

平成24年（行ウ）第15号 東海第二原子力発電所運転差止等請求事件
原告 大石光伸 外223名
被告 日本原子力発電株式会社

最終準備書面（その5）
補充書2
（被告の最終準備書面に対する反論）

2020年7月2日

水戸地方裁判所 民事第2部合議アA係 御中

原告ら訴訟代理人

弁護士 河 合 弘 之
外

本補充書2は、被告の最終準備書面のうち、基準地震動に関する部分について、反論するものである。

ただし、時間的な制約から、網羅的な反論は困難であるので、重要な点に絞って論ずることとする。

第1 SMGAモデル（諸井ほか(2013)（丙D第44号証））では、東北地方太平洋沖地震の地震動を再現できていないことについて	3
1 被告の主張の概要	3
2 原告らの反論	5
(1) 「強震動予測レシピ」について	5
(2) ①破壊開始点の問題	5
(3) ②地震動の再現性の問題	8
(4) SMGAモデルを用いた他の研究者も、再現できていないことに	

について	10
(5) 倉橋・入倉 2013 (甲 D 1 2 3) の「不均質モデル」は, S M G A モデルを用いて, 再現できていないことを示していること	11
第 2 S M G A モデル及び S P G A モデルに関するその他の被告の主張について	13
1 S M G A モデルの実務への浸透に関するもの	13
2 野津証人の見解について	13
(1) 野津証人見解①について	13
(2) 野津証人見解②について	19
(3) 野津証人見解③について	21
(4) 野津証人見解④について	23
(5) 野津証人見解⑤について	24
(6) 野津証人見解⑥について	25
(7) 野津証人見解⑦について	27
(8) 野津証人見解⑧について	28
第 3 「応答スペクトルに基づく地震動評価」に関するもの	30
1 距離減衰式のばらつきについて	30
2 地域性について	31
第 4 「断層モデルを用いた手法による地震動評価」に関するもの	32
1 被告の主張	32
2 原告の反論	32

第1 SMGAモデル（諸井ほか(2013)（丙D第44号証））では、東北地方太平洋沖地震の地震動を再現できていないことについて

1 被告の主張の概要

被告は、SMGAモデルを用いて策定した基準地震動の合理性について、

- (1) 地震動審査ガイドにおいても、震源特性パラメータは、地震調査研究推進本部による強震動予測レシピ等の最新の研究成果を考慮して設定されていることを確認するものとされており（同ガイドI. 3. 3. 2 (4) ① 1）（乙Bア第51号証4～5頁））、レシピを「最新の研究成果」と位置付けている（丙Bア第25号証296～297頁参照）（被告最終準備書面27頁～）
- (2) 被告は、諸井ほか(2013)（丙D第44号証）の知見により、Mw9クラスの巨大プレート間地震に対しても強震動予測レシピが適用できることを確認した上で、同レシピを用いるなどして「2011年東北地方太平洋沖型地震」の基本震源モデルの各種パラメータを設定した（同46頁～）。
- (3) 原告ら代理人は、川里証人に対し、諸井ほか(2013)（丙D第44号証）にある、東北電力株式会社女川原子力発電所における東北地方太平洋沖地震の強震動の再現結果として示されている応答スペクトルと観測記録とを重ね描いた図を挙げて、「特徴的なのは、これは女川なので、宮城県では大きな地震波が、2つの山が観測されているわけですが、第2波が全く再現されていないということですね」と質問するなど、Mw9クラスの巨大プレート間地震に対して強震動予測レシピを適用しても不合理な結果しか得られないかのような前提に立つ尋問を行っているが（川里調書41頁）、諸井ほか(2013)の研究目的の理解等に誤りがあると考えられるなど、何ら当を得ないものである（同48頁～）。
- (4) 諸井ほか(2013)は、「地震動評価の結果は地震動レベルの評価の点で観測記録をよく捉えており、海洋プレート間巨大地震に対する標準的強震動レシピの有効性を十分に示すものである。

他方で、先験情報に基づくゆえの制約ないし限界もあり、この点につ

いては、諸井ほか(2013)においては、①「加速度記録の経時特性は説明できておらず、その再現には先験情報のみでは不十分であり、断層破壊伝播の解明等が必要と思われる」、②「地震動レベルの観測記録との整合性を地点ごとに見ると、東海地点に比較して女川地点の解析結果はやや過小評価となっている」と適切に記述されている（同49頁～）。

