存しばらつきの大きなものとなりがちであった。そこで、モデル化に際しての任意性を少しでも小さくするために、入倉孝次郎京都大学名誉教授らによって提案されたものが、「強震動予測レシピ」と呼ばれる非一様断層破壊シナリオの設定マニュアルである。」

現在、認識されている地震発生メカニズムは、地下に震源断層面という地震が発生する面があり、そのある1点から破壊が始まり（破壊開始点）、それが伝播して次々

破壊が面に沿って進行していき、破壊のたびに地震動を発生させていく、震源断層面の破壊は一様ではなく、アスペリティという固着した領域では、大きな歪みの解放があって、そこではより大きな地震動が発生する、というものである。これが「破壊シナリオ」であり、その破壊シナリオの種々の要素を設定していく。その設定の仕方が、人によってばらばらになってしまうことを避けるために、定式化したマニュアルを「レシピ」と呼んでいる。

なお、後述するように、被告が用いている断層モデルは、「強震動予測レシピ」そのものではないが、基本的な考え方においては、異なる点はない。この「強震動予測レシピ」（入倉のレシピ）は、次の9つの段階（step）からなっている。

STEP 1 断層破壊面積

Step 1: 断層破壊面積 ($S = LW$)

断層長さ L を決め、地震発生層厚と断層傾斜を考慮した最大幅 (W_{max}) との関係で断層幅 (W) を設定する。

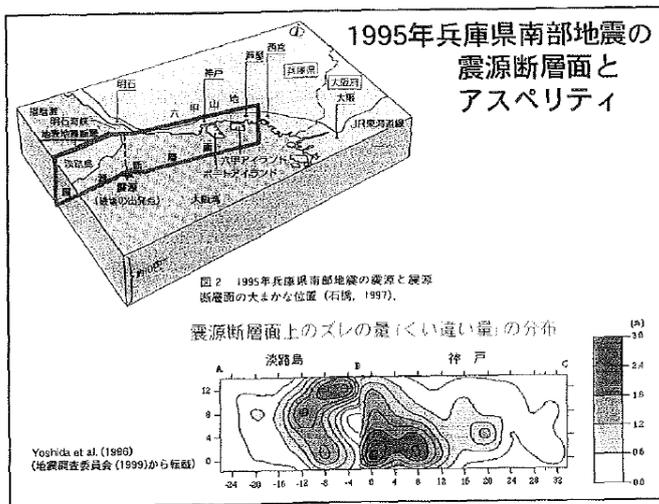
$$W (km) = L (km) \quad : L < W_{max}$$

$$W (km) = W_{max} (km) \quad : L \geq W_{max}$$

Step1 は断層破壊面積を導くものである。

レシピでは、震源断層面を正方形もしくは長方形として想定するので、面積は長さ×幅となる。断層モデルを用いた手法の出発点は、この断層の長さとは幅を決めることである。

この断層の長さとは幅を決めるについても大きな不確かさがある。内陸地殻内地震であれば、地表の断層の長さから震源断層面の長さを推定するが、実際に地震が起こる前に、地表の断層の長さから地下に広がる震源断層面の長さを推定する確実な方法はない。すなわち、震源断層面が地表（もしくは海底）の断層の長さを超え、どれだけ伸びるかには大きな不確かさがある。1995年兵庫県南部地震では、地表の断層の長さを大きく超えて、地下の断層は伸びていた（下図）。地表の断層は地下長く続く断層面の氷山の一角にすぎず、断層面の長さがどこまで伸びるかについては大きな不確かさを考慮する必要があるのである。



上が震源断層面のモデル、下が現実の震源断層面とアスペリティ
(濃い領域がアスペリティ)

また内陸地殻内地震の震源断層面の幅は、地震発生層の厚さから推定する。震源断層面の長さが地震発生層の厚さと断層傾斜を考慮した最大幅（傾斜があると地震発生層の厚さより長くなる）より短い場合は、長さとは一致していると考え、すなわち震源断層面は正方形と見る、そして長さが最大幅を超えている場合は、最大幅を幅として使用し、長さだけが大きくなる、すなわち震源断層面は長方形と見るというのが、上記の関係式である。

しかし、地震発生層の厚さ（下限深さと上限深さから厚さが導かれる）は、微小地震の発生領域などから推定するが、そもそも微小地震のデータがわずか20年ほどデータでしかないことから、この地震発生層の厚さの推定にも大きな不確かさが存在する。

一旦、震源断層面の長さと幅が決まれば、面積は長さ×幅で決まるが、実際の震源断層面は、上図の兵庫県南部地震で見られるように4角形ではなく、アスペリティも不定形なものである。この断層モデル自体、極めて簡略化したモデルでしかなく、そこにもすでに大きな誤差の要因があることになる。

STEP 2 地震モーメント

Step 2: 地震モーメント (M_0)

断層破壊面積と地震モーメントの関係式から設定する (図 2.1 参照)。

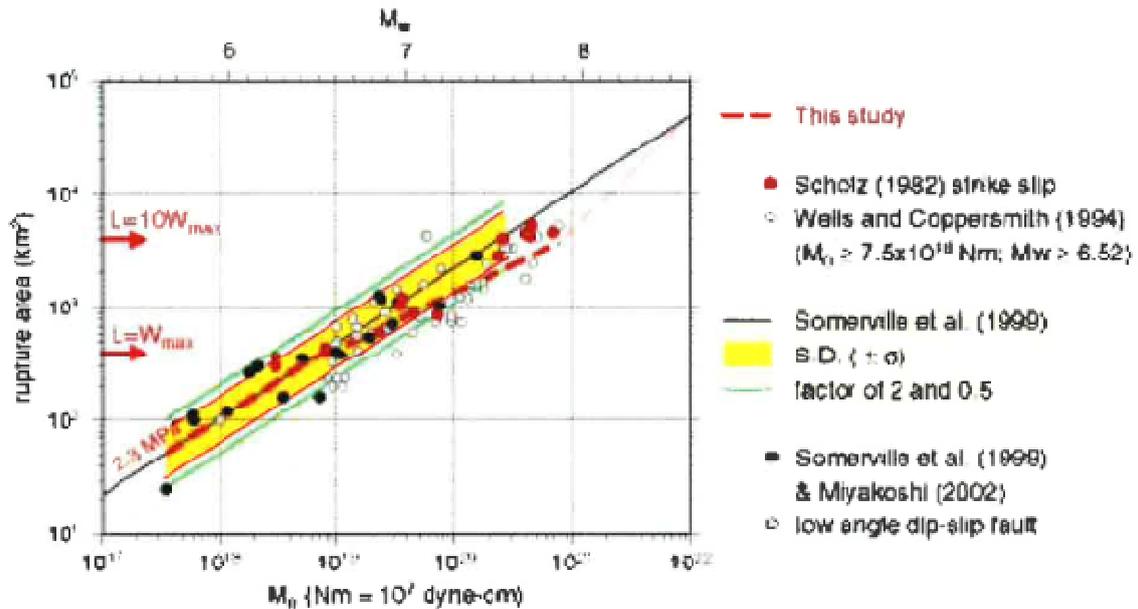


図 2.1 入倉・三宅の (2001) のスケーリング

Step2 は、断層破壊面積 (震源断層面の面積) から地震モーメントを導くものであり、上図の関係式によって導かれる。ちなみに上図はいずれも内陸地殻内地震のものである。

上図は、縦軸、横軸ともに対数表示となっていて、大きな 1 目盛が 10 倍である。中央の線を含む黄色の範囲が、中央の線からの $+\sigma$ 、 $-\sigma$ の範囲である。

※ σ = 標準偏差

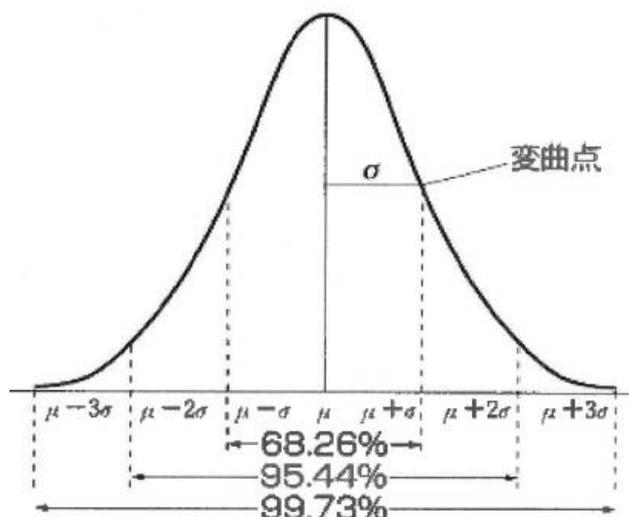
図でもわかるとおり、断層破壊面積が大きくなれば、それに応じて地震モーメントも大きくなる。それをスケーリング則と言う。しかし、その関係も、全ての値が 1 つの線の上に乗るものではなく、図のように、相当なばらつきのある関係となっている。

この図の黄色の範囲が標準偏差 ($\pm\sigma$) の範囲であり、その端に引いた赤線は、

横軸の M_0 の平均像の1/2と2倍の線であり、原告らが引いた線である。この赤線は、同じ断層面積で、 M_0 が1/2の値と2倍の値がどこかを示している。ちなみに、その外側の緑線は、入倉らが引いた同じ M_0 での縦軸の断層面積の平均像の1/2と2倍の値を示している。

下の目盛りで大きい目盛りから次の右側の小さい目盛りまでの長さは目盛り上「2倍」の長さであり、この「2倍」の長さは、図のどこでも同じ2倍である。したがって、上図のように、平均像の中央の線の2倍の値は、平均像の線に平行に引かれることとなる。同様に、1/2の値の線も、同じ長さで左側に平行に引かれる。ちなみに、その外側の緑色の線は、入倉らが引いた「2倍」と1/2の値を示す線とされているが、これは、縦軸での2倍と1/2の線であり、横軸での2倍と1/2の線は、原告らが書き入れた赤線である。この図の示すところからして、 $+\sigma$ の値は、ほぼ平均像（中央の直線の値）の2倍の値となっている。さらにもっとも平均からは慣れた値を見れば、ほぼ平均像の4倍となっていて、 1σ ごとに2倍となっているから、この値は $+2\sigma$ の値である。ちなみに $\pm\sigma$ の範囲には、データの68.26%、 $\pm 2\sigma$ の範囲にはデータの95.44%が入る（下図正規分布の図）。2.28%（4.56/2）の地震は、この 2σ をも超えることになる。

下図は正規分布の図であるが、 $+\sigma$ と $-\sigma$ の範囲に68.26%の値が入り、 $+2\sigma$ と -2σ の範囲に95.44%の値が入る。



したがって、平均像の4倍をとったとしても、おおよそ44 (=1/0.0228) 個に

1つの地震は、この値を超えてしまう。さらに言えば、 $+3\sigma$ の値は、平均像の $2 \times 2 \times 2 = 8$ 倍の値であるが、それでも0.135%の地震は、その8倍の値を超える地震動をもたらす。すなわち、同様の計算をすれば、740個に1つの地震の地震動は、平均像の8倍をも超えるのである。このように少ないデータで、どこまで言えるかは問題があるが、少なくとも、その程度のことは起こりうると考えなければならぬ。そして、740個に1個程度の可能性なら、起こったときにはあきらめるということでもいいのかというのが、このスケーリング則の問題の帰結の一つである。しかし、起こったときの被害は、福島第一原発事故の程度にとどまる保証はない。このあまりに甚大すぎる被害を考えれば、仮に740分の1であれ、危険を冒してはならないというのが、常識的判断であるはずである。

仮に、そこまでの値を取らなかったとしても、少なくとも、上図のもっとも平均から値の大きい側（右側）にはずれた値程度は想定すべきであると考えるのが相当である。少なくとも、それだけはずれた値の地震が現実には発生している以上、少なくともその程度の M_0 となる地震は発生しうるものと考えer必要がある。この値は、平均値の約4倍となっている。

ところで、上の最初の図で、黄色の範囲は、幅が同じである。その意味するところは、データのばらつきは、値の大小にかかわらず、同じということであり、面積 S のいかんにかかわらず、あるいは地震モーメント M_0 の大きさいかんにかかわらず、せめて4倍程度の不確かさは考慮されなければならないということの意味している。

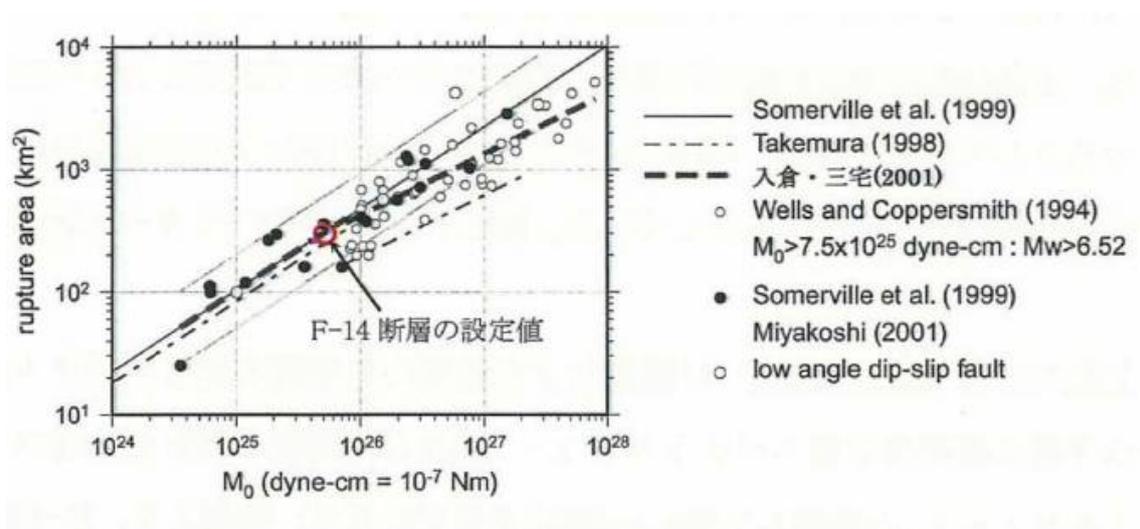
上の「4倍の値を取れ」というのは「過去最大」の値で想定するという意味している。しかし、さらに、「過去最大」の平均値からのずれで足りるか、もっと大きな値を取らなければならないのではないかというのが、せめて 3σ までは取るべきだ、あるいは 3σ よりも大きな値も取るべきだという問題である。「過去最大」と言っても、われわれの知識経験は、何10年程度のものでしかなく、地質現象の長い長いスパンからしたら、本当にわずかな短い期間の、けし粒ほどの価値しかないものでしかない。だから、その中の「過去最大」など、常に更新し続けていく。スマトラ沖地震も、東北地方太平洋沖地震もそうであった。古くはチリ津波もそうであった。したがって、「過去最大」を上回る現象が起こることは、覚悟する必要がある。だとすれば、原発は、「過去最大」で耐震設計をしてはならない。この原則か

らすれば、この4倍では足りないと考えべきであり、4倍という値は最低限のものと考えなければならない。

以上からして、この点での誤差（不確かさ）としては、強震動レシピで決めた M_0 の値の4倍程度は取るべきだというのは、原発の耐震設計での最低限の要求ということになる。

次に示す図は、大間原発における「原子力安全・保安院 平成20年3月 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」p190に記載されたものである。

この図の一番下に引かれた一点破線は、武村雅之現名古屋大学減災連携センター教授の研究結果を示すものである。



黒線は Somerville *et al.* (1999) によるもので、灰色の領域は標準偏差 ($\sigma = 0.16$) の範囲、実線は点線の倍半分の値を示す。白丸印で示される Wells and Coppersmith (1994) のカタログのデータは地震モーメントが 10^{25} dyne-cm を超える大きな地震で系統的なずれを示す。地震モーメントが 7.5×10^{25} dyne-cm より小さい場合（震源インバージョンの結果のみで回帰）と大きい場合（震源インバージョンの結果と Wells and Coppersmith (1994) のカタログを含めて回帰）に分けて決められた式が点線で示される。一点鎖線は武村 (1998) による経験的關係式を示す。
(入倉・三宅(2001)に加筆・修正)

第 6.1-1 図 断層面積と地震モーメント M_0 の関係

武村教授が示す式は、日本における過去の地震の破壊面積と地震モーメントの平均を取ったものとされている。結果的に、武村式は、入倉式よりも、約4倍以上安全側の式を提案していることになる。

耐震設計や耐津波設計において、しばしばこのスケーリング則が用いられる。それは、述べたように地震現象や津波現象が、良くは分からないため、多数の事象を集めて、その平均像を求めるしかないというところに、根本の原因がある。すなわち、スケーリング則には必然的に大きな誤差を伴わざるを得ない。そして、このスケーリング則を用いた耐震設計、耐津波設計には、また当然の帰結として、大きな誤差が伴わざるを得ないのである。

しかし、耐震設計は、この平均的な値で行ってはいけない。それでは 50%の地震で、平均値を超えてしまうので、とりわけ危険極まりない施設である原発で、平均値で耐震設計を行うなど到底許されないことである。

STEP 3 平均応力降下量

Step 3: 平均応力降下量 ($\Delta \bar{\sigma}_c$)

クラック理論 [Eshelby (1957)]^(2.5) に基づき設定する。

$$\Delta \bar{\sigma}_c = \frac{7\pi^{1.5}}{16} \cdot \frac{M_0}{S^{1.5}}$$

Step3 は、平均応力降下量を導くものであり、これを導く式が上の式である。平均応力降下量とは、震源断層面全体の応力降下量を面積で割ったものであり、S(面積)が一定であれば、 M_0 と平均応力降下量とは比例関係にあることとなる。したがって、 M_0 が 4 倍になれば、平均応力降下量も必然的に 4 倍になる。

STEP 4 アスペリティの総面積

Step 4: アスペリティの総面積 (S_a)

断層破壊面積とアスペリティの総面積の経験則 [Somerville et al. (1999)、入倉・三宅 (2001)] から設定する。

$$\frac{S_a}{S} = 0.22$$

Step4 は、アスペリティの総面積を導くものであるが、これは経験的に震源断層面の 22%がアスペリティの総面積であるというものであって、震源断層面の平均像を示すものである。この関係を見れば、次のとおりである。

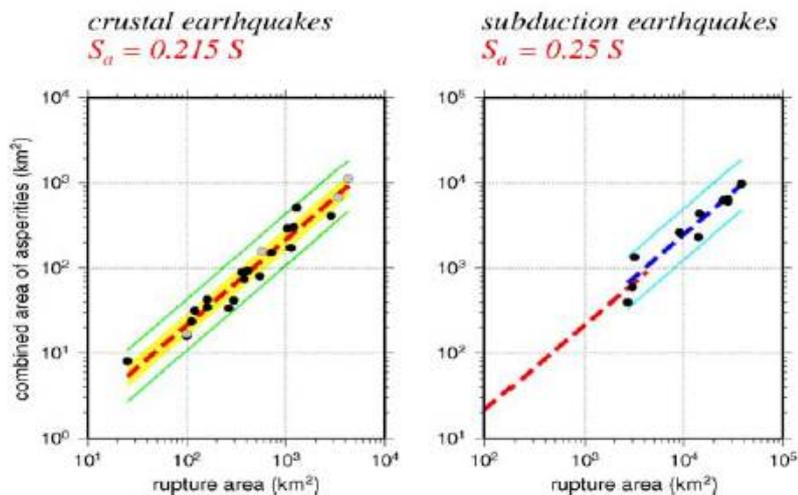


図 3. アスペリティ総面積と破壊域（断層面積）の経験的關係（入倉, 2004）。左図：内陸活断層地震。右図：海溝型地震。影部は標準偏差±σを示す。細実線は平均に対する2倍と1/2倍を示す。

甲54 「強震動予測レシピ」 入倉孝次郎

上図は、内陸地殻内地震では、アスペリティの面積は、断層の総面積の 21.5%、海溝型地震では 25.5% というのが平均像であることを示している。まず、この図でも、縦軸も横軸も対数表示であり、大きな1目盛りが10倍を示すことに注意する必要がある。そして、図を見れば、実はデータはやはり極めて大きなばらつきを示していることがわかる。

この図の縦軸はアスペリティの総面積、横軸は断層の総面積で、いずれも対数表示であり、大きな1めもりが10倍を示している。

この図で、平均（中央の直線）から下に最大はずれた値を見れば、同じ断層面積でも、アスペリティの面積が、平均の2分の1近い大きさとなる地震があることがわかる。アスペリティの面積比が小さければ、その分、アスペリティの応力降下量が大きくなるというのが、次の Step5 であるが、そうだとすると最低限、面積比を平均の2分の1として取るのが、危険な原発の耐震設計上での安全側に立った考え方ということになる。しかも、これも「過去最大」（面積比ということでは「過去最小）」ということだけでなく、すでに述べた原発の耐震設計上の原則からすれば、それだけでも足りない。したがって、原発の安全性を十分に確保するためには、さらに面積比を小さくとることも必要である。

ちなみに、内閣府に設けられた南海トラフの巨大地震モデル検討会は、南海トラフ沿いの地域の地震動や津波高の想定を実施したが、そのとき用いた強震断層モデルを見ると、東海域で面積比を 12.44%（下記パラメーター一覧記載の東海域の強震動生成域面積 3661÷セグメント面積 29419）としている。（甲 5 5 「南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について（第 1 次報告）巻末資料 2 2 頁）。

表2.1 強震断層モデルのパラメーター一覧

全体	面積(km ²)	110,150			
	応力パラメータ (MPa)	2.3			
	平均すべり量(m)	7.6			
	地震モーメント(Nm)	3.4E+22			
	Mw	9.0			
各セグメント	セグメント名	日向灘域	南海域	東海域	駿河湾域
	面積(km ²)	19,053	53,790	29,419	7,888
	平均応力降下量(MPa)	4	4	4	4
	平均すべり量(m)	5.5	9.3	6.9	3.6
	地震モーメント(Nm)	4.3E+21	2.0E+22	8.3E+21	1.2E+21
	Mw	8.4	8.8	8.5	8.0
強震動生成域 SMGA	面積(km ²)	2,047	6,109	3,661	853
	面積比	11%	11%	12%	11%
	平均すべり量(m)	11.1	18.6	13.7	7.1
	地震モーメント(Nm)	9.3E+20	4.7E+21	2.1E+21	2.5E+20
	Mw	7.9	8.4	8.1	7.5
強震動生成域 SMGA①	面積(km ²)	1,018	1,953	910	438
	応力パラメータ (MPa)	34.5	46.4	45.4	34.4
	平均すべり量(m)	11.0	20.5	13.7	7.2
	地震モーメント(Nm)	4.6E+20	1.6E+21	5.1E+20	1.3E+20
	Mw	7.7	8.1	7.7	7.3
強震動生成域 SMGA②	面積(km ²)	1,029	1,615	914	415
	応力パラメータ(MPa)	34.5	46.4	45.4	34.4
	平均すべり量(m)	11.1	18.7	13.7	7.0
	地震モーメント(Nm)	4.7E+20	1.2E+21	5.1E+20	1.2E+20
	Mw	7.7	8.0	7.7	7.3
強震動生成域 SMGA③	面積(km ²)	/	1,612	913	/
	応力パラメータ (MPa)		46.4	45.4	
	平均すべり量(m)		18.7	13.7	
	地震モーメント(Nm)		1.2E+21	5.1E+20	
	Mw		8.0	7.7	
強震動生成域 SMGA④	面積(km ²)	/	929	924	/
	応力パラメータ (MPa)		46.4	45.4	
	平均すべり量(m)		14.2	13.8	
	地震モーメント(Nm)		5.4E+20	5.2E+20	
	Mw		7.8	7.7	
背景領域	面積(km ²)	17,006	47,681	25,758	7,035
	応力パラメータ (MPa)	3.7	3.7	3.7	3.7
	平均すべり量(m)	4.9	8.1	5.9	3.1
	地震モーメント(Nm)	3.4E+21	1.6E+22	6.2E+21	9.0E+20
	Mw	8.3	8.7	8.5	7.9
そのほか	破壊伝播速度(km/s)	2.7	2.7	2.7	2.7
	fmax(Hz)	6Hz	6Hz	6Hz	6Hz
	剛性率(Nm ²)	4.1E+10	4.1E+10	4.1E+10	4.1E+10

この検討会の値 12.4%は、まさしくアスペリティと総面積の面積比の関係の中の

最小値である。検討会は、東北地方太平洋沖地震の知見から、このような値を導いたのであるが、検討会は、入倉レシピを適用する場合に、この面積比については、結果的にではあるものの、既往過去最小（地震動としては過去最大になる）の値を取るべきという立場を取ったということになる。

STEP 5 アスペリティの応力降下量

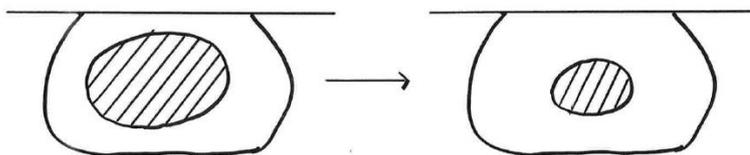
Step 5: アスペリティの応力降下量 ($\Delta\sigma_d$)

アスペリティ理論から、平均応力降下量に Step4 で設定した比の逆数を掛けて求める [入倉・三宅 (2001)]。

$$\Delta\sigma_a = \Delta\bar{\sigma}_c \cdot \frac{S}{S_a}$$

Step5 は、アスペリティの応力降下量を導くものであるが、これは、アスペリティ以外の震源断層面の領域（背景領域という）では、応力が蓄積されていない（いつも滑っていて応力がたまっていない）という考えによるもので、応力はすべてアスペリティで蓄積されている、したがって、アスペリティの面積比の逆数を平均応力降下量に（アスペリティが総面積の4分の1なら4倍というように）かければアスペリティの応力降下量となるとするものである。

アスペリティで全ての歪が集中する、すなわち、アスペリティでだけで断層が動かないように支えているということになれば、その面積が小さければ、そこに歪は集中して凝縮され、歪解消となったときに、より大きな地震動を発生させる。そこで、アスペリティの面積比が2分の1になれば、アスペリティの平均応力降下量は2倍となるのである。



アスペリティ 大
蓄積された歪みが薄まる
→ 発生する地震動は小さい

アスペリティ 小
歪みが凝縮される
→ 地震動が大きい

一方、地震モーメント M_0 が、仮に 4 倍になれば、やはりアスペリティの応力降下量も必然的に 4 倍となることになる。

これも簡略化されたモデルで平均像しかない。そもそもアスペリティとされる領域では、どこでも一様の応力降下量となるというわけではない。また本来は、異なるアスペリティで異なる応力降下量となることも考えなければならない。

また上記のように M_0 が同じでも、アスペリティの面積が断層面の総面積より小さければ小さいだけアスペリティの応力降下量は大きくなる (step4 の不確かさ)。

たとえば、この面積比が 22% ではなく、その半分の 11% であれば、アスペリティの応力降下量は 2 倍となってしまう。面積が同じでも、 M_0 が 4 倍になり、さらにアスペリティの面積比が 11% であれば、アスペリティの応力降下量は、レシピの 8 倍となってしまうのである。

STEP 6 アスペリティの個数と配置

Step 6: アスペリティの個数 (N) と配置

アスペリティの個数は対象断層帯のセグメンテーションに依存する。アスペリティの位置は地表変形量から推定して設定する。再来期間の短い地震であれば過去の地震時のアスペリティ位置が参照できる。近年では GPS 観測網が捉えたバックスリップ量が援用できる。

Step6 は、アスペリティの個数と配置を決めるものである。過去の地震時のアスペリティ位置がわかる場合以外は、地表での変形量などから推測するが、ここにも大きな不確かさがあり、正しいアスペリティの個数や位置は、実際に地震が起こらなければわからない。

STEP 7 アスペリティの平均すべり量比

Step 7: アスペリティの平均すべり量比 (D_a)

動力学破壊シミュレーション (その手法は 6 章で紹介する) の結果を基に、STEP6 で設定したアスペリティ個数 (N) に応じて、断層面全体の平均すべり量 (D) に対するアスペリティ部の平均すべり量 (D_a) の比を設定する。

$$N = 1 \text{ の場合は } D_a/D = 2.3$$

$$N = 2 \text{ の場合は } D_a/D = 2.0$$

$$N = 3 \text{ の場合は } D_a/D = 1.8$$

Step7 のアスペリティの平均すべり量比を決めるものであるが、アスペリティの平均すべり量の比は、アスペリティの個数に応じて、上記の式で導かれる。しかし、これも平均像でしかない。

STEP 8 アスペリティの実効応力と背景領域の実効応力

Step 8: アスペリティの実効応力(σ_a) と背景領域の実効応力 (σ_b)

アスペリティ部の実効応力(σ_a) は応力降下量 ($\Delta \sigma_a$) で近似できる。背景領域の実効応力(σ_b)は、動力学破壊シミュレーションの結果より、アスペリティ部の 1/5 程度に設定できる。

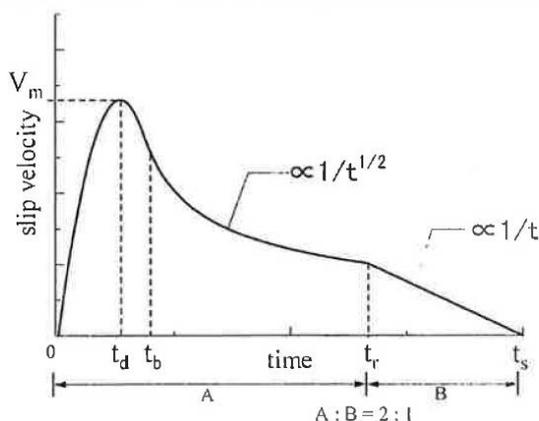
Step8 は、アスペリティの実効応力を導くものである。

地震発生時には、急速に破壊が伝播し、ある領域の破壊とともに、隣接領域に瞬時に歪を与えていく。そこで、本来歪が蓄積していなかった背景領域にも歪が発生して、その歪が解放されることによって、背景領域でも地震動が発生する。そのときの歪の解放量（応力降下量）が実効応力であり、アスペリティ部の実効応力は、蓄積された応力の解放量（応力降下量）で近似することとし、背景領域の実効応力は、アスペリティ部の応力降下量の 1/5 とするというものである。

STEP 9 すべり速度時間関数の設定

Step 9: すべり速度時間関数の設定

Kostrov 型のすべり速度時間関数を想定する [中村・宮武 (2000)]^(2,7)。その際、最大すべり速度は実効応力から、継続時間はアスペリティの大きさと破壊伝播速度から設定する。ここでも、動力学破壊シミュレーションの結果が参照されている (図 2.2)。



Step9 は、すべり速度が時間によってどう変化するか関数を設定するものであ

る。

以上の9つのStepは、「レシピ」であり、レシピによって導かれた値は、平均的な値でしかない。しかし、自然現象としての地震現象はばらつきがあって、現実の値は、「レシピ」で定めた値の前後にばらついて存在する。要するに、この「レシピ」は平均的な値、平均像を求めるものでしかない。

4 スケーリング則は莫大な誤差を必ず伴う

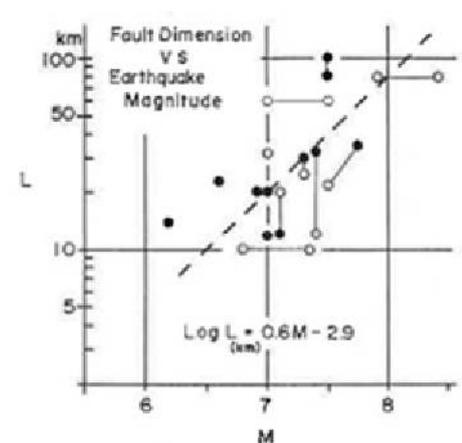
(1) スケーリング則について

地震現象は、地下深く起こる現象であるので、これを正確に知ることは極めて困難である（前記瀧瀬発言「隔靴搔痒」）。現に発生した地震でさえ、様々な見解がある。いわんや、まだ発生していない地震や津波が、どのようなものとなるかは、正確にはわからない。

そこで、全体の傾向を「スケーリング則」として記述し、それによって各種のパラメータを設定していく。それが強震動予測レシピ（入倉レシピ）と言われるものである。スケーリング則とは、規模に応じて各種の量が、増大するというものであり、前述した断層破壊面積 S と地震モーメント M_0 やモーメントマグニチュード M_w の関係などが、スケーリング則である。

(2) スケーリング則は、旧々耐震設計審査指針においても用いられていた

このようなスケーリング則によって行う地震動の想定は、平成 18 年指針の前の旧々耐震設計審査指針においても用いられていた。それが下記の松田の式という、断層の長さ L とマグニチュード（気象庁マグニチュード M_j ）との関係式である。

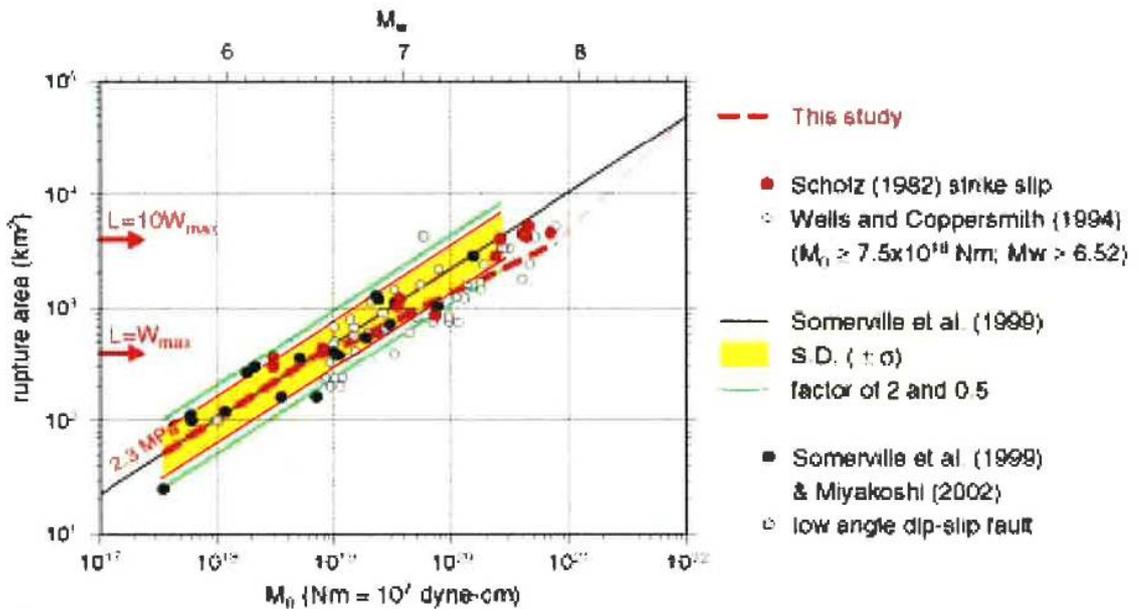


この図は、縦軸が断層の長さであり、横軸がマグニチュードであり、中央の点線が松田式である。この図を見れば、同じ断層の長さであっても、松田式を超えること、マグニチュードで1.0程度上回る地震が現に発生していたことがわかる。マグニチュード1.0は、エネルギーで32倍であり、松田式は、とんでもなく大きな誤差をかかえていたことがわかる。

このような莫大な誤差をかかえた松田式で、旧来の耐震設計は行われていた。松田式に莫大な誤差があることについては、もんじゅ訴訟で住民側が強く主張した。ところが、被告「サイクル機構」はこの議論には一切応じようとせず、もんじゅ訴訟高裁における住民側逆転勝訴判決でも、そもそも争点として摘示されることもなく、何らの判断も示されずに裁判は終わった(同判決は、その後最高裁で逆転敗訴)。

(3) スケーリング則には必然的に莫大な誤差が含まれる

松田式と、入倉レシピの断層面積 S —地震モーメント M_0 (モーメントマグニチュード M_w) とは、断層長さが断層面積に変わり、気象庁マグニチュード M_j がモーメントマグニチュード M_w に変わったという違いはあり、より物理的な意味がはっきりしたものの、全体の傾向からみるという点では、同じ性質の関係式である。そして、この入倉レシピ $S - M_0(M_w)$ の式も、やはり極めて大きな誤差をかかえているという点も、同じである。



特に、Step2の M_0 の決定は、そのまま平均応力降下量とアスペリティの応力降下量、背景領域での実効応力に直結し、その平均応力降下量とアスペリティの応力降下量、背景領域の実効応力は、短周期レベルの地震動の大きさに直結する（前記保安院の通知）。したがって、 M_0 が4倍の不確かさを持つのであれば、短周期レベルの地震動も4倍の値を取る必要がある。それが8倍だとすれば、8倍の値を取らなければならない。この短周期レベルの地震動の大きさこそが、 S_s の大きさを導くものであるから、 M_0 を4倍に取るなら、 S_s も4倍にすることが求められる。

さらにアスペリティの面積比が小さければ、アスペリティで発生する地震動も大きくなる。アスペリティ面積も小さくなるので地震動を小さくする効果もあるから、そのまま比例的に大きくなるわけではないが、短周期レベルの地震動もさらに大きくなってしまう。しかし、全国の原発では、どこでも、 M_0 を何倍にもするなどして、強震動予測レシピの不確かさ（誤差）を考慮し、 S に反映させるようなことは、全くしていない。

きわめて危険な原発においては、こうした誤差を無視することは許されない。

5 地震調査委員会による「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（レシピ）」

被告は、入倉レシピではなく、地震調査委員会による「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（レシピ）」（甲56）を用いているので、この点について付言す

る。

地震調査委員会のレシピも、多数のデータの平均像を表そうとしているものであり、この基本的な考え方は、入倉レシピと異なる点はない。

異なる点は、地震モーメントの設定での定数が 4.59 から 4.23 に変わっていること、地震モーメントから短周期レベルAを算出していること、アスペリティの面積の設定が地震モーメントや断層面積によって異なる式となっていて、断層面積の 22%などと一律の面積比としていないことなど、である。

ここで、短周期レベルとは、「短周期領域における加速度震源スペクトルのレベル」のことであり、地震モーメントから導かれる。そして、アスペリティの総面積は、短周期レベルと密接な関係があるとされている（甲 5 6 の付録 3 - 8）。したがって、地震調査委員会のレシピでは、「震源断層モデルの短周期レベルを設定した上で、アスペリティの総面積を求める」こととされている。

ただし、短周期レベルと地震モーメントの間においてもスケーリング則が用いられており、その本質において、多数のデータの平均像を表そうとしているものであり、この基本的な考え方は、入倉レシピと異なる点はない。

6 平成 19 年能登半島地震について

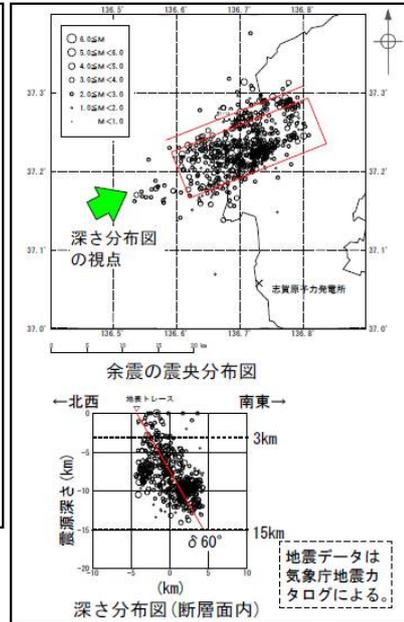
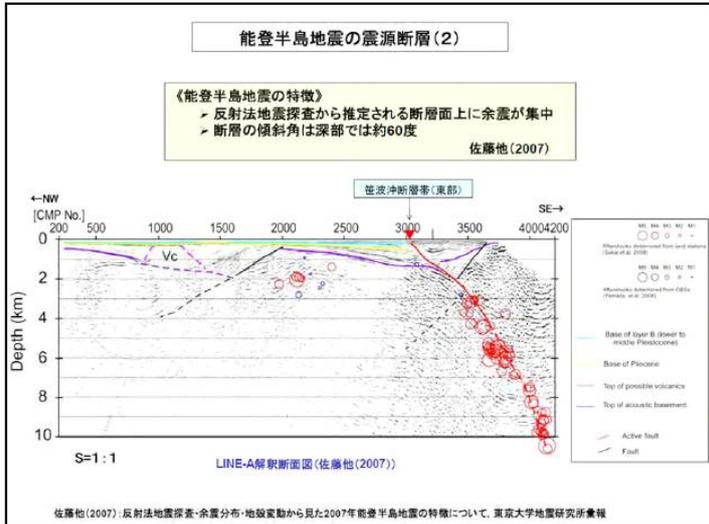
(1) 平成 19 年能登半島地震の概要

平成 19 年 3 月 25 日、能登半島北西部で、Mj6.9 (Mw6.7) の地震が発生した。「志賀原子力発電所 新耐震指針に照らした耐震安全性評価(基準地震動 Ss の策定について)平成 21 年 1 月 15 日 北陸電力株式会社」(甲 5 7)によれば、この平成 19 年能登半島地震の震源域、形状、断層モデル等は、下記のとおりであった。

断層モデルによるシミュレーション解析を用いた検討③

2. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動
2-5. 平成19年能登半島地震の知見を踏まえた検討 27

震源断層面の設定 (iii) [断層幅及び傾斜角の設定]



研究機関による知見や気象庁地震カタログを用いた検討から、断層長さを20.6km、傾斜角を60°、断層上端及び下端深さをそれぞれ3km及び15kmと設定。

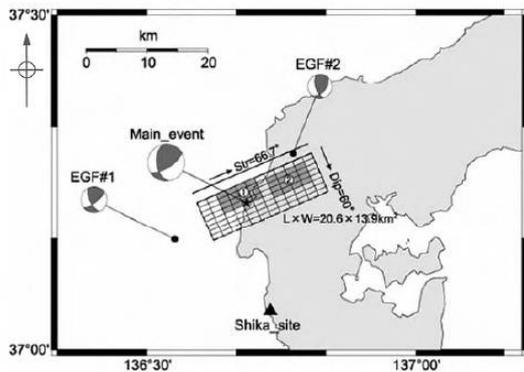
本震発生から最大余震(3月25日18時11分)発生前までの余震分布

断層モデルによるシミュレーション解析を用いた検討④

2. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動
2-5. 平成19年能登半島地震の知見を踏まえた検討 28

シミュレーション解析方針

- ・シミュレーション解析は、震源位置、震源メカニズム、地震波の到来方向等からみて地下構造特性が適切に反映されている観測記録が敷地で得られていることから、それらを要素地震とする経験的グリーン関数法により実施。
- ・再現する記録は敷地地盤の観測地点におけるEL-10mの観測記録とする。



要素地震は、本震の震源域付近で発生し震源メカニズム解が整合していること、観測記録にノイズが少なく評価対象とする周期0.02~5秒程度の周期帯域において十分な精度を有していること、に留意して以下の2地震を選定。

要素地震の諸元

地震	年月日	時分秒	震源位置		震源深さ (km)	マグニチュード M
			東経	北緯		
EGF#1	2007 3 26	14 46 34.67	136° 33.11'	37° 09.92'	8.62	4.8
EGF#2	2007 3 25	15 43 30.59	136° 46.31'	37° 17.64'	8.90	4.5
【参考】						
本震	2007 3 25	09 41 57.91	136° 41.16'	37° 13.24'	10.70	6.9

地震諸元は気象庁地震カタログによる。

策定した断層パラメータ

領域	要素地震	要素地震の応力降下量 $\Delta\sigma_e$ (MPa)	応力降下量補正係数 C	応力降下量 $C \cdot \Delta\sigma_e$ (MPa)	地震モーメント (N·m)
アスペリティ①	EGF#1	8.6	2.32	20.0	2.72E+18
アスペリティ②	EGF#2	2.0	5.00	10.0	1.91E+18
背景領域	EGF#1	8.6	0.50	4.3	8.97E+18

(メカニズム解は(独)防災科学技術研究所広帯域地震観測網(F-net)による)

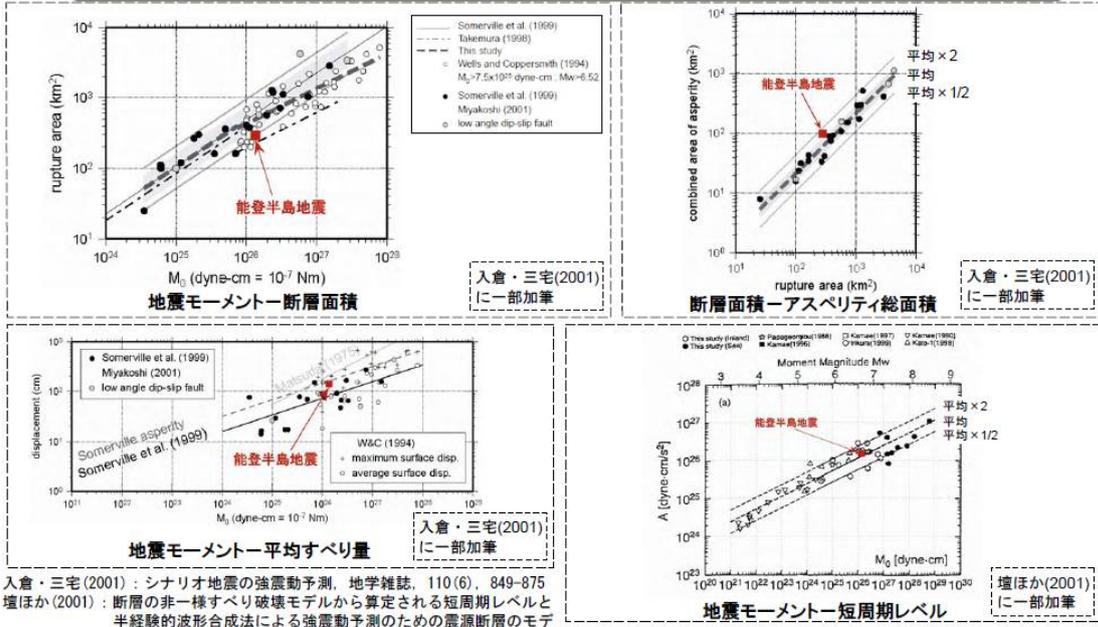
(注) 断層モデルは、アスペリティ部分において、強震動を発生させるすべり量(地震モーメント)の他に、実効応力が小さく短周期地震動への寄与が少ない背景領域のすべり量(地震モーメント)が付加的に生じるモデルを設定。

断層モデルによるシミュレーション解析を用いた検討⑦

能登半島地震のシミュレーション解析結果と地震調査委員会の強震動予測レシビ等で用いられている断層パラメータとの関係

2. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動
2-5. 平成19年能登半島地震の知見を踏まえた検討 31

他の内陸地殻内の同程度の地震に比べ断層面積がやや小さく、アスペリティ総面積、すべり量及び短周期レベルが大きい傾向がある。



入倉・三宅(2001): シナリオ地震の強震動予測, 地学雑誌, 110(6), 849-875
壇ほか(2001): 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, 日本建築学会構造系論文集, 545, 51-62