(5) 「ただし、これら各点をもって、Mw9クラスの巨大プレート間地震に対して強震動予測レシピを適用することが不合理とすることはできない。

①については、震源断層面において、いかなる破壊開始点から破壊が始まるかは分からず、それゆえ、先験情報のみでは加速度記録の経時特性を説明することは困難であるものの、本件発電所における地震動評価のように、地震動を保守的に評価するとの観点からは、対象地点に破壊が向かってくる位置に破壊開始点を設定することで対処できる事項である。

②については、そもそも、女川地点の評価結果に関するものであり、本件発電所の評価結果は観測記録とよく整合しているが、この点を措いても、宮城県沖については、東北地方太平洋沖地震発生前から、1978年から2005年までのMw5.5以上の日本のプレート境界地震のなかで、応力降下量について、2005年宮城県沖地震が最大、1978年宮城県沖が2番目に大きいとされているなどの地域性が知られている（丙D第188号証）。もとより、標準的なレシピの適用を前提としながら、対象地点における地域性を考慮することができ、むしろ、原子力発電所における地震動評価では、そのような地域性を考慮した地震動評価が求められるところ、諸井ほか(2013)においても、1978年宮城県沖地震を参考に、宮城県沖の短周期レベルをかさ上げすることで、震源の地域性の影響の取り込んだ評価を示し、再現性が有意に高まったことを示している。更に、東北電力株式会社は、女川原子力発電所について、新たな規制基準を踏まえてプレート間地震の検討ないし評価を行うに当たり、諸井ほか(2013)による強震動シミュレーションと東北地方太平洋沖地震の観測記録との整合性に関し、諸井ほか(2013)の断層モデルから、応力降下量を1978

年宮城県沖地震のレベルに見直し、放射特性を地震調査研究推進本部(2005)に見直すと、観測記録とよく整合する評価結果を得たなどとしている(丙D第189号証85～111頁, 同第161号証の22枚目)(同49頁～50頁)。

2 原告らの反論

(1) 「強震動予測レシピ」について

被告は「地震動審査ガイドにおいても、震源特性パラメータは、地震調査研究推進本部による強震動予測レシピ等の最新の研究成果を考慮して設定されていることを確認するものとされており(同ガイドI. 3. 3. 2 (4) ① 1)(乙Bア第51号証4～5頁)), レシピを「最新の研究成果」と位置付けている(丙Bア第25号証296～297頁参照)」としている。

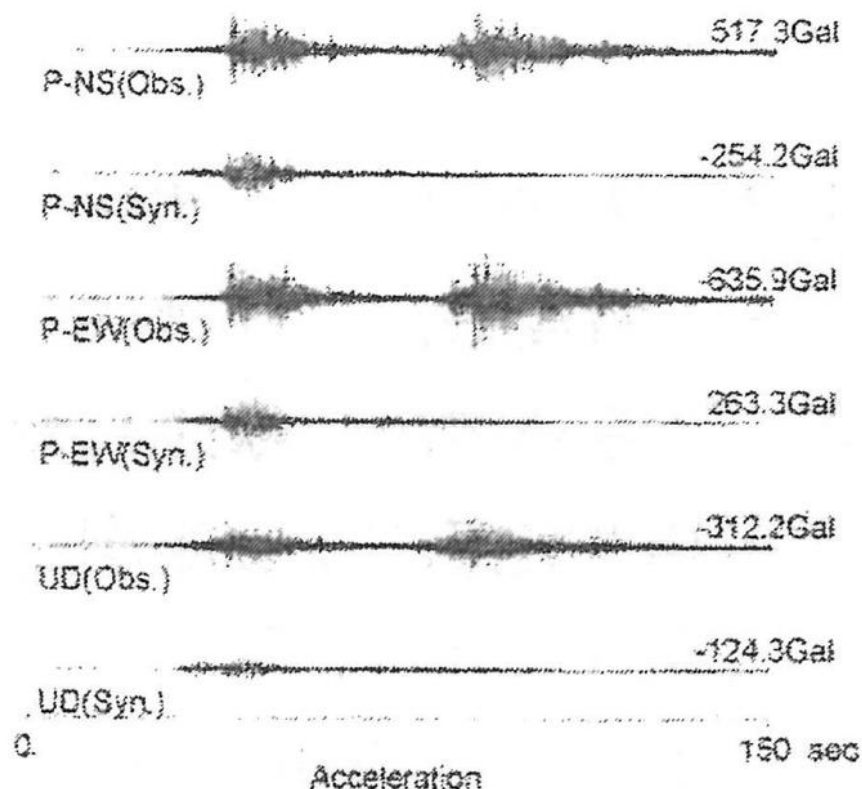
しかしながら、地震動審査ガイドは、「強震動予測レシピ等の最新の研究成果を考慮」としており、「強震動予測レシピ」のみが「最新の研究成果」であるとされているわけではないし、「強震動予測レシピ」に従って地震動を策定すれば必要十分である、などとされているわけでもない。