設定した断層パラメータ

2. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動
2-6. 検討用地震の地震動評価 46

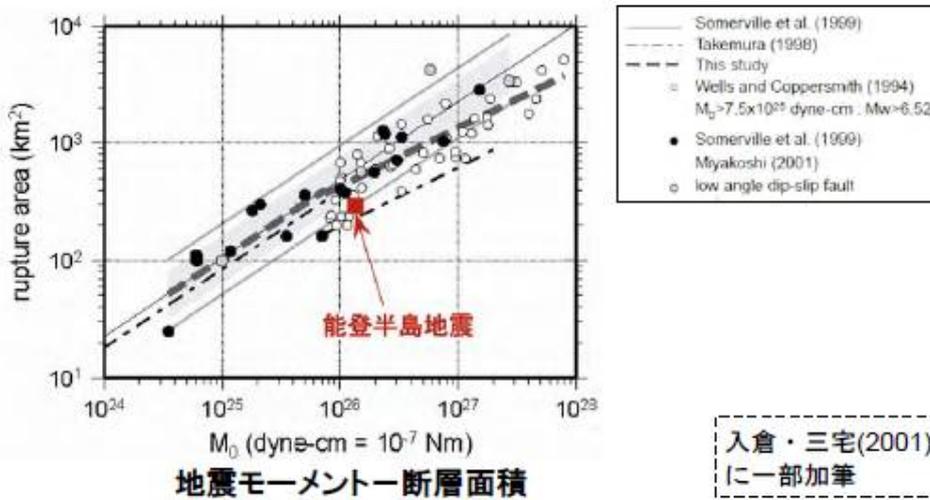
項目	【参考】能登半島地震	笹波沖断層帯(全長)			設定方法	項目	【参考】能登半島地震	笹波沖断層帯(全長)			設定方法
		東部	西部					東部	西部		
基準点北緯	N (°)	37.2207	37.2207	37.0838		面積	S_0 (km ²)	286.3	356.4	384.1	$S_0=S_1$
基準点東経	E (°)	136.5931	136.5931	136.4030		地震モーメント	M_{0i} (N·m)	8.97E+18	2.97E+19	3.20E+19	$M_{0i}=(M_0 \cdot \Sigma M_{0i}) \cdot S_0/S$
走向	θ (°)	66.7	66.7	52.7	調査結果に基づき設定	すべり量	D_0 (cm)	94.7	251.8	251.8	$D_0=M_{0i}/(\mu \cdot S_0)$
傾斜角	δ (°)	60	60	60	調査結果に基づき設定	実効応力	$\Delta \sigma_i$ (MPa)	4.3	4.3	4.3	能登半島地震シミュレーション解析結果
すべり角	λ (°)	132	132	132	能登半島地震シミュレーション解析結果	3/4 X 3/4	$T_{3/4}$ (s)	1.2	1.2	1.2	同上
長さ	L (km)	20.6	20.6	22.2	調査結果に基づき設定	高周波漸特性	f_{max} (Hz)	8.3	8.3	8.3	香川ほか(2003)
幅	W (km)	13.9	17.3	17.3	W=地震発生層厚さ(15km)/sin δ	剛性率	μ (N/m ²)	3.31E+10	3.31E+10	3.31E+10	上部地殻の剛性率
上端深さ	h (km)	3.0	3.0	3.0	微小地震分布等により設定	S波速度	V_s (km/s)	3.5	3.5	3.5	上部地殻のS波速度
3/4 X 3/4面積	S_1 (km ²)	286.3	356.4	384.1	$S_1=L \cdot W$	破壊伝播速度	V_r (km/s)	2.5	2.5	2.5	$V_r=0.72 \cdot V_s$ [Geller (1976)]
断層面積	S (km ²)	286.3	740.4		$S=\Sigma S_1$	破壊伝播様式		放射状	放射状		能登半島地震シミュレーション解析結果
地震モーメント	M_0 (N·m)	1.36E+19	7.31E+19		$M_0=\mu \cdot D \cdot S$						
平均すべり量	D (cm)	143.6	298.4		$D \propto L$						
平均応力降下量	$\Delta \sigma$ (MPa)	6.84	8.83		$\Delta \sigma=7/16 \cdot M_0 \cdot (S/\pi)^{-3/2}$						
短周期レベル	A (N·m/s ²)	1.38E+19	2.41E+19		$A \propto M_0^{1/2}$						
巨視的パラメータ	面積	S_{01} (km ²)	47.7	47.5	47.3	能登半島地震シミュレーション解析結果					
	地震モーメント	M_{01i} (N·m)	2.72E+18	3.35E+18	3.34E+18	$M_{01i}=\mu \cdot D_{01i} \cdot S_{01i}$					
	すべり量	D_{01i} (cm)	172.3	213.4	213.4	$D_{01i} \propto A_{01i}$					
	全すべり量	D_{01t} (cm)	267.0	465.3	465.3	$D_{01t}=D_{01e}+D_{01s}$					
	応力降下量	$\Delta \sigma_{01}$ (MPa)	20.0	24.8	24.8	$\Delta \sigma_{01} \propto A_{01i}$					
	3/4 X 3/4	T_{01t} (s)	0.6	0.6	0.6	能登半島地震シミュレーション解析結果					
	短周期レベル	A_{01i} (N·m/s ²)	1.20E+19	1.49E+19	1.49E+19	$A_{01i}=(\Sigma A_{01i})^{1/2}$					
	面積	S_{02} (km ²)	47.7	47.5	47.3	能登半島地震シミュレーション解析結果					
	地震モーメント	M_{02i} (N·m)	1.91E+18	2.36E+18	2.34E+18	$M_{02i}=\mu \cdot D_{02i} \cdot S_{02i}$					
	すべり量	D_{02i} (cm)	121.0	149.9	149.9	$D_{02i} \propto A_{02i}$					
全すべり量	D_{02t} (cm)	215.7	401.7	401.7	$D_{02t}=D_{02e}+D_{02s}$						
応力降下量	$\Delta \sigma_{02}$ (MPa)	10.0	12.4	12.4	$\Delta \sigma_{02} \propto A_{02i}$						
3/4 X 3/4	T_{02t} (s)	0.6	0.6	0.6	能登半島地震シミュレーション解析結果						
短周期レベル	A_{02i} (N·m/s ²)	6.73E+18	8.34E+18	8.34E+18	$A_{02i}=(\Sigma A_{02i})^{1/2}$						

断層パラメータは平成19年能登半島地震のシミュレーション解析結果を反映して設定

(注) 断層モデルは、能登半島地震と同様アスペリティ部分において、強震動を発生させるすべり量(地震モーメント)の他に、実効応力が小さく短周期地震動への寄与が少ない背景領域のすべり量(地震モーメント)が付加的に生じるモデルを設定。

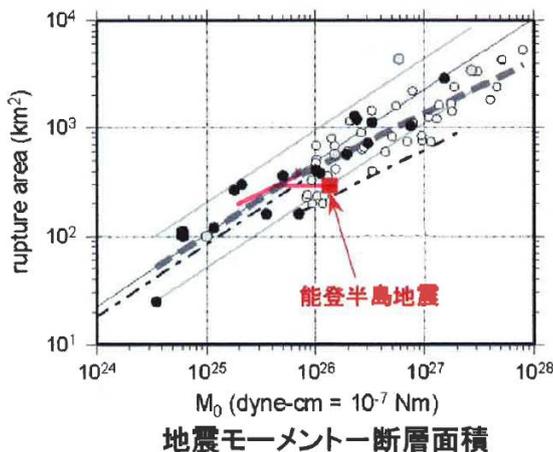
(2) 平成 19 年能登半島地震の知見

「設定した断層パラメータ」の図で「参考」として記載されているのが、能登半島地震の各種パラメータである。この中で、特に問題となるのが、次の図である。



この図からわかることとして、同じ断層面積の地震の中で、地震モーメント M_0 (あるいは M_w) が平均的地震より、相当程度大きいことである。ちなみに、この地震は、地表に断層が現れた断層であるので、上図の太い波線 (入倉レシピによる平均像を示すもの) のうち、折れ曲がったものの右側の破線がこの種の地震の平均像を示す入倉の直線である。

そこで、この平均像からのかい離を図で見ると次のとおりとなっている。



この断層面積での平均像を示す入倉レシピによる計算結果と比較すると、次のとおりである。

平成19年能登半島地震のパラメータと入倉レシピの比較

入倉レシピ

断層面積S 地震モーメント M_0 平均応力降下量 アスペリティの応力降下量 モーメントマグニチュード M_w
 286.3 3.89061E+25 1.95653E+22 8.89334E+22 6.326678217

平成19年能登半島地震

286.3 1.36E+26 8.83E+22 20.0E+22 (20.0MPa)
 10.0E+22 (10.0MPa)

以上のとおり、平成19年能登半島地震の知見として、第1に、地震モーメントは平均の3.5倍、平均応力降下量は平均の4.5倍となっていることが指摘できる。ただし、アスペリティの面積が平均より33%大きいことから、アスペリティの応力降下量は、平均の2.25倍にとどまっている。

第2に、「設定した断層パラメータ」を見ると、2つのアスペリティで、応力降下量が大きく違うことがわかる。ちなみに、この点は、中越沖地震でも、下記のとおり3つのアスペリティの応力降下量は、すべて同じというわけではなかった。

設定した震源断層モデルの緒元

	Rupture start point	Depth (km)	M_0 (Nm)
ASP1	(4,3)	10.0	1.69×10^{18}
ASP2	(5,2)	8.3	1.69×10^{18}
ASP3	(4,5)	11.3	1.02×10^{18}
	L (km) × W (km)	$\Delta\sigma$ (MPa)	Risetime (second)
ASP1	5.5 × 5.5 (N:5 × 5)	23.7	0.5
ASP2	5.5 × 5.5 (N:5 × 5)	23.7	0.5
ASP3	5.04 × 5.04 (N:9 × 9)	19.8	0.45

これまでほとんどの原発で、複数のアスペリティの応力降下量は同じとしてモデルが設定されていたが、実は、現実の地震では、必ずしもそうではなく、1つのアスペリティだけが他より、応力降下量が相当に大きくなることもあるのである。

このように、実際の地震には相当大きなばらつきがあるのであって、これを平均化したモデルを用いて、原発の耐震設計をすることは、そのスタートにおいて誤っている。

第8 大飯原発における内陸地殻内地震の危険性

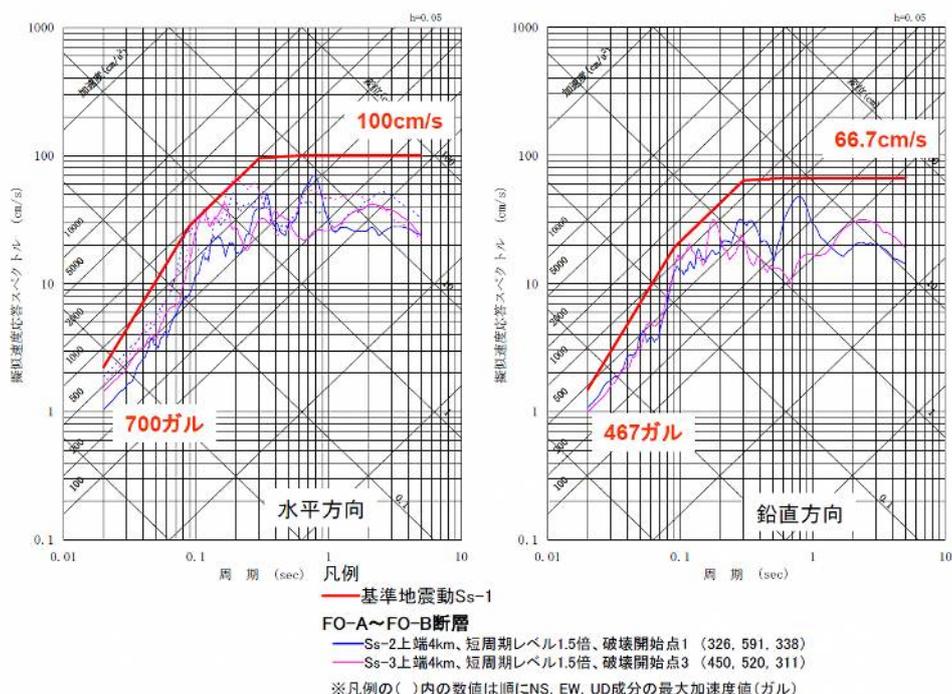
1 被告の想定 (FO-A~FO-B 断層)

被告が行った地震動の想定も、平均像を求めたものに過ぎない。被告が、原子力規制委員会に提出した「大飯発電所 基準地震動の評価について」(平成25年12月18日)(甲49)によれば、その具体的な想定した基準地震動の形状は以下のとおりであり、これは、FOA~FOB断層の断層モデルを用いた手法による下記の地震動を包絡するように策定されている。

4. 基準地震動Ssの策定

69

■以上より、大飯発電所の基準地震動としてSs-1、Ss-2、Ss-3を策定した。



被告は、他に上林川断層や熊川断層についても評価しているが、Ss 策定に大きく寄与しているのは、FO-A~FO-B 断層であるので、ここでは、この FO-A~FO-B 断層について検討する。

被告に調査による断層の分布と、策定した断層モデルは次のとおりである。

2 被告の想定の誤りその1 (F0-A~F0-B 断層の震源断層面の不自然さ)

(1) 被告の想定の誤り

この断層モデルは、地表（海底面）の断層から、すくとんと真下に断層が垂直に存在し、地表の断層から前後にはみ出すことがないとするものである。

しかし、地表の断層は、地下の震源断層面の頂部が地表にはみ出したものでしかなく、現実の断層である前記した兵庫県南部地震を見ても、地表の断層の前後に長くつながる地下部分が存在する。この点からしても、このモデルは、極めて不自然なモデルであり、常識的に考えても、地下にいけば地表の断層からはみ出すように断層は存在すると考えるべきである。そうなれば断層面積も大きくなるし、またアスペリティの位置も、もっと原発敷地の目の前におくモデルを考える必要に迫られる。

とりわけ南東方向は、小浜湾であって、その先の熊川断層に至るまで、水深も浅い海域が広がっている。そのため、海域の断層と陸域の断層とがうまく繋がらないという問題が生じている。

(2) 地質情報の整備及び利用促進に関する検討会

経済産業省に設置された「地質情報の整備及び利用促進に関する検討会第1回」(平成25年1月23日開催)の配布資料でも、次のとおりの記載がある。

能登半島地震及び中越沖地震を契機として、沿岸域の重要性が認識されるようになり、陸域から海域までの活断層の有無など、海陸を接合した地質情報の整備が重要視されるようになった。

沿岸域には人口及び重要インフラが集中しており、特に陸域近くの活断層の存在や平野の地盤情報は人間活動へ大きな影響を及ぼす。しかし、重要な基盤情報の一つである沿岸海域の地質情報には、1) 大型観測船が沿岸に近づけない、2) 小型船に積載可能な探査装置では、高品質データが取得できない等の問題があり、情報の空白域が存在している。また、海域と陸域では調査手法の違いにより不連続が生じるといった問題もある。



海-陸を繋ぐ地質図(海陸シームレス地質図)整備と沿岸域調査手法の開発が必要

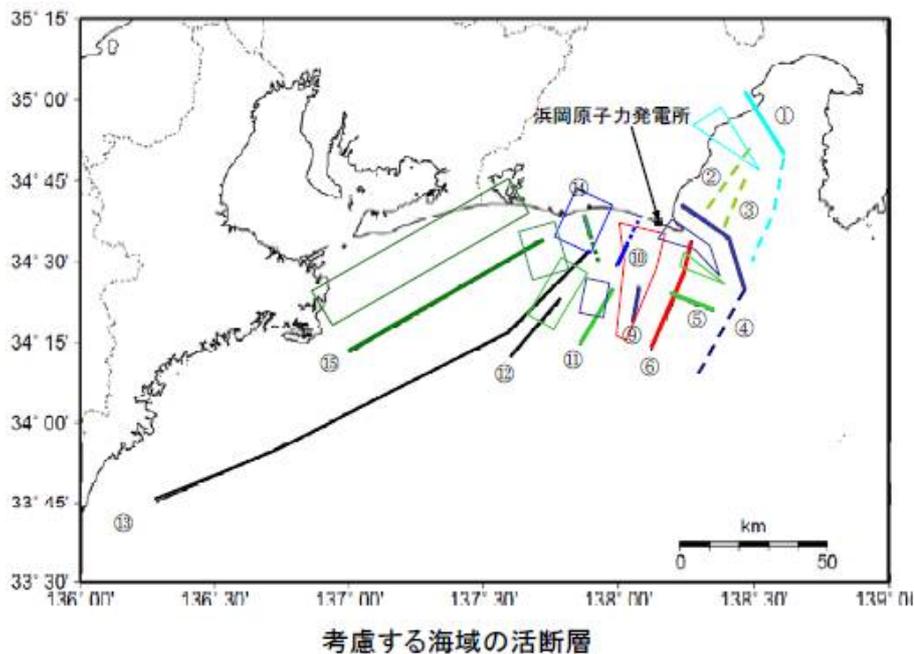
ここでは、

「沿岸海域の地質情報には、1) 大型観測船が沿岸に近づけない、2) 小型船に積載可能な探査装置では、高品質データが取得できない等の問題があり、情報の空白域が存在している。また海域と陸域では調査手法の違いにより不連続が生じるといった問題もある。」

とされていて、「海・陸を繋ぐ地質図(海陸シームレス地質図)の整備と沿岸域調査手法の開発が必要」だとされている。要するに、上図の、あたかも沿岸域に断層のバリアがあるかのような様相は、要するに良くわからないからそうなっているだけなのであって、この点で大きな不確かさが存在するのである。

(3) 中部電力が示した浜岡原発周辺の海底断層

一例として、浜岡原発で中部電力が示している周辺の海底断層の一覧を見ると以下のとおりであった。



このように、海底の断層は、陸上まで続くと想定されているものがほとんどない。あたかも海岸線が断層の障壁になっているかのようである。

しかし、そもそも地表や海底に姿を現した断層の地下には、巨大な震源断層面が存在し、地表や海底に現れたものは、その氷山の一角にしか過ぎない。地下の断層運動は、陸地か海かには関係がない。したがって、海底に現れた断層の前後には長く続く震源断層面が存在することを否定することはできない。また、海岸線付近では断層が浸食などで認識しにくい、あるいは探査技術的に断層が把握しにくいという点がある。このように海底断層の長さには、陸域に近い領域で大きな「不確かさ」が考慮されなければならないこととなる。

(4) 渡辺満久教授の指摘

渡辺満久東洋大学教授は、2012年11月17日に行われた日本活断層学会で、F0-A～F0-B断層と熊川断層との間の海域で、下図のとおり、断層を示す地形や変形を観測したと発表した。これによって、3連動の可能性があると指摘しており、同教授の指摘からして、3連動（3連続）の可能性は、否定できないことが明らかとなっている。



(甲58 福井新聞2012年11月16日)

そうだとすると、この F0-A~F0-B も、特に南東側にはさらに延びている可能性を考えなければならない。そうなれば、熊川断層と連続している可能性を考慮すべきこととなる。ちなみに、単に連動する可能性ではなく、連続している可能性を考慮すべきなのである。

3 被告の想定 of 誤りその2 (F0-A~F0-B 断層のパラメータが過小である)

この F0-A~F0-B 断層のパラメータは、被告によれば次のとおりとされている。

3. 地震動評価結果

20

■FO-A～FO-B断層のパラメータ(基本ケース)

断層パラメータ	パラメータ	設定方法	断層パラメータ	パラメータ	設定方法
断層長さL(km)	35.3	断層位置から計算	全 ア ス ペ リ テ ィ	面積 S_a (km ²)	$S_a = \pi r^2$, $r = (7 \pi M_0 \beta^2) / (4 A a R)$, $R = (S / \pi)^{0.5}$
断層傾斜角(°)	90	調査結果に基づき設定		平均すべり量 D_a (cm)	$D_a = \gamma_D D$, $\gamma_D = 2.01$
断層上端深さ(km)	4	微小地震の発生及び地下構造を参考に設定		地震モーメント M_{0a} (Nm)	$M_{0a} = \mu S_a D_a$
断層下端深さ(km)	18	地震発生層と傾斜角から設定	応力降下量 $\Delta \sigma_a$ (MPa)	$\Delta \sigma_a = (S / S_a) \Delta \sigma$	
断層幅W(km)	14	地震発生層と傾斜角から設定	大 ア ス ペ リ テ ィ	面積 S_{a1} (km ²)	$S_{a1} = 2/3 S_a$
断層面積 S (km ²)	494.2	断層面より算定		平均すべり量 D_{a1} (cm)	$D_{a1} = M_{0a1} / (\mu S_{a1})$
破壊伝播様式	同心円状	—		地震モーメント M_{0a1} (Nm)	$M_{0a1} = M_{0a} S_{a1}^{1.5} / (S_a^{1.5} + S_{a2}^{1.5})$
地震モーメント M_0 (Nm)	1.36×10^{19}	$M_0 = (S / (4.24 \times 10^{-11}))^{2.0}$	応力降下量 $\Delta \sigma_{a1}$ (MPa)	$\Delta \sigma_{a1} = \Delta \sigma_a$	
剛性率(N/m ²)	3.5×10^{10}	$\mu = \rho \beta^2$, $\rho = 2.7 \text{g/cm}^3$, $\beta = 3.6 \text{km/s}$	小 ア ス ペ リ テ ィ	面積 S_{a2} (km ²)	$S_{a2} = 1/3 S_a$
平均すべり量 D (cm)	78.6	$D = M_0 / (\mu S)$		平均すべり量 D_{a2} (cm)	$D_{a2} = M_{0a2} / (\mu S_{a2})$
平均応力降下量 $\Delta \sigma$ (MPa)	3.0	$\Delta \sigma = (7 \pi^{1.5} / 16) (M_0 / S^{1.5})$		地震モーメント M_{0a2} (Nm)	$M_{0a2} = M_{0a} S_{a2}^{1.5} / (S_a^{1.5} + S_{a2}^{1.5})$
破壊伝播速度 V_r (km/s)	2.59	$V_r = 0.72 \beta$	応力降下量 $\Delta \sigma_{a2}$ (MPa)	$\Delta \sigma_{a2} = \Delta \sigma_a$	
立ち上がり時間 T_r (sec)	1.04	$T_r = 2.03 \times 10^{-9} M_0^{1/3}$	背 景 領 域	面積 S_b (km ²)	$S_b = S - S_a$
高周波限界遮断周波数 f_{max} (Hz)	8.3	香川ほか、2003		平均すべり量 D_b (cm)	$D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$
短周期レベルA(Nm/s ²)	1.26×10^{19}	$A = 2.46 \times 10^{17} \times M_0^{1/3}$		地震モーメント M_{0b} (Nm)	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
Q値	$50f^{1.1}$	佐藤ほか、2007		実効応力 σ_b (MPa)	$\sigma_b = 0.2 \Delta \sigma_a$

3. 地震動評価結果

18

■FO-A～FO-B断層における地震動評価

- ・活断層調査結果等に基づき基本ケースの震源モデルを設定。
- ・不確かさを考慮したケースは、敷地における地震動評価に影響が大きいと考えられる、断層上端深さを浅くしたケース、傾斜角を75°としたケースおよび短周期の地震動レベル1.5倍のケースについて評価を実施。
- ・アスペリティ位置については、安全側にすべてのケースにおいて敷地近傍に配置。
- ・破壊開始点については、断層およびアスペリティ下端に複数のケースを設定して評価。

FO-A～FO-B断層の地震動評価に考慮する不確かさ

	断層上端深さ	断層傾斜角	アスペリティ	破壊開始点	短周期の地震動レベル	備考
基本ケース	4km	90°	敷地近傍に配置	複数設定	レシビ平均	
断層上端深さの不確かさを考慮	3km	90°	敷地近傍に配置	複数設定	レシビ平均	
短周期レベル	4km	90°	敷地近傍に配置	複数設定	レシビ平均 × 1.5倍	中越沖地震 知見反映
断層傾斜角の不確かさを考慮	4km	75°	敷地近傍に配置	複数設定	レシビ平均	

：不確かさを考慮したパラメータ

被告が行った不確かさの考慮は、上記のものだけである。

しかし、もっとも大きな強震動予測の誤差の問題は、単に中越沖地震の知見から、短周期レベルを1.5倍にしたにとどまる。本来、行わなければならない「不確かさの考慮」は、強震動予測手法に含まれる誤差の考慮であり、上記の他の不確かさの考慮では、到底、この誤差をカバーできない。短周期レベルは1.5倍では全く不足であり、少なくともレシピの10倍、もしくはさらに大きく短周期レベルを大きくする必要がある。そうすれば、 S_s は、けた違いに大きくすることが求められるはずである。

4 被告の想定の誤りその3 (FO-A~FO-B断層と熊川断層の連動)

(1) 被告の想定

被告は、平成25年12月18日付の「大飯発電所 基準地震動の評価について」(甲49)において、FO-A~FO-B断層と熊川断層が連動したときの評価を行った。FO-A~FO-B断層と熊川断層が連動している(連続している)ことは、かねてから指摘されていたが、被告も、ようやく連動の可能性を事実上認めて、地震動評価を行ったのである。

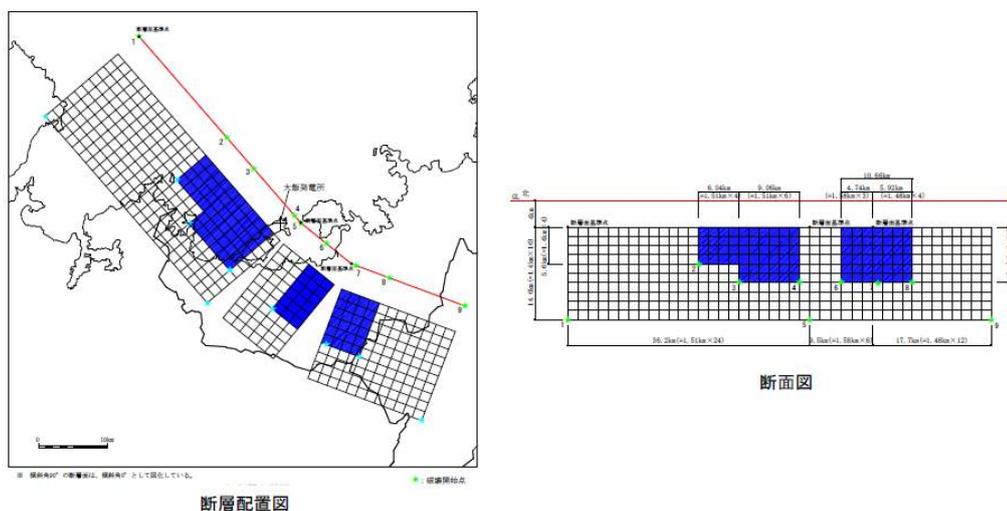
被告は、このFO-A~FO-B断層と熊川断層が連動したときの断層モデルを、次のとおりとしている。

(基本ケース)

5. FO-A~FO-B断層と熊川断層の連動を考慮した地震動評価

72

■FO-A~FO-B~熊川断層のモデル図(基本ケース)



5. FO-A~FO-B断層と熊川断層の連動を考慮した地震動評価

73

■FO-A~FO-B~熊川断層の断層パラメータ(基本ケース)

断層パラメータ	パラメータ			設定方法
	全体	FO-A~FO-B	熊川	
断層長さL(km)	63.4	36.2	27.2	断層位置から計算
断層傾斜角(°)	—	90	90	調査結果に基づき設定
断層上端深さ(km) 断層下端深さ(km)	—	4 18	4 18	微小地震の発生及び地下構造を参考に設定
断層幅W(km)	—	14.0	14.0	地震発生層と傾斜角から設定
断層面積S(km ²)	887.6	506.8	380.8	断層面より算定
破壊伝播様式	同心円状	←	←	—
地震モーメントM ₀ (Nm)	4.38 × 10 ¹⁹	2.65 × 10 ¹⁹	1.73 × 10 ¹⁹	M ₀ ={S/(4.24 × 10 ⁻¹¹)} ^{2.0} 全体の地震モーメントを断層面積の1.5 乗比で分配
剛性率(N/m ²)	3.5 × 10 ¹⁰	←	←	μ=ρβ ² , ρ=2.7g/cm ³ , β=3.6km/s
平均すべり量D(cm)	141.1	149.6	129.7	D=M ₀ /(μS)
平均応力降下量Δσ(MPa)	3.1	←	←	Fujii and Matsu'ura(2000)
破壊伝播速度Vr(km/s)	2.59	←	←	Vr=0.72β
立ち上がり時間Tr(sec)	1.54	←	←	Tr=2.03 × 10 ⁻⁶ M ₀ ^{1/3}
高周波限界速断周波数fmax(Hz)	8.3	←	←	香川他(2003)
短周期レベルA(Nm/s ²)(参考)	1.87 × 10 ¹⁹	←	←	A=2.46 × 10 ¹⁹ × (M ₀ × 10 ⁷) ^{1/3}
Q値	50f ^{1.1}	←	←	佐藤他(2007)

5. FO-A~FO-B断層と熊川断層の連動を考慮した地震動評価

74

■FO-A~FO-B~熊川断層の断層パラメータ(基本ケース)

断層パラメータ	パラメータ			設定方法	
	全体	FO-A~FO-B	熊川		
全 ア ス ペ リ テ ィ	面積S _a (km ²)	195.27	111.5	83.78	S _a =γasp × S, γasp=0.22
	平均すべり量D _a (cm)	283.6	300.8	260.7	D _a =γ ₀ D, γ ₀ =2.01
	地震モーメントM _{0a} (Nm)	1.94 × 10 ¹⁹	1.17 × 10 ¹⁹	7.64 × 10 ¹⁸	M _{0a} =μS _a D _a
	応力降下量Δσ _a (MPa)	14.1	←	←	Δσ _a =(S/S _a)Δσ
大 ア ス ペ リ テ ィ	面積S _{a1} (km ²)	—	74.3	/	S _{a1} =2/3S _a
	平均すべり量D _{a1} (cm)	—	333.3		D _{a1} =M _{0a1} /(μS _{a1})
	地震モーメントM _{0a1} (Nm)	—	8.67 × 10 ¹⁸		M _{0a1} =M _{0a} S _{a1} ^{1.5} /(S _{a1} ^{1.5} +S _{a2} ^{1.5})
	応力降下量Δσ _{a1} (MPa)	—	14.1		Δσ _{a1} =Δσ _a
小 ア ス ペ リ テ ィ	面積S _{a2} (km ²)	—	37.2	/	S _{a2} =1/3S _a
	平均すべり量D _{a2} (cm)	—	235.7		D _{a2} =M _{0a2} /(μS _{a2})
	地震モーメントM _{0a2} (Nm)	—	3.07 × 10 ¹⁸		M _{0a2} =M _{0a} S _{a2} ^{1.5} /(S _{a1} ^{1.5} +S _{a2} ^{1.5})
	応力降下量Δσ _{a2} (MPa)	—	14.1		Δσ _{a2} =Δσ _a
背 景 領 域	面積S _b (km ²)	692.33	395.3	297.02	S _b =S-S _a
	平均すべり量D _b (cm)	100.9	107.0	92.8	D _b =M _{0b} /(μS _b)
	地震モーメントM _{0b} (Nm)	2.44 × 10 ¹⁹	1.48 × 10 ¹⁹	9.64 × 10 ¹⁸	M _{0b} =M ₀ -M _{0a}
	実効応力σ _b (MPa)	2.8	←	←	σ _b =0.2Δσ _a

そして、これを基本ケースとして、次の「不確かさの考慮」をしたとする。

5. FO-A~FO-B断層と熊川断層の連動を考慮した地震動評価

71

■FO-A~FO-B断層~熊川断層の連動を考慮した場合の地震動評価

- ・3連動を考慮した場合の、基本ケースの震源モデルを設定。
- ・不確かさを考慮したケースは、敷地における地震動評価に影響が大きいと考えられる、断層上端深さを浅くしたケース、傾斜角を75°としたケース、短周期の地震動レベル1.5倍のケースおよびすべり角を30°にしたケースについて評価を実施。
- ・アスペリティ位置については、各断層ごとに敷地近傍に配置。また、小浜湾に活構造は認められなかったが、不確かさとしてアスペリティを一塊としたケース、一塊で横長としたケースも評価。
- ・破壊開始点については、断層およびアスペリティ下端に複数のケースを設定して評価。

地震動評価に考慮する不確かさ

	断層上端深さ	短周期の地震動レベル	断層傾斜角	すべり角	アスペリティ	破壊開始点	備考
基本ケース	4km	レシビ平均	90°	0°	敷地近傍に配置	複数設定	
断層上端深さの不確かさを考慮	3km	レシビ平均	90°	0°	敷地近傍に配置	複数設定	
短周期の地震動レベルの不確かさを考慮	4km	レシビ平均×1.5倍	90°	0°	敷地近傍に配置	複数設定	中越沖地震 知見反映
断層傾斜角の不確かさを考慮	4km	レシビ平均	75°	0°	敷地近傍に配置	複数設定	
すべり角の不確かさを考慮	4km	レシビ平均	90°	30°	敷地近傍に配置	複数設定	
アスペリティ配置の不確かさを考慮	4km	レシビ平均	90°	0°	敷地近傍で一塊	複数設定	
	4km	レシビ平均	90°	0°	敷地近傍で一塊・横長	複数設定	

■ : 不確かさを考慮したパラメータ

上表のとおり、被告は、不確かさの考慮として、

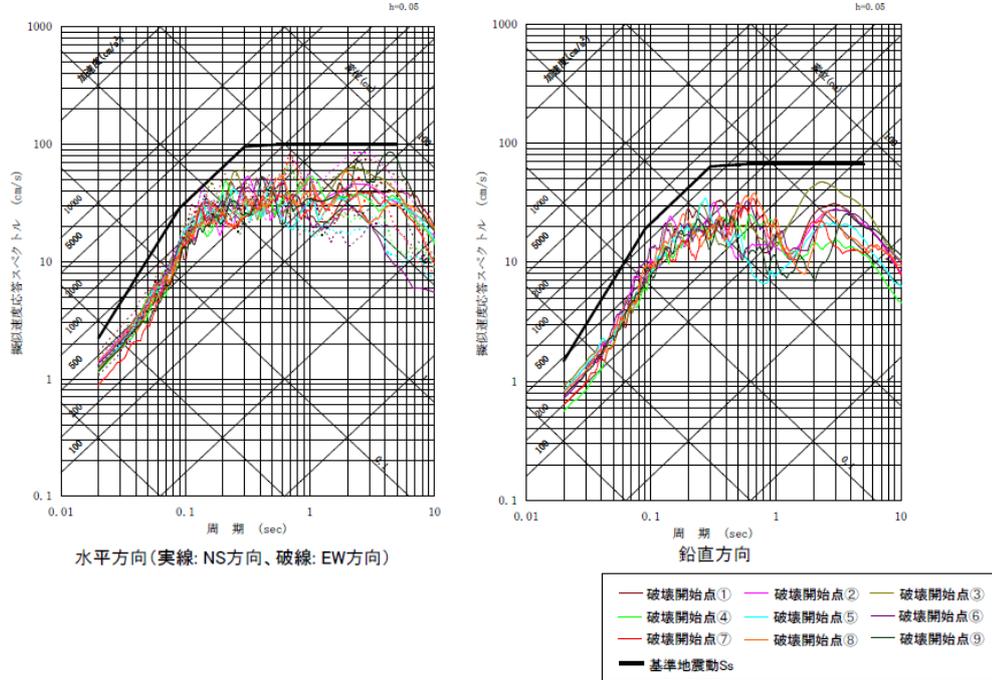
- ① 断層上端深さを3kmとしたケース
- ② 短周期の地震動レベルを中越沖地震の知見を踏まえて1.5倍にしたケース
- ③ 断層傾斜角を75°としたケース
- ④ すべり角（上盤と下盤とが単に横にずれるのではなく、ある角度を持っているとする、横ずれ断層に逆断層の要素もあるとするもの）を30°とするケース
- ⑤ アスペリティ配置を敷地近傍で一塊、敷地近傍で横長で一塊とするケースの5点を取り上げている。

そして、これらの①~⑤の各ケースでの地震動は以下のとおりとされている。

5. FO-A~FO-B断層と熊川断層の連動を考慮した地震動評価

85

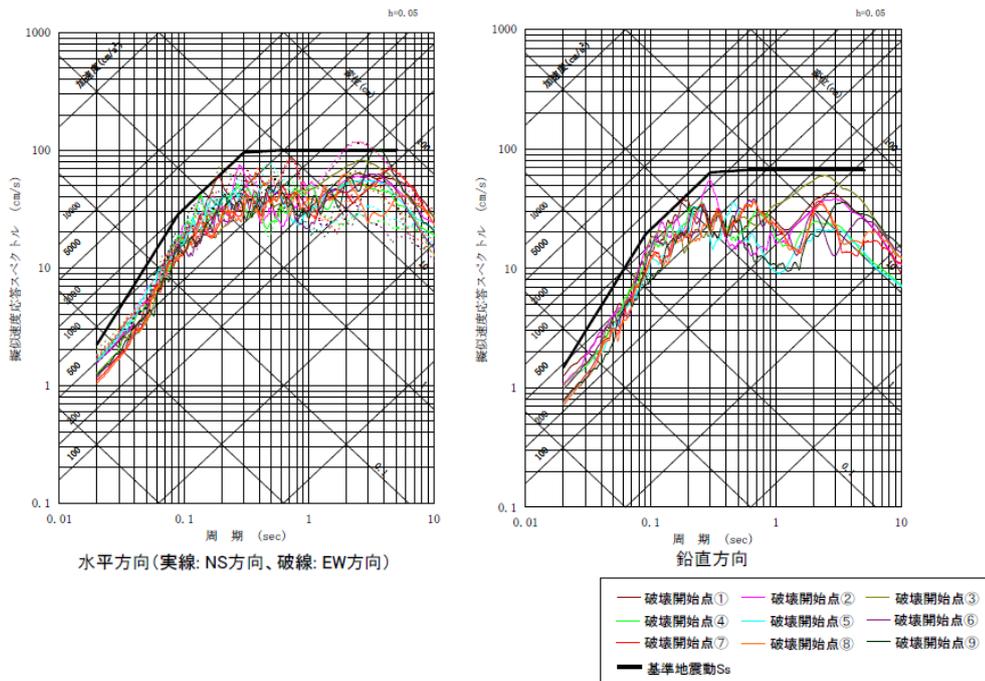
■FO-A~FO-B~熊川断層:基本ケース(大飯発電所)



5. FO-A~FO-B断層と熊川断層の連動を考慮した地震動評価

87

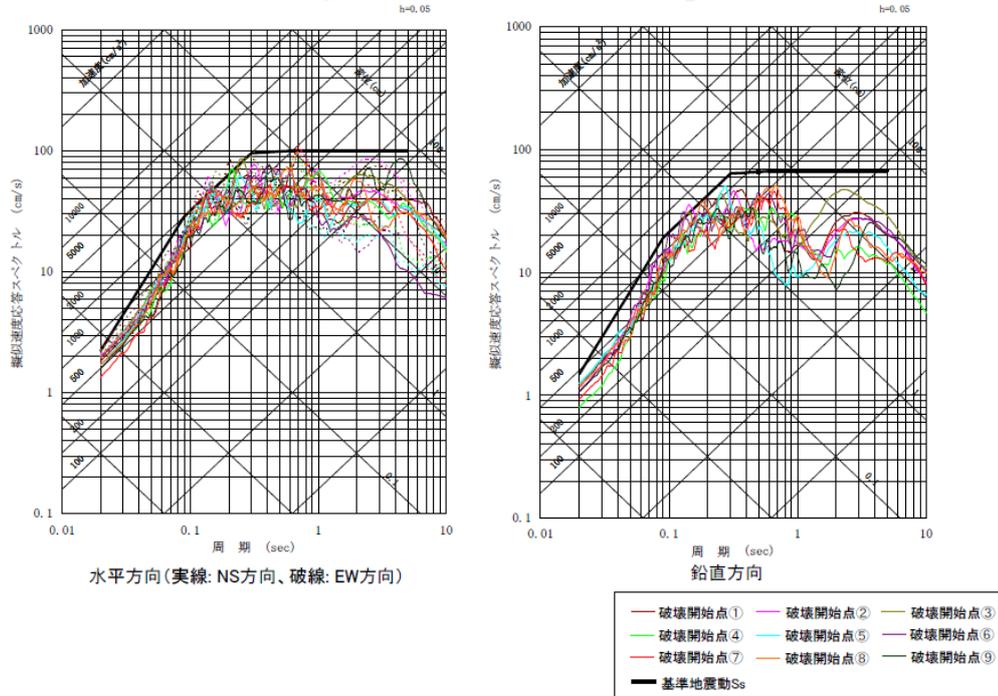
■FO-A~FO-B~熊川断層:上端3kmケース(大飯発電所)



5. FO-A~FO-B断層と熊川断層の連動を考慮した地震動評価

89

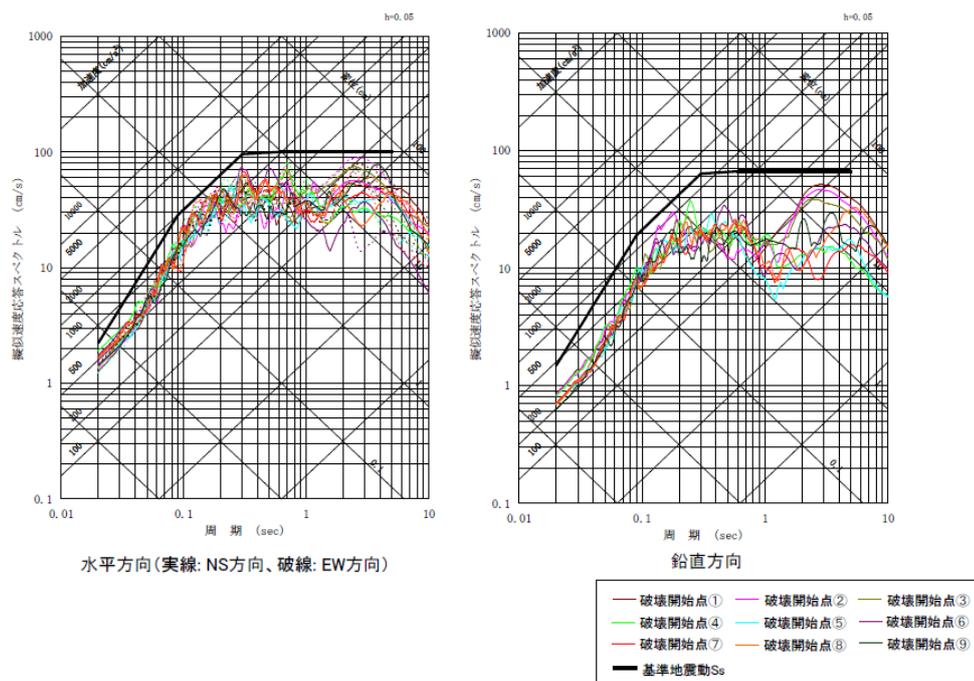
■FO-A~FO-B~熊川断層:短周期1.5倍ケース(大飯発電所)



5. FO-A~FO-B断層と熊川断層の連動を考慮した地震動評価

91

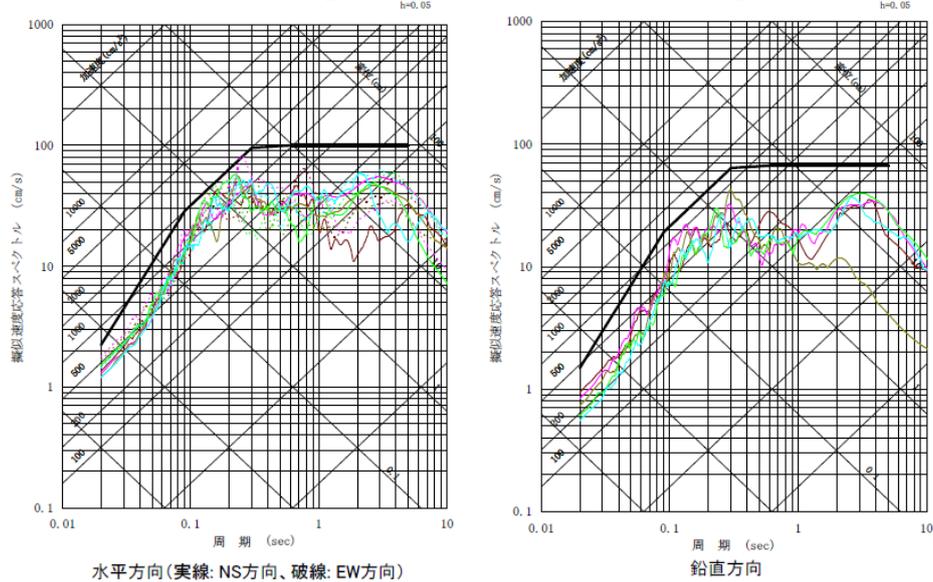
■FO-A~FO-B~熊川断層:傾斜角75° ケース(大飯発電所)



5. FO-A~FO-B断層と熊川断層の連動を考慮した地震動評価

95

■FO-A~FO-B~熊川断層:アスペリティー塊ケース(大飯発電所)



(2) 被告の想定の不十分さその1 (不確かさの組み合わせがされていない)

しかし、これらの「不確かさ」を同時にいくつか重ねて組み合わせたケースは取り上げておらず、この点だけでも、この「不確かさの考慮」は不十分である。たとえば FO-A~FO-B 断層のモデルでは、アスペリティーの配置をもっとも敷地に厳しい、なるべく敷地近傍に配置するものを「基本ケース」としていたが、この3連動モデル(3連続モデル)では、もっとも厳しい、敷地目の前に配置するケースは、基本ケースとしていない。敷地目の前に配置するモデルは、アスペリティーの配置を敷地にもっとも厳しく配置したケースであるのに、これを基本ケースとしないために、厳しいアスペリティー配置のケースに、他の「不確かさの考慮」を重ねることはしないこととしているのである。

上図で分かるとおり、上端深さを 3km にしただけで、相当に地震動は大きくなる。特に、短周期レベルを 1.5 倍にし、あるいは傾斜角を 75° にし、また敷地付近にアスペリティーを一塊にすれば、とりわけ原発にとって厳しい周期 0.1 秒から 0.3 秒付近で、どのケースでも、ほとんど Ss に近いところまで、地震動は大きくなり、

一部では S_s を超えている。深さを 1 km 浅くし、あるいは傾斜角を 75° にして断層面を斜めにすれば、その分、断層面の幅が大きくなって面積が大きくなるので、その分、 M_o も大きくなり、地震動も大きくなる。また短周期レベルを大きくすれば、その分、原発に厳しい短周期の地震動も必然的に大きくなる。