「地震動審査ガイド」が求めていることは、「強震動予測レシピ」に基づくことではなく「最新の研究成果を考慮」することである。

したがって、被告の主張は誤りである。

(2) ①破壊開始点の問題

ア 次に、被告の①破壊開始点の問題については、諸井ほか2013(丙D44)では、「Syn.」(シンセティック, 計算値)は、「Obs.」(観測値)をまったく再現できていないことは、被告も認めている。



諸井ほか2013（丙D44）の図3の左上の図（（a）女川地点）

被告は、この点について、「地震動を保守的に評価するとの観点からは、対象地点に破壊が向かってくる位置に破壊開始点を設定することで対処できる事項である」と主張する。

イ しかし、それだけの問題ではない。

諸井ほか2013（丙D44）の計算では、東北地方太平洋沖地震で実際に起きた現象とは異なり、沖合側のSMGAを先に破壊させ、陸側のSMGAを後から破壊させている。それにより、女川では沖側のSMGAからの波群と陸側のSMGAからの波群が計算上重なり合って一つの波群を形成することとなっている。すなわち、女川に対しては大きな振幅となりやすいような破壊の順番が既に設定されているにも関わらず、結果は過小評価となっている。よって、破壊開始点の設定により過小評価が解消できるとする主張には根拠が無い。このモデルを、2つのSMGAの破壊の順番を入れ替えて、東北地方太平洋沖地震の際に実際に起きた現象と

合わせる形（１つ目の陸側のSMGAが先に破壊をして、それから、沖合側のSMGAが後から破壊したモデル。これによって、時刻歴波形に２つ目の山が表現できる）に修正した場合は、２波目の波群を沖合のSMGAによって再現しなければならず、距離が遠い分だけ、強い震源を沖合に置かなければいけないことになる。かなり大きな短周期レベルを与えなければ、この２波目の大きな振幅は再現できないからである（野津証人３５頁）。

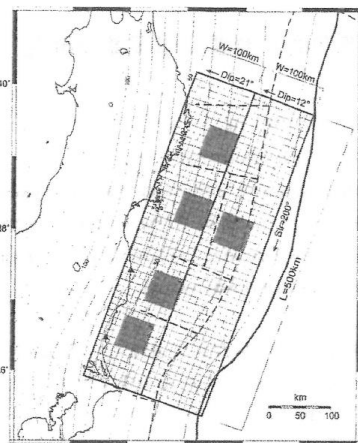


図１ 震源モデル（背景の太線は日本海溝、破線は海溝型地震の発生領域、点線はJ-SHISの太平洋プレート上面等深線）

表１ 断層パラメータ

	面積 S(km ²)	地震モーメント M ₀ (Nm)	平均すべり量 D(m)	応力降下量 Δσ(MPa)	短周期レベル A ₀ (Nm/s ²)
断層全体	100,000	4.0E+22	8.5	3.08	2.97E+20
SMGA1個あたり	2,500	2.0E+21	17.1	24.6	1.33E+20
背景領域	87,500	3.0E+22	7.3	4.9	—

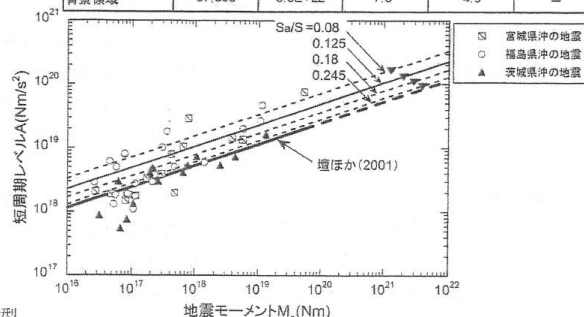
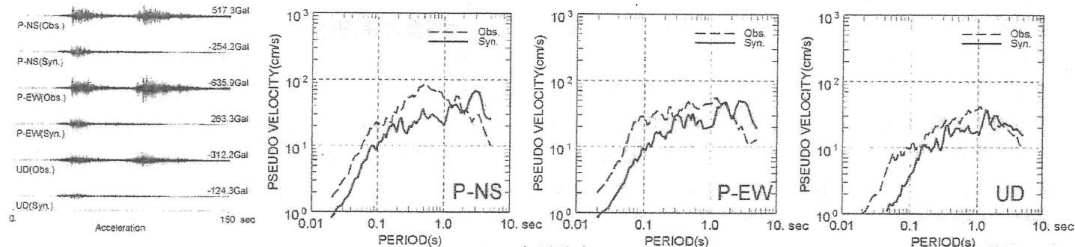