しかし、これらを複数重ね合わせたケースを、被告はとろうとしない。不確かさを正しく評価するなら、複数の重ね合わせも必要であるのに、被告は、複数の重ね合わせをしようとしないのである。そして、このような複数の不確かさを重ね合わせれば、0.1 秒から 0.3 秒の周期で優に S_s を超えてしまう。

(3) 被告の想定の不十分さその 2

被告の「不確かさの考慮」は、上に述べた被告のいう「不確かさの考慮」の複数の重ね合わせがないほかに、次の点の不確かさの検討が不十分である。

ア 強震動予測レシピにおける不確かさの考慮、誤差評価がなされていない

まず、なによりも重大なこととして、すでに述べたように、断層面積 S と地震モーメント M_o (モーメントマグニチュード M_w) の関係に、極めて大きな誤差が含まれている点である。被告も採用している強震動予測レシピは、あくまでも平均像を求めるものでしかなく、そこからかい離するデータは、入倉レシピで平均 4 倍程度にまで達している。被告の採用する地震調査研究本部の強震動予測レシピは、定数が JNES の報告書に記載の強震動予測レシピの値と若干異なり、若干大きめの値になるが、その考え方は基本的に同じである。

すなわち、3 連動地震の場合の入倉レシピで算出した M_o が 3.74×10^{19} 乗 $N \cdot M$ であるところ、被告の採用する強震動予測レシピでは 4.38×10^{19} 乗 $N \cdot M$ であるので、平均的値としても約 17% ほど入倉レシピより大きな値となっている。そこで、入倉レシピの値の 4 倍は、被告の採用するレシピの値のほぼ 3.5 倍に相当することとなる。したがって、同じ断層面積でも、被告の採用するレシピのほぼ 3.5 倍の M_o を示す現実の地震があったということになり、そのことを被告が無視していることになる。被告のその点の不確かさの考慮は、中越沖地震の知見から短周期レベルで地震動を 1.5 倍しただけであるが、それでは全く不足している。さらには、この過去最大の値も、上記したように、地震現象のスパンからすればごくわずかな期

間でのものでしかない。また統計的に見ても、 2σ 程度ではならず、 3σ もしくはそれ以上の値をとる必要がある。そうなれば、少なくとも想定する地震動は、被告の想定のおおむね6～7倍、もしくはそれ以上の10倍程度とすることが求められる。その地震動に本件原発は、到底耐えることができない。

ところで被告は、その準備書面(9)で、平成19年能登半島地震も踏まえて S_s を策定したとしているが、実際に考慮したのは中越沖地震の M_0 で1.5倍だったというデータのみであって、それで短周期レベルを1.5倍にただけでしかない。能登半島地震のデータからすれば、入倉レシピの3.5倍の M_0 をとらなければならないのに、被告は、実はこの能登半島地震のデータは無視したのである。

また、同様に、アスペリティの面積も重要であり、この点でも不確かさの考慮をし、最少の面積比を採用して、地震動想定を行わなければならないのに、そのような想定は一切していない。

要するに、被告は、強震動予測レシピの誤差(不確かさ)の考慮はしていないと言って良い。行っていることは、断層モデルを、いくつか異なるものを作っているだけで、もっとも重要な強震動予測レシピの不確かさについては、そもそもそこに不確かさがあるとも言及せず、ほぼ無視をしている。これは、明らかな新規制基準違反である。

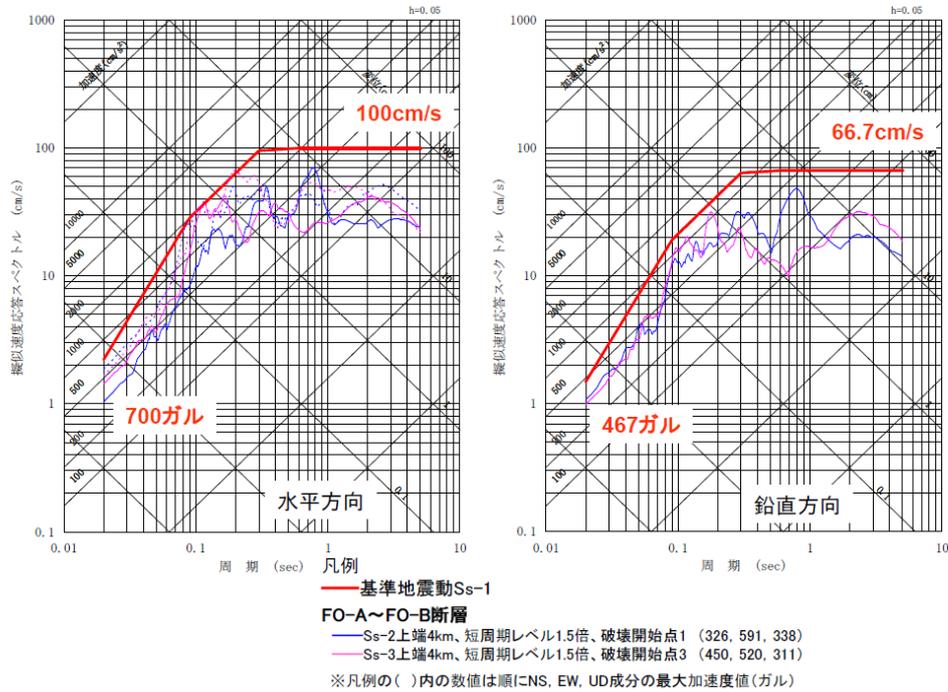
仮に短周期レベルをレシピの3.5倍ととるなら、被告の行った「不確かさの考慮」としての1.5倍を、さらに2.3倍としなければならない。そのときに、地震動もおおむね同様に2.3倍となると推定すべきであるから、下図の応答加速度を左上に2.7倍とることとなる。

図の右上から左下に斜めに引かれた線が応答加速度の値であり、左図の水平方向の図では、上端4km、破壊開始点3のケースで、周期0.1秒ほどで、応答加速度は、ほぼ2000ガル付近まで達している。また0.1秒から0.2秒では、おおむね1700ガルほどとなっている。したがって、これを2.3倍すると最大4600ガルほどに達し、また0.1秒から0.2秒付近では、おおむね3900ガルとなる。さらにアスペリティの面積も小さくとるなら、上記の周期で5000ガルは優に超えることは確実である。

4. 基準地震動Ssの策定

69

■ 以上より、大飯発電所の基準地震動としてSs-1、Ss-2、Ss-3を策定した。



イ 断層面積についての不確かさの考慮がなされていない

断層面積は、被告の想定では断層の長さ×幅で記述される。そのうち断層の長さについては、前述したとおり、地表（海底面）で認められる断層の前後に、地下ではさらに延びていると考えるのが相当である。

一方、断層面の幅は、地震発生層が深さ何kmから何kmの間にあるかを推定し、その上限から下限までをわたる層全体で地震が発生するとして、推定する。したがって、断層の傾斜角がゼロの横ずれ断層では地震発生層の厚さ（上限から下限までの深さの差）が断層幅となり、傾斜角が大きくなるほど、断層幅は大きくなる。たとえば傾斜角 60° の場合は、地震発生層の厚さ $\times 2/\sqrt{3}$ ($=1.155$)、傾斜角 45° の場合は、地震発生層の厚さ $\times \sqrt{2}$ ($=1.414$) が断層幅となる。

この地震発生層の厚さは、地表（海底面）の痕跡からはわからないので、コンラッド面の深さなどを参考にしつつ、主としてこれまで観測された地震のデータによって推定する。この地震のデータとして用いられるのは、気象庁一元化カタログと呼ばれる震源データである。

しかし、これは、1997年以降のデータでしかなく、被告が用いているものは、2007年までの10年ほどのものでしかない。データの期間は、何万年、何10万年という地震現象のスパンからすれば、あまりに微々たるものでしかない。したがって、このデータをもとにした地震発生層の推定は、極めて大きな誤差を含むものとして、扱われなければならない。どこの原発でも気象庁一元化カタログから地震発生層を推定し、そこから内陸地殻内地震の震源断層面の幅を推定するという手法が用いられているが、データが極めてわずかであることからくる地震発生層の推定の誤差についての検討は、どこの原発でもしていない。というよりは、データがあまりに少ないことから、このデータによる地震発生層の誤差の推定自体、不可能である。

しかし、平成18年耐震設計審査指針でも、また規制委員会の定めた新規制基準でも「不確かさの考慮」が求められているから、この地震発生層の想定における不確かさの考慮は必ずなされなければならない。にもかかわらず、この点の不確かさについては、どの原子力事業者も、国も、目をつぶって何の言及もしようとしない。否、言及した途端に、地震発生層推定の誤差評価が不可能という、克服困難な大問題に突き当たってしまう。そこで、この問題には、国も原子力事業者も一切目をつぶるほかないというのが、現状である。

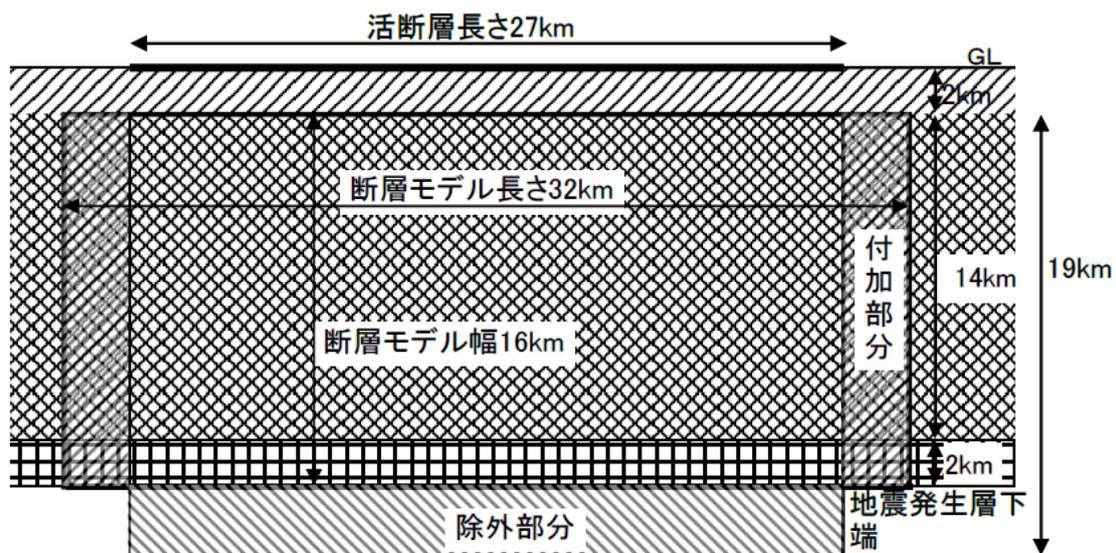
(注) 地殻は、地表からマントルまでの領域を指し、上部地殻と下部地殻とでわかれていると考えられており、上部地殻と下部地殻の境界をコンラッド面と呼ぶ。コンラッド面で、地震波の速度が変化するとされ、上部地殻と下部地殻では岩質に違いがあるとされている。しかし、コンラッド面は、必ずしも明瞭ではなく、また連続しているわけでもない。一方、震源断層面は、上部地殻内にとどまることが多いとされているが、下部地殻内に達するものもあり、コンラッド面の深さ（日本では平均的に15 km）で、地震発生層下限を区切ることには問題がある。また、コンラッド面の深さを直接ボーリングして岩質の違いを確認するわけではないから、そこにも大きな推定の誤差が含まれる。

なお、被告は、前記の各断層の断層パラメータの表によると、地震発生層は、微小地震の発生及び地下構造を参考に設定したとしており、キュリー点深度やコンラッド面も参考にはしてはいないようであるが、いずれにしても、微小地震データが

もっとも重要な根拠となっているはずである。そのもっとも重要なデータが、わずか10年少しほどの、地震現象からすればあまりに少ないデータであることには変わりがない。

この断層の幅、とりわけ地震発生層下端についての不確かさの考慮は、必ず必要であるのに、被告は、これを行っていないのである。

被告が採用する強震動予測レシピを策定した地震調査委員会は、地表の断層の前後に震源断層面がはみ出すこと、地震発生層下端を断層モデルが貫くことがあることを下図のとおり認めており、この点で被告の想定は過小であることが明らかである（甲56「震源断層を特定した強震動予測手法（「レシピ」）平成21年12月21日改訂）。



断層モデル長さおよび幅の概念図

この地震調査委員会の考え方は、ただし基本的には平均像を求めようとするものでしかない。したがって、上記の図では、地表の断層の前後に2.5kmずつはみ出したモデルとなっており、深さ方向2km深くとっているが、それでは原発の耐震設計では不足することとなる。

そこで、兵庫県南部地震の例を見れば、次のとおりであった。

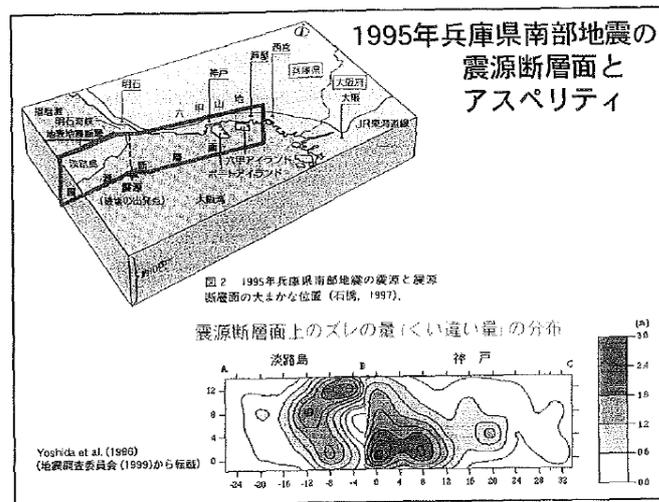


図2 1995年兵庫県南部地震の震源と震源断層面の大きな位置 (石橋, 1997).

この図からすれば、長さ方向では、少なくとも前後 10km 程度は断層面を前後に伸ばす必要がある。このことからして、被告の断層モデルは、あまりに過小と言わなければならない。

ウ アスペリティごとに応力降下量が異なること

不確かさの考慮としてなすべきこととして、アスペリティごとに応力降下量が異なる可能性の考慮することが必要となる。それによって、アスペリティの平均応力降下量を算出しても、一部の、特に敷地直近に配置するアスペリティに応力降下量を多く割り付けるモデルを採用することも必要である。

ところが、どこの原発でも、そのようなことはされておらず、被告も同様である。もし、この点を考慮するなら、たとえば敷地付近に1つのアスペリティ、そのほかにもう1つのアスペリティを配置し、特にこの敷地付近に配置したアスペリティには、とりわけ大きな応力降下量を割り当てるが必要となる。能登半島沖地震の知見からすれば、2つのアスペリティの応力降下量の大きさの比は2対1であるが、この点にもさらに不確かさを考慮するなら、たとえば3対1、あるいは4対1の割り振りとする必要もある。しかし、被告は、この点での不確かさの考慮をしておらず、被告の地震動想定は不十分なものとなっている。

エ 断層面が曲がっている可能性の考慮

断層面が、能登半島地震の断層面のように曲がっているときに、後述する破壊伝播効果 (NFRD 効果) が大きくきいてくる可能性がある。この点については後述する。

第9 「震源を特定せず策定する地震動」について

1 「震源を特定せず策定する地震動」とは

「震源を特定せず策定する地震動」とは、平成18年耐震設計審査指針で導入された概念であり、古い耐震設計審査指針で「直下地震」といわれていたものに相当する。

これについて、平成18年耐震設計審査指針では、「5 基準地震動の策定」の(3)において、次のとおり規定する。

「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における観測記録を収集し、これらを基に敷地の地盤特性を加味した応答スペクトルを設定し、これに地震動の継続時間、振幅包絡線の継時的変化等の地震動特性を適切に考慮して基準地震動 S_s を策定すること。」

さらに、その(解説)においては、次の記載がある。

「震源を特定せず策定する地震動」の策定方針については、敷地周辺の状況等を十分考慮した詳細な地震の全てを事前に評価しう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付けたものである。

この考え方を具現化して策定された基準地震動 S_s の妥当性については、申請時点における最新の知見に照らして個別に確認すべきである。なお、その際には、地表に明瞭な痕跡を示さない震源断層に起因する震源近傍の地震動について、確率論的な評価を必要に応じて参考とすることが望ましい。」

2 被告が採用した「震源を特定せず策定する地震動」(「加藤、他、2004」による応答スペクトル)

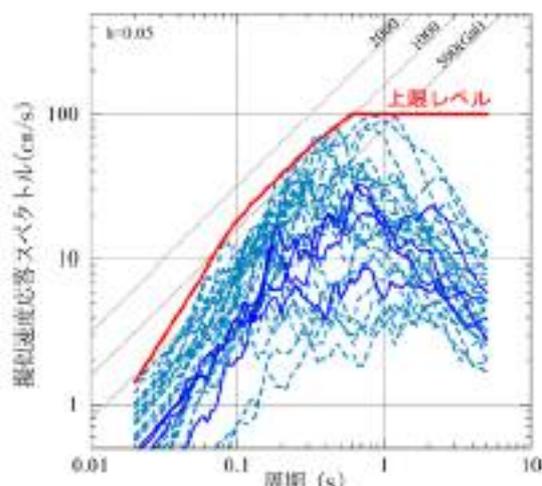
被告は、「震源を特定せずに策定する地震動」としては、「震源を事前に特定できない内陸地殻内地震による地震動レベル」(2004年、加藤研一、他、日本地震工学会論文集、第4巻、第4号)における応答スペクトル(以下「加藤、他」の応答スペクトル)と言う。)を採用したというのみで(被告準備書面(7)14頁以下)、

被告が提出した乙21号証には、この点について何ら触れられていない。

そこで、以下では、同じく「加藤、他」の応答スペクトルを採用している、日本原子力発電所の資料を用いて論ずる。

この「加藤、他」の応答スペクトルの研究は、日本及びカリフォルニアで発生した41の内陸地殻内地震のうち、震源を事前に特定できない地震として、9地震12点の計15記録(30水平成分)の強震記録を用いて行ったものである。9地震は、1966年のパークフィールド地震から1997年の鹿児島県北西部地震までの31年間のカリフォルニアの6地震と日本の3地震である。

この研究の結果が、日本原子力発電所 平成22年11月22日「東海第二発電所基準地震動Ssの策定について」(甲59)69ページに記載された下図であり、同ページには、「当該地点の震源を特定せず策定する地震動は、加藤、他(2004)に基づき設定する。」とされている。



震源を事前に特定できない地震による震源近傍の観測記録の水平動応答スペクトルとその上限レベル

加藤、他(2004)

この図で明らかなように、「加藤、他」の応答スペクトルは、実際の地震動の観測記録をほとんど全て包絡するようには作られており、一見すると安全側に大きめに上限レベルを取っているかのようである。しかし、もともと、「加藤、他」の研究

は、ごく31年間のわずか9つの地震の12地点の15の記録に基づくものでしかなく、データとして全く不十分なものでしかない。

3 石橋克彦氏による「加藤、他」の応答スペクトル批判

この「加藤、他」の応答スペクトルについて、国会福島原発事故調査委員会の委員でもあった神戸大学名誉教授の石橋克彦氏は、「科学」2012年8月号掲載の「電力会社の「虜」だった原発耐震指針改訂の委員たち」（甲60）において、以下のとおり述べている。

「震源を特定せず策定する地震動」についての「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における観測記録を収集し、これらを基に（中略）基準地震動 S_s を策定する」との規定自体、恣意性と過小評価を許す規定である。具体的な策定値は申請者にまかされるが、電力会社側の日本電気協会が示した加藤ほか（2004）という模範解答では、M7級地震の強い地震動記録をすべて「活断層と関連付けられる」と屁理屈をつけて参照から排除し、M6.6までの地震の揺れしか用いていない。

石橋克彦氏によれば、「加藤、他」は、M7級の地震動記録を無理やり排除し、残されたM6.6までの地震動記録のみを対象としたものでしかない。したがって、これが過小なものとなるのは当然のことであった。

4 原子力安全基盤機構（JNES）による検討

(1) 「加藤、他」の研究の不充分性の指摘

平成21年3月の原子力安全基盤機構（JNES）作成の「震源を特定せず策定する地震動の設定に係る検討に関する報告書」（甲61）においても、その「要旨」において

加藤ほか（2004）の課題としては、調査した震源を事前に特定できるとした地震の周辺活断層との関連付けの根拠が明確でないこと、対象とした地震及び震源近傍の地震動観測記録が少なく、地震動の上限レベルの規定の根拠が明確ではないこと等が挙げられた。

とされている。したがって、原子力安全基盤機構も、加藤ほか（2004）の研究では、

不十分であることを認めているのである。

しかし、もともと加藤ほかの研究では不十分であることは、もともとなったデータがあまりに少ないことから一見して明らかであった。今回規制委員会が定めた新規制基準が過去 12、3 万年間に活動したことのある断層を活断層と認めていることからしても、上限レベルは、少なくとも、過去 12、3 万年間での上限レベルでなくてはならない。そもそも「加速度計による強震観測は、日本国内では 1953 年から、米国カリフォルニアでは 1930 年代から開始されて」いるに過ぎないし（平成 19 年 5 月の保安院の前記「震源を特定せず策定する地震動の考え方」）。特に日本で、強震動観測網が整備されたのは、1995 年の兵庫県南部地震以降であって、だからこそ気象庁一元化カタログは、1997 年以降のものしかないのである。要するに、もともと地震についての強震計による観測が始まってから、まだ 80 年ほどしか経過していないし、詳細な地震記録は、もっと短い期間のものしかない。結局、「加藤、他」（2004）も 1966 年以降の地震しか対象としていない。極めて頻度の小さい現象である地震の、30 年ほどの観測データからでは、もともと何らか科学的な明確かつ確実な意味を持つ結論を導くことは不可能である。

(2) 対象地震の選定と「震源を特定せず策定する地震動」の最大規模の推定

JNES は、上記報告書において、8 つの地震を選定し、それを 2 つのグループに分けて、検討している。下表のうち、赤枠で囲ったグループ 1 の地震とは、「基本的に震源を特定できない地震」であり、グループ 2 の地震とは、「明瞭な痕跡とみなすかどうか判読が難しく、意見が分かれている」地震である。

平成 18 年指針の解説においても、「「震源を特定せず策定する地震動」の策定方針については、敷地周辺の状況等を十分考慮した詳細な地震の全てを事前に評価しうるとは言い切れない」としているから、上記の「明瞭な痕跡とみなすかどうか判読が難しく、意見が分かれている」地震も、平成 18 年指針にいう「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」ではあると言うべきである。

JNES が対象とした地震の中でもっとも大きな鳥取県西部地震について見れば、地震が起こるまで、断層があるとは思われていなかった。この地震やカリフォルニアの 2 地震について、「加藤、他」（2004）は、「1983 年 Coalinga、1994 年 Northridge、

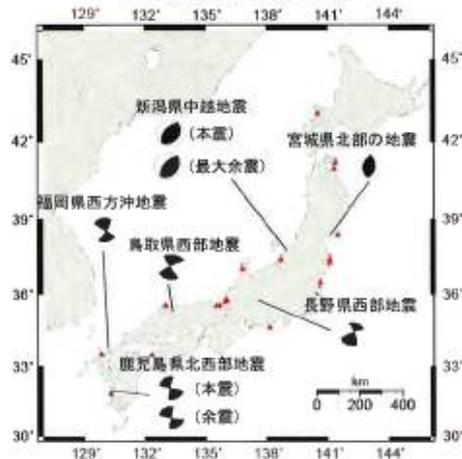
および 2000 年鳥取県西部地震については、地震前に震源断層に対応する活断層が文献に記載されていなかったが、活褶曲構造等との関連により事前に詳細な調査を行えば震源を特定可能と判断した。」として、対象にはしなかった。しかし、起こってみてから精査したら、わかったはずだという、この後講釈的見解では、少なくとも原子力施設の安全性は到底確保できないし、事前に確実にみながそこに活断層があると認めるかにも、疑問がある。とりわけ、原子力事業者は、活断層の存在を認めたくないという傾向も指摘しておく必要がある。