図２ 当該３地域の中小地震とSMGAのM₀-A関係



被告は、この点について、何ら反論を行っていない。

ただし、被告がこれを検証して示すことは容易である。

すなわち、諸井ほか２０１３（丙Ｄ４４）のモデルを、２つのSMGAの破壊の順番を入れ替えて、東北地方太平洋沖地震の際に実際に起きた現象と合わせる形（１つ目の陸側のSMGAが先に破壊をして、それから、沖合側のSMGAが後から破壊したモデル）に修正し、１波目の波群を陸側のSMGAによって再現し、２波目の波群を沖合のSMGAによって再現して、それぞれの観測記録を再現できるように、短周期レベルを与えてやれば良いだけの話だからである。

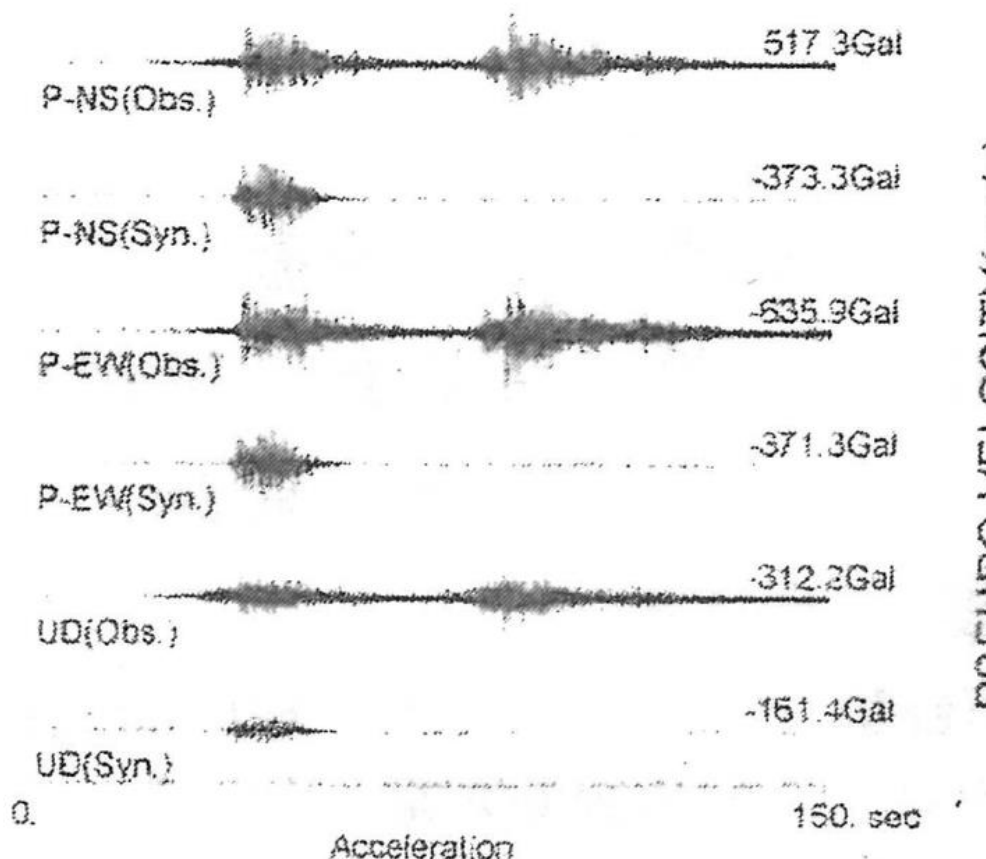
諸井ほか2013（丙D44）がそれをせず、被告もそれをしないのは、そのような前提で計算した場合には、現在の想定よりもはるかに大きな短周期レベルを与えなければならなくなってしまうからであり、東北地方太平洋沖地震の地震動をSMGAモデルで再現できるとする被告の論理が破綻してしまうからにほかならない。