したがって、「判読が難しく意見が分かれている」地震もまた、平成 18 年指針の考え方からすれば、震源を特定せず策定する地震動の基礎となるべき地震動とすべきこととなる。

表 1 震源を特定せず策定する地震動で対象とする地震の諸元
 グループ1(図1参照)
 グループ2

観測地震	Year	グループ	種別	M _j	Depth(km) ※1 JMA ※2 F-net	観測点	対象V _s (km/s)	X _{sh} (km)
長野県西部地震	1984	1	横ずれ	6.8	2 ※1	高根第一ダム	-	23.6
						奈川渡ダム	-	32.9
鹿児島県北西部地震 (本震)	1997	1	横ずれ	6.6	8 ※2	鶴田ダム	-	4.6
鹿児島県北西部地震 (余震)	1997	1	横ずれ	6.4	11 ※2	鶴田ダム	-	9.1
宮城県北部の地震	2003	1	縦ずれ 逆断層	6.4	5 ※2	MYGH01(仙台)	3.30	21.7
						MYGH11(河北)	2.66	9.1
鳥取県西部地震	2000	2	横ずれ	7.3	11 ※2	SMNH01(伯太)	2.70	6.1
						TTRH02(日野)	1.50	2.6
新潟県中越地震 (本震)	2004	2	縦ずれ 逆断層	6.8	5 ※2	賞禰ダム	-	2.4
						NIGH11(川西)	0.85	6.9
新潟県中越地震 (最大余震)	2004	2	縦ずれ 逆断層	6.5	11 ※2	NIGH12(湯之谷)	0.73	9.5
						NIGH11(川西)	0.85	11.1
福岡県西方沖地震	2005	2	横ずれ	7.0	5 ※2	NIGH12(湯之谷)	0.73	11.2
						FKOH03(宇美)	3.10	27.5
						SAGHD4(東笠森)	2.90	36.7

〔観測地震の震源位置〕



※ ちなみに、JNES は、このデータによって、その後、確率論的ハザード評価手法を用いるとして、「加藤、ほか (2004) の応答スペクトルは・・・ JNES による超過確率別スペクトルの 10^{-4} から 10^{-5} の範囲にある」としている。しかし、JNES が、確率論的手法によって導き出した超過確率別スペクトルなるものは、基礎となったデータが、確率を論ずるに足りるほどの多数のデータに基づくものではありえない。確率論的手法も、本来、確かな確率を導くには、多数のデータがなければならないから。この示された「確率」は、極めて誤差の大きな確率でしかない。特に地震は、時としてけた違いに巨大な現象を引き起こすことは、東北地方太平洋沖地震がはっきりと示してしまった。たかだか 80 年ほどの知見で、1 万年年に 1 回 (10^{-4} 乗)、10 万年に 1 回 (10^{-5} 乗) の現象の確率を出すなど、できるはずのないことである。何 10 年単位で起こることがないわけではないものの、一般的には何百年、何千年、何万年あるいは何 10 万年というスパンで生起する現象、それが地質現象なのである。このような長期のスパンで生起する地震、津波という自然現象の確率を求める方法論を、われわれ人類は持っていない。もしそれでも確率を出したいというのなら、新指針の考え方からしても、「確率」自体の「不確かさ」、より厳格に言えば、「確率」の誤差も、同時に示さない限り、誤った結論を導くこととなってしまうはずであるが、この程度のデータで、「確率の誤差」を評価すること自体、不可能である。

こうして JNES は、震源を特定せず策定する地震動の最大地震として、横ずれ断層では鳥取県西部地震の $M_j7.3$ 、逆断層では新潟県中越沖地震 (本震) の $M_j6.8$ を採用する。その上で、JNES は、基礎となったデータが少ないことを補完するためとして、次の 5 項に述べるような断層モデルによる方法を採用している。

JNES のこの整理は、わずかな期間のわずかなデータからの検討によるものであって、それで十分とは言えず、実際にはさらに大きな規模の地震が「基本的に震源を特定できない地震」、「明瞭な痕跡とみなすかどうか判読が難しく、意見が分かれている地震」として、発生しうるものが否定できない。すなわち、ここにも極めて大きな不確かさがあるのであって、JNES の検討は、この点の不確かさについて言及の

ないところに、極めて大きな問題がある。この点に不確かさの存在することは否定しようがないが、一方で、データが少なすぎるなどからの、この不確かさの評価自体が不可能という重大な問題がある。原発の耐震設計で、「不確かさの考慮」は、必ずすべきものであるが、一方で、詳細なデータが、ほぼ 1997 年以降のものでしかないことなどから、「不確かさの考慮」が本来不可能という、本質的な問題を、原発の耐震設計がはらんでいることは、忘れてはならない。原発の耐震設計には克服不可能な重大な問題がある。

5 他の原発での「震源を特定せず策定する地震動」評価（東海第二原発の場合）

(1) 断層モデルを用いた方法による「震源を特定せず策定する地震動」

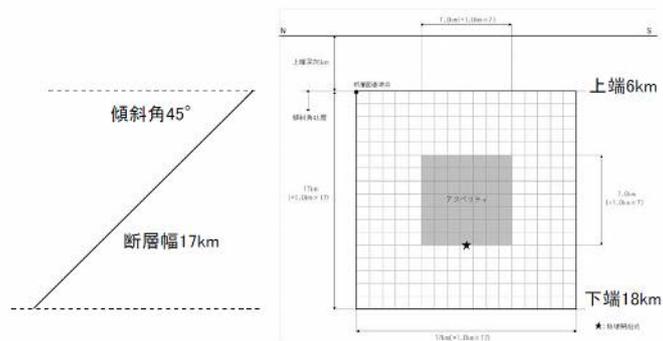
東海第二原発を運転する日本原電は、加藤、他（2004）による応答スペクトルのほか、東海第二原発敷地付近で M6.8 の地震が発生するとして、断層モデルによる方法によって、多数の地震動を想定している。すなわち、断層モデルを設定して、M6.8、断層の長さ 17km、断層幅 17km、深さ 6 km～18km、アスペリティの応力降下量 13.89MPa というパラメータを設け、この断層を中心に多数地点の地震動を評価し、算出しているのであるが、具体的には、敷地近傍の 40km について、2km 間隔の 441 地点で地震動評価をし、さらに加えて断層最短距離 10km の 120 地点（赤丸地点）の評価地点における地震動の評価をしたうえで、平均的地震動レベルを把握するとしている（甲 59）。

震源を特定せず策定する地震動

5) 検証 b. 断層モデルの設定

項目	設定値
気象庁マグニチュード	6.8
モーメントマグニチュード	6.4
断層長さL(km)	17
断層傾斜角(°)	45
断層上端深さ(km)	6
断層下端深さ(km)	18
断層幅W(km)	17
断層面積S(km ²)	240.0
破壊伝播様式	同心円状
地震モーメントM ₀ (Nm)	3.53 × 10 ¹⁸
剛性率(N/m ²)	3.5 × 10 ¹⁰
平均すべり量D(cm)	42.0
平均応力降下量Δσ(MPa)	2.3
破壊伝播速度V _r (km/s)	2.59
短周期レベルA(Nm/s ²)	8.07 × 10 ¹⁸
fmax(Hz)	6.0

項目	設定値	
アスペリティ	面積S _a (km ²)	40.0
	平均すべり量D _a (cm)	84.1
	地震モーメントM _{0a} (Nm)	1.18 × 10 ¹⁸
背景領域	面積S _b (km ²)	200.0
	平均すべり量D _b (cm)	33.6
	地震モーメントM _{0b} (Nm)	2.35 × 10 ¹⁸
	実効応力Δσ _b (MPa)	2.78



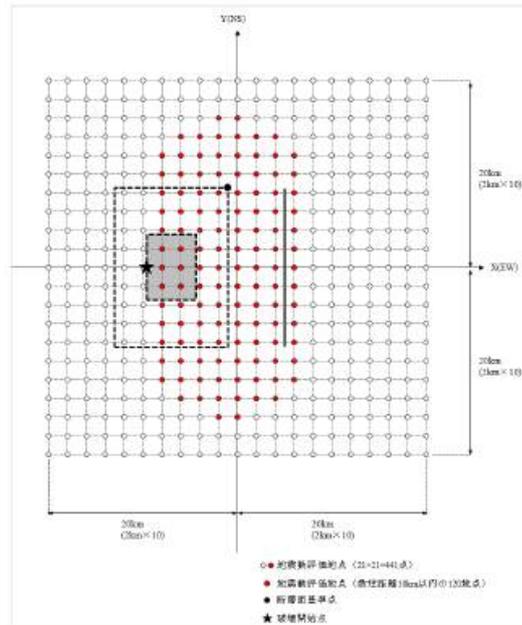
このモデル自体は、基本的には、「入倉レシピ」によって設定されたものであり、「入倉レシピ」は、平均像を求めるためのものである。このモデルは、この規模の地震の平均像によって作られたものである。したがって、この平均をはずれる可能性は、平均であることからして、50%はあるということになる。

たとえば、アスペリティの面積は断層面の面積の1/6に定められているが、これは平均像の22%よりは小さいものの、十分に小さくとは言えない。アスペリティの応力降下量13.89MPaは、強震動予測レシピによって算出された平均応力降下量2.31MPaを6倍したものであるが、もともと平均応力降下量の算出に用いたスケールリング則に大きな誤差があることからすれば、この値の4倍程度はとることも必要となってくる。4倍しただけで、アスペリティの応力降下量は、55.56MPaとなってしまう。

震源を特定せず策定する地震動

5) 検証 d. 地震動評価地点

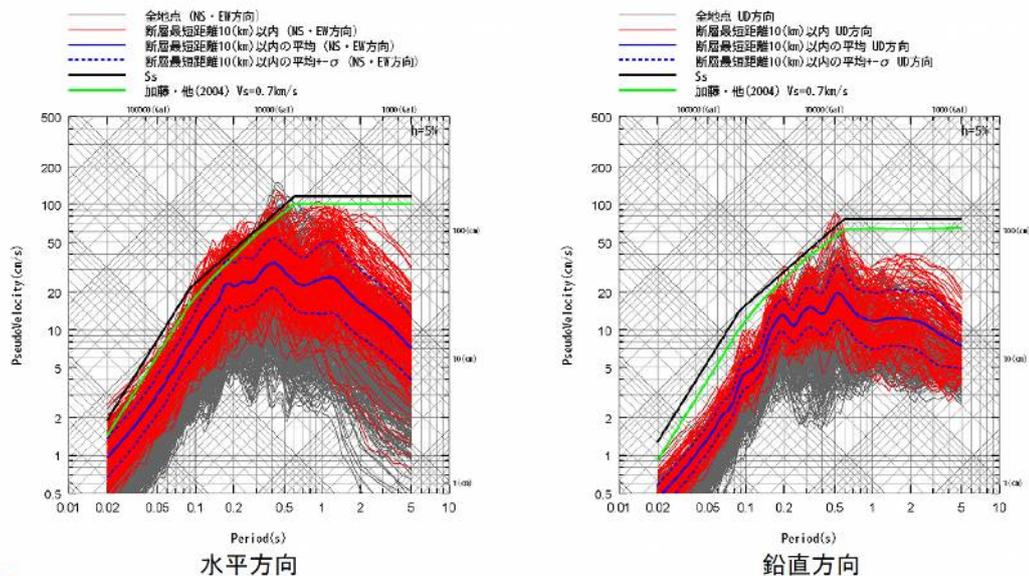
敷地近傍の40kmについて、2km間隔で地震動評価を実施。これらのうち、断層最短距離10km以内の評価地点における平均的な地震動レベルを把握する。



震源を特定せず策定する地震動

5) 検証 e. 地震動評価結果

震源近傍における平均的な地震動レベルは、加藤・他(2004)に基づき設定した「震源を特定せず策定する地震動」のレベルを下回る。



このことは、もともと「加藤、他（2004）」が過小評価であったことを示すものである。したがって、 S_s は、少なくともこの赤い領域を包絡するように定められなければならない。しかし、日本原電は、赤い領域の平均を示す青線が、加藤、他（2004）のスペクトルを下回っているとして、赤い領域が上回ってしまったことを無視した。平均的値で耐震設計をするなら、半数の地震動が、平均を上回るようになってしまいうから（青線を上回る赤い領域）、原発の耐震設計でそのような考え方をすることは許されない。

そもそもなぜ震源を特定しない地震動を策定しなければならなかったのか。震源を特定せず策定する地震動は、もともと、どこで地震が起こるか分からないから、地表に断層が出現しない地震の中の最大だとしているM6.8の地震が周辺で起こったときの、最大の地震動を想定するためのものである。その目的からすれば、最低限赤い領域の最大の値を取らなければならず、さらにこの算出に用いた強震動予測レシピの誤差を考慮すれば、さらに大幅に大きな値をとることが必要である。

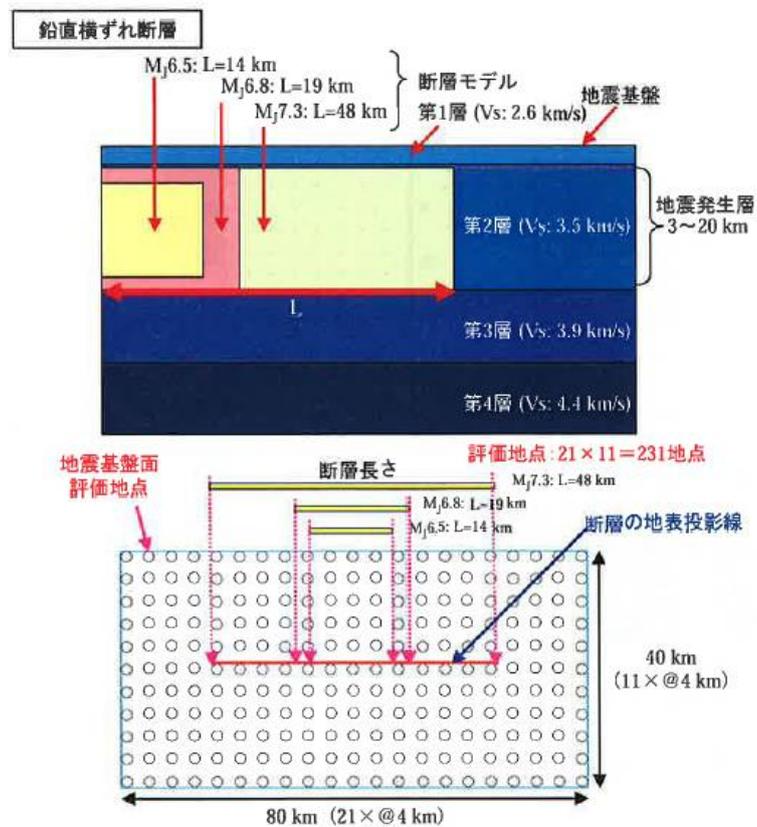
(2) 地震発生層を正しく評価すれば、さらに大きな値となる

日本原電のモデルのもう一つの問題は、このモデルが地震発生層を6 kmから18 kmとしている点である。これが不十分であるとすれば、発生する地震動の大きさも大きく異なってくる。ここでは、日本原電の地震発生層の評価の問題点については触れないが、どの原発でも地震発生層の厚さは、「震源を特定せず策定する地震動」でも問題となるのである。

6 震源を特定せず策定する地震動についてのJNESによる断層モデルでの評価

(1) JNESによって行われた断層モデルによる方法とその結果

JNESは、縦ずれ断層についてはMj6.8、横ずれ断層についてはMj7.3の地震を採用し、これについても断層モデルによる方法で、評価をした。横ずれ断層についての断層のモデルは次のとおりであった。



JNES は、M7.3 の横ずれ断層による地震について、長さ 48km の断層を設定し、周辺 211 ヶ所で地震動評価を断層モデルによる方法で算出している。
その結果が次の図である。

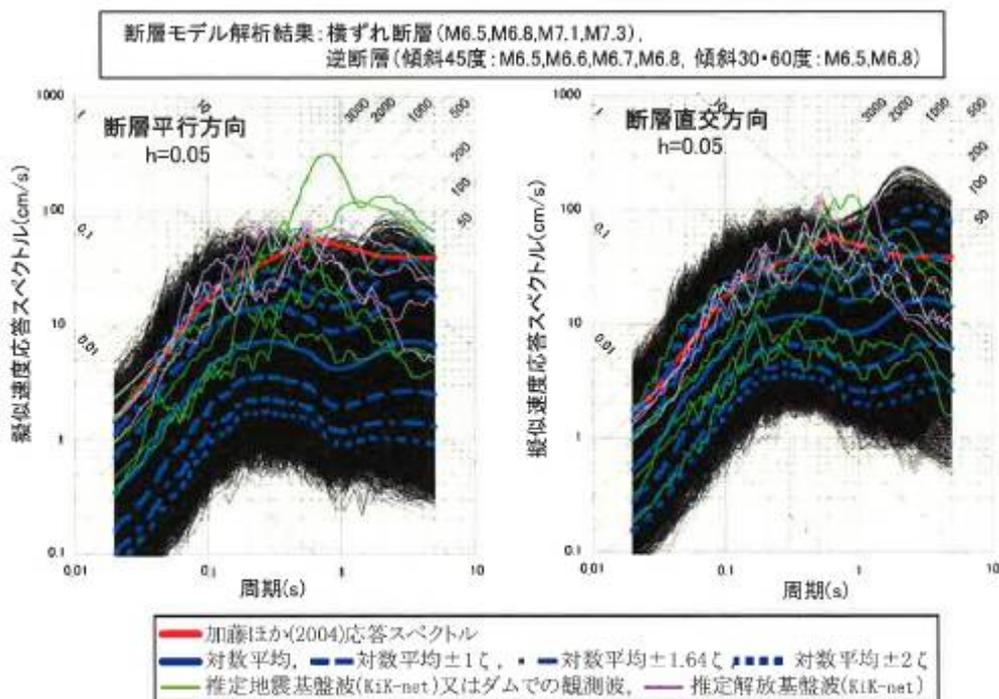


図8 断層最短距離20km以内の観測記録及び断層モデルによる応答スペクトル及び統計量

この図からして、JNES の行った作業の結果、「震源を特定せず策定する地震動」は、応答スペクトルで 5000 ガル程度にまで達している。

しかし、この JNES の作業の結果について、「加藤、他」の応答スペクトルを大きく上回ったという結果について、JNES は、

その際、設定した地震動を超過する地震動の発生確率を JNES による超過確率別スペクトル（例えば目安値 10 の -4 乗程度）と比較するとともに、超過する地震動を発生させている震源断層の条件を検討して地震動レベルの妥当性を判断する。ミニマムリクワイアメントとしての位置付けから、地震動を最大包絡する考え方は採らない。

とする。

JNES は、「震源を特定せず策定する地震動」が、全プラント共通に設定するものであるから、ミニマムリクワイアメント（最低限の要求）で足りるとされ、出された結果を包絡する線ではなくても良いとした。

その上で、

加藤ほか (2004) による応答スペクトルは、断層からの最短距離が 10km 以内の

応答スペクトルの対数平均+ ζ （信頼度 84%）程度、20 km 以内の応答スペクトルの対数平均+1.64 ζ （信頼度 95%）程度に対応し、JNES による超過確率別スペクトルの 10^{-4} 乗から 10^{-5} 乗の範囲にある。

として、結局、明言はしていないものの、「加藤、他」の応答スペクトルを支持するという結論となっている。

(2) JNES の説明の欺瞞性

しかし、JNES の検討では、多数の小さな地震と合わせることによって、横ずれ M7.3 の地震の希薄化が行われている。

まず、指摘しておかなければならないことは、この図が、マグニチュード 7.3 の横ずれ断層による地震の他に、M6.5、6.8、7.1 の横ずれ断層による地震や、M6.5、6.6、6.7、6.8 で、傾斜角も 30° 、 45° 、 60° の逆断層による地震も合わせた図であるということである。

そこで「(対数) 平均」と言っているものも、これらの全部の断層モデルを合わせた平均ということになる。このことは、少なくとも JNES が最も大きい地震と考えている M7.3 の地震での結果を薄めてしまうこととなる。

本来、この作業で、行わなければならないのは、M7.3 の横ずれ断層地震だけであり、仮にプラスするとしても、M6.8 の逆断層地震だけで良いはずである。どうして小さな規模の地震をこれだけ多数一緒にし、足し合わせて平均値を下げなければならないのか。その例の取り方も恣意的で、そうなら、もっともっと多数の、さらに小さな地震も合わせても良いことになってしまう。実際には極めて多数発生する微小地震が②の「基本的に震源を特定できない地震」のほとんどであるから、その微小地震を合わせてしまえば、微小地震が平均的な地震となってしまう、平均像としては、体感できない地震動にしかなりようがないことになってしまう。さすがにそこまでは JNES もできなかったが、このやり方は、あまりに恣意的に過ぎ、公正な評価とは到底認められない。

そして、JNES は、このような結果を出しながらも、「全プラントに共通」という理由で、「ミニマムリクワイアメント」だから、結論的に「加藤、他」の応答スペクトルが良いとしている。

しかし、問題は、JNES の結果を示している図に記載された 1 本 1 本の線が、実は、全て、ある評価地点の地震動を示しているものだということである。もし、「加藤、他」のスペクトルをはみ出した評価地点のものは、考慮の対象に入れずに排除するならば、要するに一群の評価地点はなかったこととするということにほかならない。それは、具体的には、断層の周辺に敷地があるとき、特に断層の直交方向の近くに評価地点（すなわち原発の敷地）があるときは、考慮の対象外とするということの意味する。しかし、もともと、敷地の直近、直下のどこに断層があるかわからないから、このような作業をしたはずである。横ずれ断層 M7.3 の断層が直近、直下に走行していることは考えず、離れたところに走行している場合だけを考慮するのであれば、震源を定めない地震として最も原発に危険性の高い地震を想定した作業の目的に反することとなる。

以下に述べるように、「ミニマムリクワイアメント」などという言い訳は、全く意味不明であり、「加藤、他」の応答スペクトル自体が、「最低限の要求」ではないものとして策定されたものなのである。

JNES は「全プラントに共通するものであるからミニマムリクワイアメントで良い」として、最大の値を取る必要がなく、平均的値で考えればよいとしていたが、そもそも、地震活動には、①事前に判明している地表の断層の、その地下に広がる震源断層面の活動に由来する地震と、②地表に現れない断層の活動に由来して起こる地震（基本的に震源を特定できない地震）や、③地震が起こるまで、そこに断層があるとは思われておらず、あるいは断層があるか否かで意見が分かれていて、事前に震源を特定することが困難な地震とがある。

このうち、①の地震については、活断層の位置を調査することで、どの場所で地震が起こるのか、ある程度特定することができるのに対し、②及び③の地震については、どのような場所で地震が起こるのかが、事前には分からないということとなる。

この②及び③の地震が「震源を特定せず策定する地震動」であり、原発のように、万が一にも苛酷事故を起こしてはならない施設について、耐震設計をするに当たっては、原発施設にもっとも大きい影響を与える場所、すなわち、施設の直近・直下で、事前に判明していない断層による地震が起こるものとして考慮する必要がある。

このような観点から、前記の JNES の作業は行われたはずである。にもかかわらず、

最低限の要求で良いとの理由で、この地震動を切り下げるなら、何のための「震源を特定せず策定する地震動」なのか。それでは、どこかの原発では、切り下げた地震動以上の地震動に襲われる可能性を否定できない。

算出された結果は、「加藤、他」の応答スペクトルを、さらに大きく3～4倍も上回るほどに達している。このことは、極めて重大なこととして、受け止める必要がある。要するに、「加藤、他」の応答スペクトルでは、全く過小であったということである。しかも、述べたように、採用したMjの値である6.8や7.3の値でも、安全側の数値とは到底言えないものである。基礎とされたデータは、1984年から2005年までのわずか20年ほどのデータでしかない。これほど少ないデータで、本来12～13万年、あるいは40万年間の最大規模の地震でなければならない、「基本的に震源を特定できない地震」や「明瞭な痕跡とみなすかどうか判読が難しく、意見が分かれている」地震（その中の最大規模地震）を導こうというのであるから、実に大胆不敵というほかない。

しかも、この「加藤、他」の応答スペクトルを大きく上回ってしまったという結果について、JNESは、

その際、設定した地震動を超過する地震動の発生確率をJNESによる超過確率別スペクトル（例えば目安値10の -4 乗程度）と比較するとともに、超過する地震動を発生させている震源断層の条件を検討して地震動レベルの妥当性を判断する。ミニマムリクワイアメントとしての位置付けから、地震動を最大包絡する考え方は採らない。

※ JNESが検討した地震動は、全プラント共通に設定するものであるから、ミニマムリクワイアメント（最低限の要求）のものとする、とされている。

とする。その上で、

加藤ほか（2004）による応答スペクトルは、断層からの最短距離が10km以内の応答スペクトルの対数平均 $+\zeta$ （信頼度84%）程度、20km以内の応答スペクトルの対数平均 $+1.64\zeta$ （信頼度95%）程度に対応し、JNESによる超過確率別スペクトルの10の -4 乗から10の -5 乗の範囲にある。

※ ζ （ゼータ）とは、対数平均（それぞれの値の対数をとった上で平均したもの）の標準偏差であり、対数をとらない、平均の場合の標準偏差 σ に

相当する。

として、結局、明言はしていないものの、加藤ほか(2004)の応答スペクトルを支持するという結論となっているようである。

まず、指摘しておかなければならないことは、最短距離 10km 以内の地震は、10km から 20km の範囲の地震より地震動レベルが大きくなるのは、当然であり、その最短距離 10km 以内の地震に 10km から 20km の範囲の地震を加えれば、全体として平均の地震動レベルは小さくなってしまう。より地震動の小さな 10km から 20km の地震まで加えて、全体として薄めてしまえば、結果として、対数平均も下がってしまう。そのような値を参考とすること自体、相当ではない。

また信頼度 84% というのは、16% が、その値を超えてしまうことを意味している。このような値では、到底安全性は確保できるはずがない。

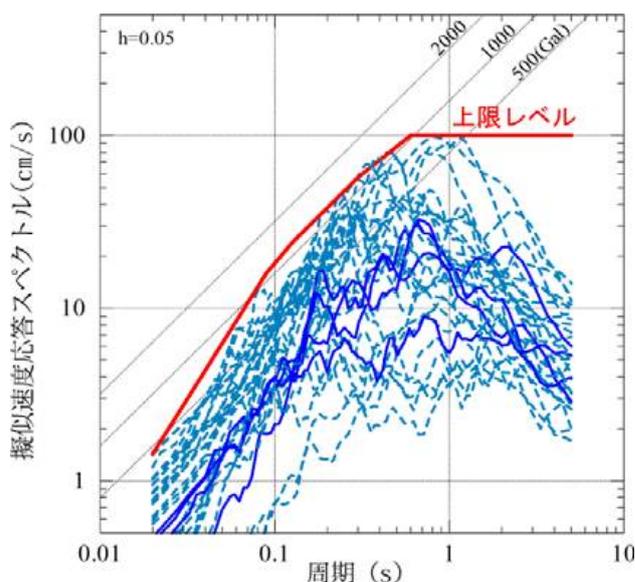
JNES は、全プラントに共通に設定するものだから、としてこれを正当化しようとしている。しかし、全プラントに共通に設定することが、なぜ 84% の信頼度で良いということにつながるのか。そもそも JNES の断層モデルは、全プラントのどこでも起こりえるものだからとして設定したのではなかったのか。直下地震を想定するということは、どこでもその程度の地震は起こりうるということを前提としていたのではなかったか。

全プラントに共通に設定するからとして、「最低限の要求」でよしとするのは、プラントごとに異なる値になるときに、全プラント共通の基準としては、最低限のレベルとならざるをえないということの意味する。それ以外に、全プラント共通だから最低限の要求となるという根拠を見出すことは不可能である。しかし、ここで JNES の行っているのは、決してプラントごとに異なる値を求めるという作業ではない。行っているのは、全プラントに共通の断層モデルによる手法での「震源を特定せず策定する地震動」の算出である。そこに、全プラント共通だから、最低限の要求で良いとする根拠は見いだせない。したがって、全プラントに共通に設定ということが、信頼度 84% 程度で良く、16% の事象が起こったとしても仕方ないとする理由となるという論理は、明らかに破綻した論理である。

もし、JNES の言うように、全プラントに共通であるから、最低限の要求を満たすものであれば良いと言うなら、個別のプラントでは、さらにより厳しい想定が必要とならなければならない。「震源を特定せず策定する地震動」(直下地震)は、まず

全プラントに共通の最低限のものを考え、さらにその上で、各プラントごとに、より厳しいものを考えるということになるはずである。しかし、新指針は、そのようには規定していないし、どこのプラントでもそのような作業はしていない。すなわち、新指針は、「最低限の要求」ではなく、どのプラントでも、それさえ満たせば直下地震の想定として十分なものを考えている。だから、新指針は、共通に定めた応答スペクトルのほかに、個別に検討することを求めているではない。

振り返ってみるならば、複数の地震動を包絡するように引かれた「加藤、他」の応答スペクトルは、そこまで考慮すれば、どのプラントでも、直下地震の想定として十分な共通の応答スペクトルだとされていたはずである。念のため、「加藤、他」の応答スペクトルを見れば、次のとおりである。



ここでは、「加藤、他」の応答スペクトルには、明確に「上限レベル」と記載されている。図を見ても、赤線は、まさしく全ての地震動を包絡している「上限レベル」であり、最低限の要求などというものではありえない。そして、新指針の「震源を特定せず策定する地震動」の規定の前提に、この「加藤、他」のスペクトルがあったことも明らかである。

平成 18 年指針制定当時はまだ「加藤、他」の応答スペクトルが不十分なものとは考えられていなかった。ところが、その後、この応答スペクトルの問題点が指摘され、そのため JNES が、新たな検討を行ったところ、断層モデルによる方法で、「加藤、他」の応答スペクトルより、大幅に大きな値が出てしまったのである。この断

層モデルによる方法での、「加藤、他」の応答スペクトルを大幅に超える値が算出される前に、「震源を特定せず策定する地震動」として採用された「加藤、他」の応答スペクトルが、最低限の要求を満たすだけのものなどと考えられていなかったことは、明らかである。「震源を特定せず策定する地震動」が「最低限の要求」でしかないなどという言い分は、このとんでもなく大幅な「加藤、他」のスペクトル超過という事態を受けて、JNES が初めて言い出したことでしかない。

そもそも何で、「加藤、他」の応答スペクトルでなければいけないのか。「加藤、他」の応答スペクトルが不十分なものであることは JNES も認めざるをえなくなっている。もし「震源を特定せず策定する地震動」とは全プラント共通の「最低限の要求」だとするならば、不十分な「加藤、他」の応答スペクトルとは無関係に策定するのが当然の理であるはずである。しかし、JNES の行っていることは、単に不十分な「加藤、他」の応答スペクトルでも構わないと言っているだけでしかない。これがなんで「震源を特定せず策定する地震動」として妥当なのかは、一切、論じられていない。積極的に、「加藤、他」の応答スペクトルこそが、「震源を特定せず策定する地震動」としてとるべきものだとする根拠はどこにもないのである。なぜ「加藤、他」の応答スペクトルが「震源を特定せず策定する地震動」なのか。JNES が、根拠が崩れてしまったこの応答スペクトルに固執する理由は何か。

JNES のこの点についての論理は、完全に破綻していると言わざるをえないのである。

念のため、さらに JNES が言及する、超過確率別スペクトルについて見るならば、この超過確率別スペクトルなどという確率的手法を採るには、地震動についての知見は余りに少なすぎ、この超過確率自体が、誤差の評定をできないほどの、極めて大きな誤差を含むものとなっており、この方法論で、原発の安全性を議論すること自体、誤りである。

7 規制委員会の考え方

平成25年7月8日、新審査基準である「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」及び「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」が施行された。このうち、審査基準を具体的に規定するのは、後者の「解釈」であるが、この「解釈」は「震源

を特定せず策定する地震動」について別記2「第4条（地震による損傷）5三において、次のとおり規定する。

上記の「震源を特定せず策定する地震動」は、震源と活断層を関連づけることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に、各種の不確かさを考慮して敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルを設定して策定すること。

この規定は、「震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に・・・応答スペクトルを設定して策定する」とするものであるが、決して、収集した観測記録そのものを、そのまま「震源を特定せず策定する地震動」とすると規定するわけではなく、「これらを基に・・・応答スペクトルを設定して策定する」としているのみである。そこで問題は、観測記録を基にどのように策定するかであるが、この規則の解釈は、そこまでは規定していない。

次に、この規則及び規則の解釈もとの内規である、基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイドの総則の中の1.2用語の定義には、下記のとおり規定されている。

(6)「震源を特定せず策定する地震動」とは、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の地震の全てを事前に評価しう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、全ての敷地（対象サイト）において共通的に考慮すべき地震動であると意味付けた地震動をいう。

すなわち、「震源を特定せず策定する地震動」は、敷地近傍においてどんなに詳細に調査しても、発生する可能性のある内陸地殻内地震の全てが事前に評価しうるとは言い切れないために策定するものとされている。

また、4. 震源を特定せず策定する地震動の項には

4.1 策定方針

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

とされ、さらに

4.2 地震動評価

4.2.1 検討対象地震の選定と震源近傍の観測記録の収集

- (1) 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適切に選定し、それらの地震時に得られた震源近傍における観測記録を適切かつ十分に収集していることを確認する。
- (2) 検討対象地震の選定においては、地震規模のスケールリング（スケールリング則が不連続となる地震規模）の観点から、「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」を適切に選定していることを確認する。
- (3) また、検討対象地震の選定の際には、「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」についても検討を加え、必要に応じて選定していることを確認する。

とされたうえで、その解説では

〔解説〕

- (1) 「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。
- (2) 「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））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。なお、活断層や地表地震断層の出現要因の可能性として、地域によって活断層の成熟度が異なること、上部に軟岩や火山岩、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。このことを踏まえ、観測記録収集対象の地震としては、以下の地震を個別に検討する必要がある。
 - ① 孤立した長さの短い活断層による地震
 - ② 活断層の密度が少なく活動度が低いと考えられる地域で発生した地震
 - ③ 上部に軟岩や火山岩、堆積層が厚く分布する地域で発生した地震

とした上で

その収集対象となる地震の例として、次の16の地震を挙げる。

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

しかし、まず「観測記録」は、実際に観測された記録であるが、観測するための機器である強震計が、全ての地震動をカバーできるほど配置されているわけではない。したがって、観測記録だけでは、全く不十分なものでしかない。後述する2004年留萌支庁南部の地震では、断層面の延長上に観測点があったために、極めて大きな地震動を観測した。しかし、このようなことは極めて稀であり、多くは、断層面からある程度離れた地点での観測記録でしかない。だからこそ、JNESの前記報告書の「要旨」で

加藤ほか(2004)の課題としては、調査した震源を事前に特定できるとした地震の周辺活断層との関連付けの根拠が明確でないこと、対象とした地震及び震源近傍の地震動観測記録が少なく、地震動の上限レベルの規定の根拠が明確ではないこと等が挙げられた。

しかも、新規基準として策定された「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」(甲47)では、この収集対象となる内陸地殻内の地震の例として挙げるも

のを見れば、上記のとおり 1997 年 3 月の鹿児島県北西部地震から、2013 年栃木県北部地震までの 16 地震が取り上げられているだけでしかない。

わずか 17 年間の地震の観測記録だけで、「震源を特定せず策定する地震動」を決めようとしているのである。これは 1995 年の兵庫県南部地震以降に、強震計が数多く設置されるようになったからのことであるが、要するに観測記録はごくわずかしかないのに、その観測記録だけで、「震源を特定せず策定する地震動」を決めようと言うのである。このようなわずかな記録で、たとえば過去 1000 年、1 万年、10 万年の間の「震源を特定せず策定する地震動」の参考となる地震動の最大値を知ることなど不可能である。

確かに、現時点で、発生した地震の詳細な情報の得られている、「震源を特定せず策定する地震動」の基礎となる地震は、わずかしかない。問題は、そこから、どうやって、真に上限となる「震源を特定せず策定する地震動」を策定するかである。この点について「解釈」も「審査ガイド」も「収集された観測記録を基に」としていただいであるから、この収集された観測記録を「基に」どのようにして、「震源を特定せず策定する地震動」を策定するかが問題となるのである。

間違っても、収集された観測点での地震動自体（あるいはその地点での地表近くでの地震動増幅を取り除いた「はぎとり波」自体）を「震源を特定せず策定する地震動」としてはならない。そこで、やはり JNES の行った作業や、後述する留萌支庁南部地震から導かれる Mw6.5 未満の地震での最大地震動を検討することにならざるをえないのである。

ところで、上記のように、規制委員会は、「震源を特定せず策定する地震動」を 2 つに分け、1 つを

- (1) 「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。

とし、もう 1 つを

(2) 「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））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。なお、活断層や地表地震断層の出現要因の可能性として、地域によって活断層の成熟度が異なること、上部に軟岩や火山岩、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。このことを踏まえ、観測記録収集対象の地震としては、以下の地震を個別に検討する必要がある。

- ① 孤立した長さの短い活断層による地震
- ② 活断層の密度が少なく活動度が低いと考えられる地域で発生した地震
- ③ 上部に軟岩や火山岩、堆積層が厚く分布する地域で発生した地震

とする。

これは、JNESの前記したグループ1の地震、「基本的に震源を特定できない地震」と、グループ2の地震「明瞭な痕跡とみなすかどうか判読が難しく、意見が分かれている」地震にほぼ相当し、グループ2については、それをさらに詳細にしたと言えるものである。

ちなみに、上記の②は、鳥取県西部地震を想定しているものであり、③は岩手・宮城内陸地震を想定しているが、島崎邦彦規制委員会委員によれば、②に該当とされる島根県西部地震は、活動性が小さい地震ではなく、1000年間に1度のM7の地震を発生させる日本でもっとも活動度の高い活断層に対応するとされている（「科学」2013年4月号掲載論文「地域と活断層：その関係を捉え直す」p450）。したがって、この鳥取県西部地震は、単に「明瞭な痕跡とみなすかどうか判読が難しく、意見が分かれている」地震として分類すべきものであり、その点からすると規制委員会の分類よりはJNESの分類の方が、正しい分類とすることができる。

この2つのグループの地震を参照した「震源を特定せず策定する地震動」は、2つ目のグループについては、鳥取県西部地震を取り上げたJNESの作業によるものを採用すべきであり、一方、「地表地震断層が出現しない断層」（基本的に震源を特定できない断層）については、後述の留萌支庁南部地震から、導かれる地震動が、重要となる。

8 「震源を特定せず策定する地震動」にも不確かさの考慮が必要

強震動予測レシピには大きな不確かさが、各stepで存在することは、すでに詳細に論じた。上記のJNESの作業は、述べたとおり、この強震動予測レシピ（入倉レ

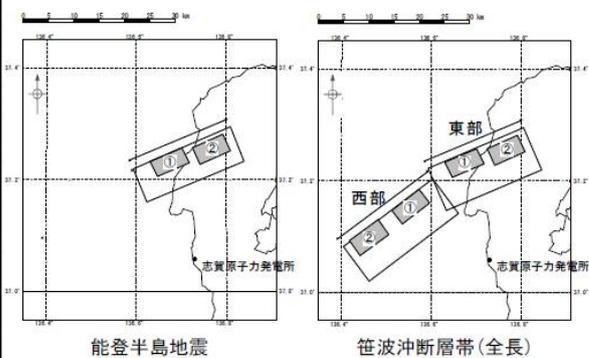
シビ) を用いてなされたものであり、(一部+σ程度の考慮はされているが) 基本的には平均像によるものである。たとえばアスペリティの面積比にも不確かさが存在することも考慮する必要がある。また、グリーン関数の不確かさも考慮しなければならない。

いくつかアスペリティがあるとき、直近のアスペリティの応力降下量だけは、アスペリティ全体の平均応力降下量よりさらに大幅に大きくなる可能性もある。中越沖地震の際にも、3つあるとされたアスペリティの応力降下量は、同じではなかった。また平成19年能登半島地震では、下記のとおり、2つのアスペリティの応力降下量は大きく食い違っていた。

2. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動
2-6. 検討用地震の地震動評価 46

設定した断層パラメータ

項目	【参考】能登半島地震	笹波沖断層帯(全長)		設定方法	項目	【参考】能登半島地震	笹波沖断層帯(全長)		設定方法			
		東部	西部				東部	西部				
基準点北緯	N(°)	37.2207	37.2207	37.0838	巨視的パラメータ	面積	S_0 (km ²)	286.3	356.4	384.1	$S_0=S_1$	
基準点東経	E(°)	136.5931	136.5931	136.4030		地震モーメント	M_{0i} (N·m)	8.97E+18	2.97E+19	3.20E+19	$M_{0i}=(M_0-\sum M_{0j})\cdot S_0/S$	
走向	θ (°)	66.7	66.7	52.7		すべり量	D_0 (cm)	94.7	251.8	251.8	$D_0=M_{0i}/(\mu\cdot S_0)$	
傾斜角	δ (°)	60	60	60		実効応力	$\Delta\sigma_0$ (MPa)	4.3	4.3	4.3	能登半島地震シミュレーション解析結果	
すべり角	λ (°)	132	132	132		サイクタイム	T_{r1} (s)	1.2	1.2	1.2	同上	
長さ	L(km)	20.6	20.6	22.2		高周波断特性	f_{max} (Hz)	8.3	8.3	8.3	香川ほか(2003)	
幅	W(km)	13.9	17.3	17.3		パソナの地震源	剛性率	μ (N/m ²)	3.31E+10	3.31E+10	3.31E+10	上部地殻の剛性率
上端深さ	h(km)	3.0	3.0	3.0			S波速度	V_s (km/s)	3.5	3.5	3.5	上部地殻のS波速度
すべり面面積	S_1 (km ²)	286.3	356.4	384.1			破壊伝播速度	V_r (km/s)	2.5	2.5	2.5	$V_r=0.72\cdot V_s$ [Geller (1976)]
断層面積	S (km ²)	286.3	740.4	740.4			破壊伝播様式		放射状	放射状	放射状	能登半島地震シミュレーション解析結果
地震モーメント	M_0 (N·m)	1.36E+19	7.31E+19	7.31E+19								
平均すべり量	D(cm)	143.6	298.4	298.4								
平均応力降下量	$\Delta\sigma$ (MPa)	6.84	8.83	8.83								
短周期レベル	A (N·m/s ²)	1.38E+19	2.41E+19	2.41E+19								
面積	S_{21} (km ²)	47.7	47.5	47.3		微視的パラメータ	地震モーメント	M_{021} (N·m)	2.72E+18	3.35E+18	3.34E+18	$M_{021}=\mu\cdot D_{21}\cdot S_{21}$
すべり量	D_{21} (cm)	172.3	213.4	213.4	すべり量		D_{21} (cm)	172.3	213.4	213.4	$D_{21}\propto A_{21}$	
全すべり量	D_{21t} (cm)	267.0	465.3	465.3	全すべり量		D_{21t} (cm)	267.0	465.3	465.3	$D_{21t}=D_{21}+D_0$	
応力降下量	$\Delta\sigma_{21}$ (MPa)	20.0	24.8	24.8	応力降下量		$\Delta\sigma_{21}$ (MPa)	20.0	24.8	24.8	$\Delta\sigma_{21}\propto A_{21}$	
サイクタイム	T_{r21} (s)	0.6	0.6	0.6	サイクタイム		T_{r21} (s)	0.6	0.6	0.6	能登半島地震シミュレーション解析結果	
短周期レベル	A_{21} (N·m/s ²)	1.20E+19	1.49E+19	1.49E+19	短周期レベル		A_{21} (N·m/s ²)	1.20E+19	1.49E+19	1.49E+19	$A_{21}=(\sum A_{21})^{1/2}$	
面積	S_{22} (km ²)	47.7	47.5	47.3	面積		S_{22} (km ²)	47.7	47.5	47.3	能登半島地震シミュレーション解析結果	
地震モーメント	M_{022} (N·m)	1.91E+18	2.36E+18	2.34E+18	地震モーメント		M_{022} (N·m)	1.91E+18	2.36E+18	2.34E+18	$M_{022}=\mu\cdot D_{22}\cdot S_{22}$	
すべり量	D_{22} (cm)	121.0	149.9	149.9	すべり量		D_{22} (cm)	121.0	149.9	149.9	$D_{22}\propto A_{22}$	
全すべり量	D_{22t} (cm)	215.7	401.7	401.7	全すべり量		D_{22t} (cm)	215.7	401.7	401.7	$D_{22t}=D_{22}+D_0$	
応力降下量	$\Delta\sigma_{22}$ (MPa)	10.0	12.4	12.4	応力降下量	$\Delta\sigma_{22}$ (MPa)	10.0	12.4	12.4	$\Delta\sigma_{22}\propto A_{22}$		
サイクタイム	T_{r22} (s)	0.6	0.6	0.6	サイクタイム	T_{r22} (s)	0.6	0.6	0.6	能登半島地震シミュレーション解析結果		
短周期レベル	A_{22} (N·m/s ²)	6.73E+18	8.34E+18	8.34E+18	短周期レベル	A_{22} (N·m/s ²)	6.73E+18	8.34E+18	8.34E+18	$A_{22}=(\sum A_{22})^{1/2}$		



断層パラメータは平成19年能登半島地震のシミュレーション解析結果を反映して設定

(注) 断層モデルは、能登半島地震と同様アスペリティ部分において、強震動を生じさせるすべり量(地震モーメント)の他に、実効応力が小さく短周期地震動への寄与が少ない背景領域のすべり量(地震モーメント)が付加的に生じるモデルを設定。

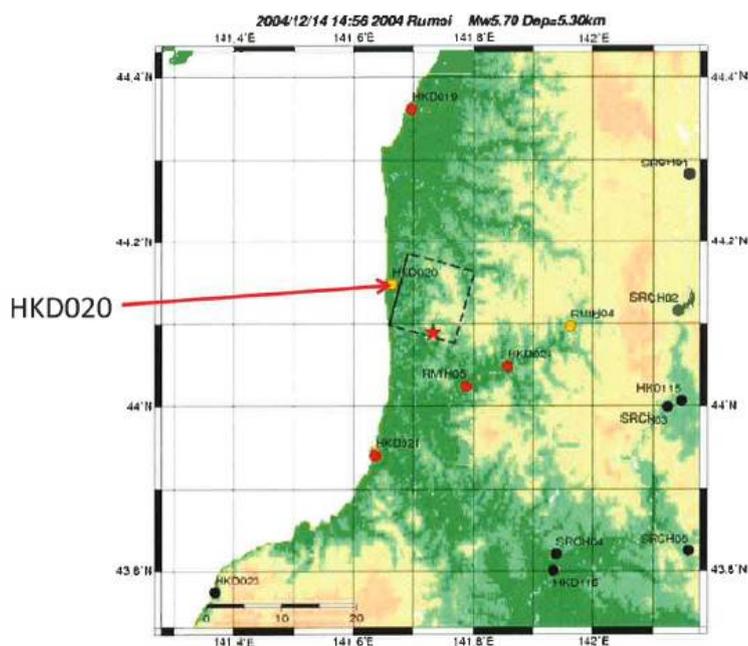
志賀原子力発電所「新耐震指針に照らした耐震安全性評価(基準地震動 Ss の策定について)平成21年1月15日 北陸電力株式会社

そうすると、加速度応答スペクトルは、さらに大きくなってしまいます。しかし、そのほかにもアスペリティの面積比を2分の1とすれば、アスペリティの応力降下量は2倍となり、さらにグリーン関数の不確かさを2倍とすれば、もっと相当に大き

な加速度応答スペクトルとなる可能性があるのである。

9 2004 年留萌支庁南部の地震

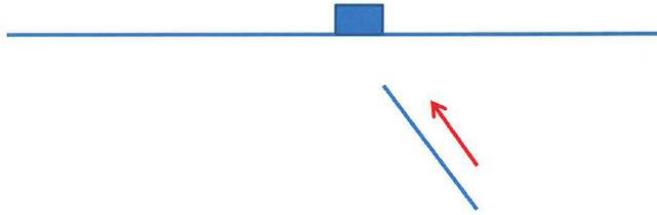
(1) 2004 年年留萌支庁南部地震の概要



「震源を特定せず策定する地震動について」原子力規制委員会平成 25 年 3 月 25 日

2004 年留萌支庁南部地震は、規模も Mw で 5.7 (Mj で 6.1) という比較的小規模の地震でありながら、断層面の延長上に極く近い観測点 (HKD020) で、1000 ガル超という地震動を観測した (甲 6 2 「震源を特定せず策定する地震動 計算業務報告書」、平成 23 年 3 月 (財) 地域地盤環境研究所)

なぜこのような大きな地震動を生じたかについては、破壊伝播効果 (NFRD 効果、下図のように、破壊伝播方向に観測点があるとき、破壊伝播の方向と地震動の進行方向が同じために地震動が重なって増幅する効果) によるものとされている。実際、上の地図を見ても、断層面の延長に極めて近くに観測点がある。赤丸と黄丸は、観測点を表しているが、観測点の配置の密度を見れば、このような地表面にある断層の極く近くに観測点があることが極めてまれなことであることが一目瞭然である。



(2) 留萌支庁南部地震の地震動

HKD020 観測点での応答スペクトルは、次のとおりであった（上記計算業務報告書）。

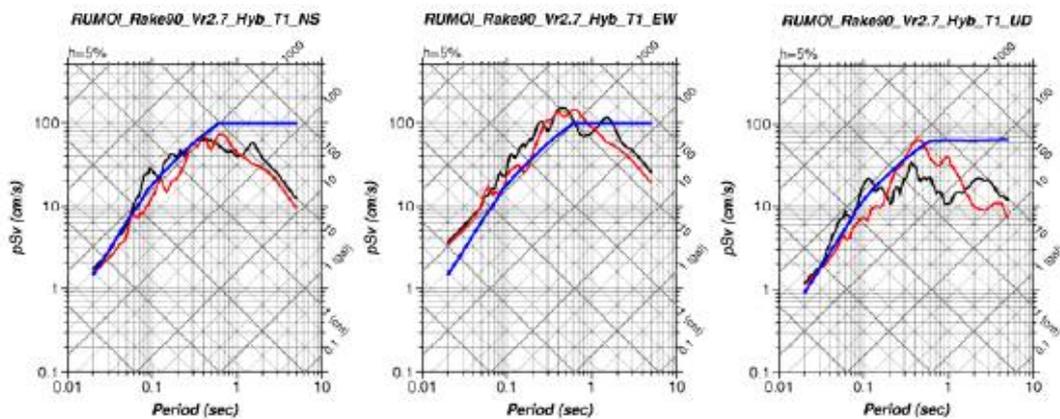


図 2.2-3(2) HKD020 におけるハイブリッド波形（赤）と観測波形（黒）による疑似速度応答スペクトルの比較（青：加藤スペクトル）

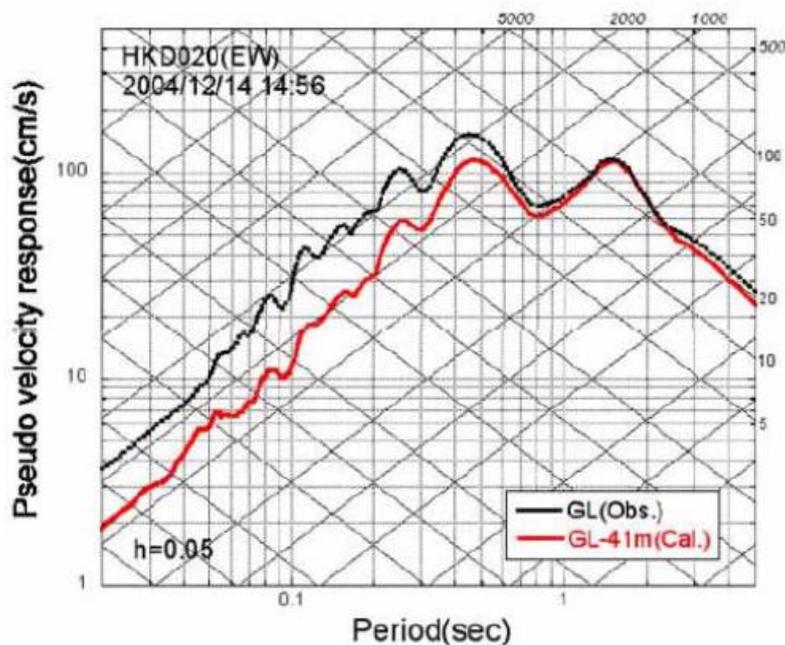
左：NS、中：EW、右：UD

左下から右上にひかれた直線が、加速度応答スペクトルの目盛であり、青線が加藤他（2004）の応答スペクトルである。加藤他（2004）の応答スペクトルは、周期 0.1 秒から 0.5 秒の短周期で、1000 ガルを少し超える程度となっているが、特に中央の東西成分の図で、黒線の観測波形は、大幅に加藤他（2004）のスペクトルを上回っている。

わずか Mw5.7 の地震で、とりわけ原発にとって厳しい、周期 0.1 秒から 0.5 秒の短周期で、加藤他（2004）の加速度応答スペクトルの 2 倍に及ぶ地震動を実際に観測したのである。

(3) 地盤による地震動の増幅

この強い地震動の原因について、佐藤（2013）は、特に地表から13mまでは岩盤は亀裂が多く、岩盤が6mまでの地盤が脆いとし、そのため、地震動が増幅するとして、41mまでの地層を除去したときのはぎとり波が次のようになるとした。

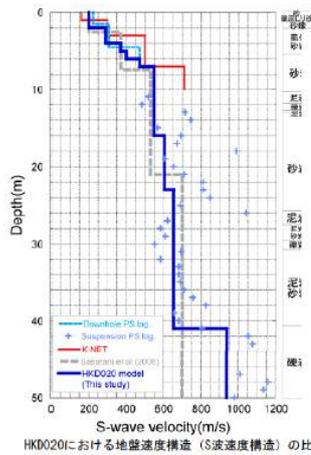
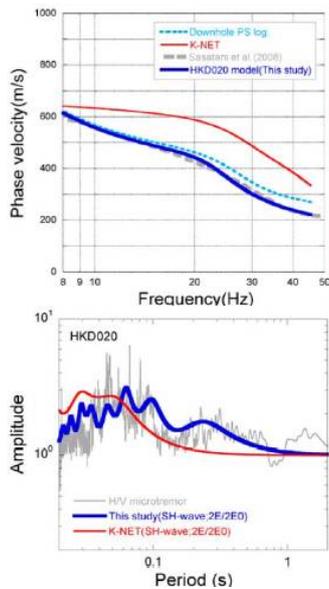


高浜発電所・大飯発電所「震源を特定せず策定する地震動について」平成25年12月25日関西電力株式会社（甲63）

この赤線が、はぎ取り波である。地震動は585ガルであり、応答加速度（右下から左上に伸びる斜線）でみると、周期0.2秒から0.5秒という原発にとって危険な短周期で、一部1500ガルを超えるほどに達しており、おおむね1300ガル以上となっている。この応答加速度は、加藤他（2004）の応答スペクトルが1000ガル超程度であることを考えると、相当に大きな値である。

ちなみに、地表深さ6mまでの地盤が弱いとする図は次のとおりである。

- ダウンホール法によるPS検層結果のVsが500m/s以下の深さ6mまでのS波速度を、笹谷ほか(2008)による位相速度を説明できるように若干修正し、HKD020の地盤モデルを作成した。
- HKD020の地盤モデルによるSH波の理論増幅特性の卓越周期は、微動H/Vスペクトルの卓越周期と周期0.02秒程度のごく短周期までよく対応。K-NET地盤情報によるSH波の理論増幅特性は、微動H/Vスペクトルの卓越を説明できない。
- 以上から、本研究によるHKD020の地盤モデルは、より妥当なモデルであると結論付けられる。

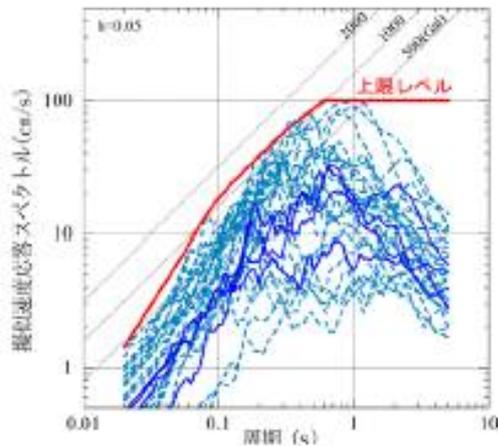


HKD020における地震動評価モデル

上面深度 (m)	P波速度 Vp(m/s)	S波速度 Vs(m/s)	密度 ρ (10 ³ kg/m ³)	層厚 H(m)	減衰定数 h	非線形特性
0		200	1.90	0.5	0.02	砂
0.5	457	200	2.00	0.5	0.03	硬まじり砂
1		200	2.00	1.0	0.02	硬1
1.5		290	2.00	1.0	0.01	硬2
2		290	2.00	1.0	0.01	風化砂岩1
3	952	370	2.00	1.0	0.01	風化砂岩2
4		400	2.00	1.0	0.01	風化砂岩2
5		473	2.00	1.0	0.01	—
6		549	2.00	9.0	0.01	—
7	1722	604	2.06	7.0	0.01	—
16		653	2.06	18.0	0.01	—
23		938	2.13	—	0.01	—
38	2215					—
41						—

甲 6 3

しかも、この地震動が、わずか Mw5.7 の地震でもたらされたことが大きな問題である。上のはぎ取り波に原子炉施設が耐えられたとしても、それはわずか Mw5.7 の地震に耐えられるというだけでしかない。



震源を事前に特定できない地震による震源近傍の観測記録の水平動応答スペクトルとその上限レベル

加藤、他(2004)

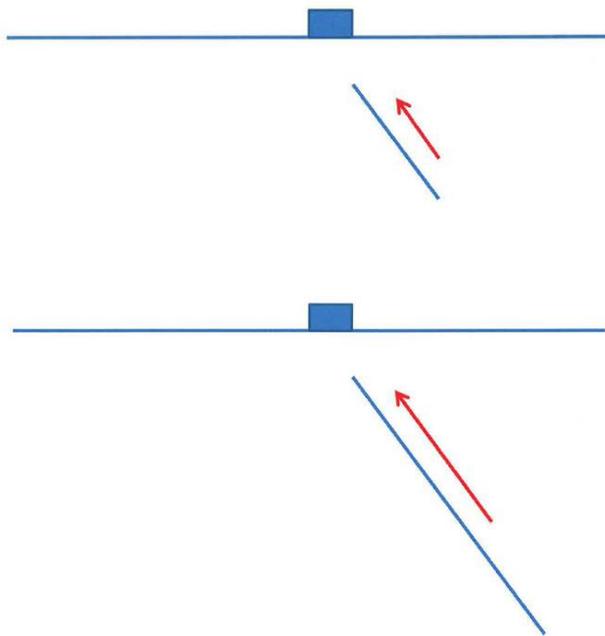
前記の「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」の「4.2 地震動評価」
「4.2.1 震源近傍の観測記録の収集と検討対象地震の選定」の中の「解説」では、
「地表地震断層が出現しない可能性のある地震」を前記のように次のように説明する。

【解説】

- (1) 「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あり、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)**）である。

このように新規制基準は、「震源の位置も規模も推定できない地震」を Mw6.5 未満の地震としているが、Mw6.5 の地震は、Mw5.7 の地震の 16 倍のエネルギーを有する地震である。

地震の規模が大きくなれば、地震波は、さらにたくさん重なる。そして、破壊伝播効果は、より大きくなることは明らかである。



そうであれば、問題は、この Mw6.5 未満の地震が、破壊伝播効果（NFRD 効果）のもたらされるような位置で発生したときに、最大限どこまでの地震動が敷地を襲うかである。

このような地震はまさしく「直下地震」である。直下地震は、直下ではない地震に比べ、破壊伝播効果（NFRD 効果）により、格段に大きな地震動を敷地にもたらす。したがって、「震源を特定せず策定する地震動」の中の、特に「地表地震断層が発生しない可能性のある地震」の想定では、直下地震発生の際の地震動だけを問題にすれば足り、他の想定を考える必要はない。

Mw5.7 の地震で、これほど大きな地震動をもたらしたのであれば、Mw6.5 未満の地震では最大どこまで大きな地震動が来るのかは、誰でもただちに抱く、極めて素朴な疑問である。この素朴な疑問に、答えるようなものでなければ、本件原発の地震動想定、耐震設計は成り立ちようがない。

そこで、まず Mw5.7 の地震と Mw6.5 の地震を入倉レシピ（強震動予測レシピ）の計算式を用い、エクセルで計算すると次のとおりである。

断層面積S	地震モーメント M_0	平均応力降下量	アスペリティの応力降下量	モーメントマグニチュードMw
60.483679	4.46684E+24	2.31337E+22	1.05153E+23	5.7
381.62621	7.07946E+25	2.31337E+22	1.05153E+23	6.5

このように、Mw5.7 の地震の断層面積は、60.5 km^2 、Mw6.5 の地震の断層面積は、381.6 km^2 となり、これを平方根すれば、1 辺の長さが出る。それは、Mw5.7 の地震の

断層面は 7.78 km、Mw6.5 の地震の断層面は 19.5 km で、Mw5.7 の地震の断層面の 1 辺の長さの 2.5 倍となっている。そうすると、地震波の重なりはおおよそ 2.5 倍とみるのが素直な見方であり、地震動は 2.5 倍余分に増幅すると、とりあえずは見なければならぬ。もちろん、震源断層面は、幅だけではなく長さも 2.5 倍となるから、事はそれほどシンプルではないが、その程度には増幅は増えると、とりあえずは見るべきである。

なお、地震動は主として、固着した領域であるアスペリティで発生する地震動の大きさで決まってくる。アスペリティの固着が強く、そこに歪みがたくさんたまっていれば、アスペリティ部分がはがれて破壊されたときに大きな地震動を発生する。そのため、アスペリティの歪みの解放量、すなわち応力降下量が大きくなれば地震動は大きくなる。また、上図のように、アスペリティの面積が大きければ、やはり重なる地震波が増えるから、破壊伝播効果 (NFRD 効果) は大きくなる。したがって、アスペリティの応力降下量や面積が平均的なものより大きければ、その分破壊伝播効果 (NFRD 効果) も大きくなる。このことから、アスペリティの応力降下量や面積についての不確かさが、直下地震での地震動の大きさを想定する際には、必ず問題となる。

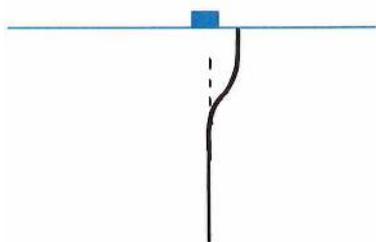
第10 FO-A～FO-B断層と熊川断層が連動したときの破壊伝搬効果（NFRD効果）

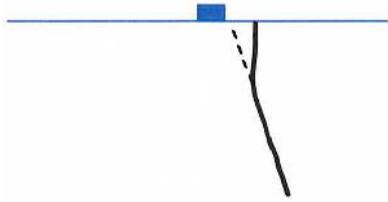
FO-A～FO-B断層と熊川断層が連動したときの断層は、本件敷地から2kmほどの位置を走行している。そうだとすると、敷地直近の深さ18kmの断層面の下端もしくはアスペリティの下端が破壊開始点だとすると、地震波は、相当程度重なるはずだから、破壊伝搬効果（NFRD効果）もある程度は生じる可能性が高いと思われる。

しかし、FO-A～FO-B断層と熊川断層の活動した時の、被告が算出した地震動は、Mw5.7の留萌支庁南部地震のはざとり波とされる地震動と比べても、Mw7.0に達する地震であるはずなのに、それほど大きな地震動となっていない。このことは、破壊伝搬効果（NFRD効果）が、計算上十分には再現されていないことを示しているようにも思われる。そうだとすると、被告のFO-A～FO-B断層と熊川断層の連動した地震の地震動想定は、過小評価となっている可能性もあるということになる。

次に平成19年能登半島地震の教えるところは、断層面は、地下で曲がっていて、地表での角度と同じ角度で続くとは限らないということである。敷地から2kmのところを走行する断層であっても、多少の距離があるために、仮に破壊伝搬効果（NFRD効果）がそれほどではないという結果が出たとしても、地表に現れた断層が、そのまま地下に同じ角度で続くとは限らないなら、また異なる結果をもたらす。

そこで、FO-A～FO-B断層と熊川断層が連動したときの断層が、次のような形状であつたら、破壊伝搬効果（NFRD効果）は最大限きいてくることとなる。そうなつたなら、被告想定は何倍にもなってしまうおそれがある。また、敷地直下に想定すべきアスペリティの応力降下量について、前述した複数のアスペリティへの応力降下量の割り振りの可能性も含む強震動予測の誤差のうち最大限をとつたうえで、破壊伝搬効果（NFRD効果）が最大限きいてくる場合、被告想定地震動を10倍にとどまらず上回るほどの地震動が原発を襲うおそれも否定できない。





そうなのは、本件原発の安全性は保ちようがなく、建屋ごと崩壊することすら考えなくてはならない。そのときには、大飯原発は、新規制基準の言う「大規模損壊」の状態となる。そのときには、もはや新規制基準が「大規模損壊」の際の唯一の対応策として規定する、実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則 84 条の「大規模損壊時の発電用原子炉施設の保全のための活動を行う体制の整備」、すなわち保全のための活動に必要な計画の策定、必要な要員の配置、活動する要員の教育及び訓練、必要な電源車、消防自動車、消火ホースその他の資機材の備え付けによって対応するほかないこととなる。しかし、この程度の対応では、「大規模損壊」が安全に終息するわけもない。資機材の内容からしても、対処方策は「とにかく水をかける」という以上のことでしかない。

規制委員会が想定するこの「大規模損壊」が発生したときに、原発の安全は保ちようがない。規制委員会の定めた新規制基準が「安全基準」ではなく単なる「規制基準」でしかなく、この基準を満たしたとしても安全とは言えないのは、「大規模損壊」の事態を考えれば、当然のことである。したがって、この事態は、すでに新規制基準自体があり得る事態として想定するものであって、その際には、対応のしようがないことを規制委員会自身認めていることは念のため指摘しておく。

こうして、想定を大きく上回る地震動が、「不確かさ」の発現として本件施設を襲ったときには、放射性物質が一気に全量環境中に放出されてしまうおそれは、決して否定できないのである。

第11 想定を超えた地震動が大飯原発を襲った場合、冷却水喪失・炉心溶融等の過酷事故が避けられない

1 福島第1原発事故

福島第1原発事故の、大きな要因は、地震と津波という自然現象に対して、全電源を喪失し、その結果、冷却水を失い、原子炉の冷却が出来なくなり炉心溶融を招き、ついには、大量の放射能を環境中にばらまいたという事故であった。

福島第1原発が、沸騰水型と呼ばれる炉であるのに対して、大飯原発は加圧水型と呼ばれる炉であり、多少形式は異なるが、炉心における核燃料の核分裂によって大量の熱を発生させること、冷却水を喪失してその熱が冷却できなくなれば、炉心溶融に至ることは、まったく同じである。

2 被告は、基準地震動 S_s の1.8倍の地震が襲った場合に、過酷事故に至ることを認めている

では、本書面で述べたように、基準地震動 S_s を超えた地震動が、大飯原発を襲った場合、機器・配管はどこが壊れ、どのような事態を招来するのか。

その回答は、すでに、被告自身が行っている。すなわち、被告は、その準備書面(5)において、以下のように述べている。

「大飯発電所4号機の地震に係るクリフエッジは、「基準地震動 S_s の1.75倍」から「1.80倍」に向上した(甲14)」(9頁)

そして、ここで「クリフエッジ」とは、以下のように説明されている。

「クリフエッジとは、プラントの状況が急変する地震、津波等のストレス(負荷)のレベルのことをいう。地震を例にとると、想定する地震動の大きさを徐々に上げていったときに、それを超えると、安全上重要な設備に損傷が生じるものがあり、その結果、燃料の重大な損傷に至る可能性が生じる地震動のレベルのことをいう。」(5頁の注)

ようするに、被告は、大飯原発は、基準地震動 S_s の1.80倍をもって「安全上重要な設備に損傷が生じるものがあり、その結果、燃料の重大な損傷に至る可能

性が生じる地震動のレベル」に至ると自ら認めているのである。

基準地震動 S_s の想定は、平均像で行っているに過ぎず極めて過小であること、基準地震動 S_s の1.8倍程度を想定したとしても、到底不足することは、本書面で繰り返し述べたとおりである。

3 被告のいう安全余裕について

なお、被告は、準備書面(9)の第6において、大飯原発の「安全上重要な施設の耐震性には余裕がある」とか、「万一、本件発電所が基準地震動 S_s を超過する地震動に襲われたとしても、そのことがすなわち安全上重要な施設の損傷(機能喪失)を意味するわけではない」などと主張する。

しかしながら、被告がいう「余裕」は、機器・配管等の構造物の材質のばらつきや施工(溶接等)のミスなどがあり得ることを前提に設けられているものであって、原発の設計・施工においては、許容値が唯一絶対の基準である。

そして、原子炉の設置許可の審査や、原子力規制委員会による新規制基準適合性審査においても、許容値を基準として、安全性が確認されているだけで、被告が主張するような「実際」には余裕がある、などという点は、全く審査の対象となっていない。

さらに言えば、大飯原発はこの許容値を守って建設されたはずであるのに、「実際」には、原子炉容器の溶接部において残留応力等による割れを発生させたり、原子炉容器上部ふた制御棒駆動装置取付管台の溶接部に発生した割れから1次冷却材を漏れいさせたりするなど、これまで数々の機器・配管の「想定外」の故障や事故を起こしてきた(被告の準備書面(1)22頁)。

従って、被告のいう安全余裕については、大飯原発の耐震安全性を考慮する基準とならない。

以上