(3) ②地震動の再現性の問題

ア また、被告の②地震動の再現性の問題については、「諸井ほか(2013)においても、1978年宮城県沖地震を参考に、宮城県沖の短周期レベルをかさ上げすることで、震源の地域性の影響の取り込んだ評価を示し、再現性が有意に高まったことを示している」とされている。

イ しかし、これをもって、「地震動レベルの再現性が有意に高まっている。」とはとても言えない（下記の「Obs.」（観測値）と「Syn.」（計算値）との比較参照）。下記の「Syn.」では、標準的な応力降下量（24.6MPa）のSMGAに対して短周期レベルを1.4倍することで辛うじて第1波群に対して373Gal, 371Galといった最大加速度が計算されているが、第2波群を全く説明できていない。第2波群は沖合側のSMGAで説明しなければならないが、沖合側のSMGAが陸側のSMGAに比べ2倍程度遠いことを考慮すれば、短周期レベルをさらに2倍、すなわち標準的な応力降下量のSMGAの2.8倍としたとしても、なお第2波群の最大加速度の計算結果は上記（373Gal, 371Gal）と同程度にしかならないと考えられる。実際に観測された第2波群の振幅はさらに大きいので（535Galなど）、概算では、標準的な応力降下量（本件発電所の基準地震動の策定において「2011年東北地方太平洋沖型地震」の基本ケースで用いられている応力降下量である24.6MPa）のSMGAに対して、沖合側のSMGAの短周期レベルを4倍程度としなければ、第2波群は再現できないと考えられる。本件発電所の基準地震動の策定においては「2011年東北地方太平洋沖型地震」について「宮城県沖や福島県沖で発生する地震の短周期レベルを概ねカバーできるよう、基本ケースの短周期レベルの1.5倍を不確かさとして考慮する」（丙D第11号証4-130頁）としているが、1.5倍では

全く不十分である。

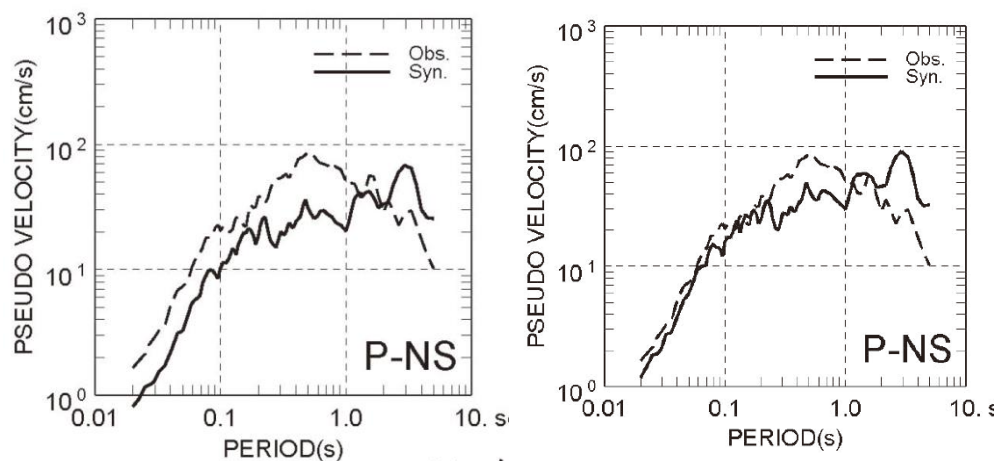


諸井ほか 2013 (丙D44) の図4の左の図 (女川地点)

上記は時刻歴波形についての比較であるが、応答スペクトルの比較においても、再現はできていない。

下の左側は、丙D44の図3(a)女川で、右側は図4女川のP-N Sのグラフであり、短周期レベルを1.4倍かさ上げたものである。2つのグラフのOBSの観測は、同一のものである。

しかし、これでも、横軸の周期の0.3秒付近から1秒付近までは、やはり、観測記録を再現できていない。この程度の再現をもって、諸井ほか2013 (丙D44) は、「地震動レベルの再現性が有意に高まっている」と評価しているのである。



(a) 女川の地域性を考慮した女川地点のP-NS成分の比較

(4) S M G Aモデルを用いた他の研究者も、再現できていないことについて

「①佐藤智美, ②K. Asano & T. Iwata, ③川辺秀憲・釜江克宏の S M G Aモデルはいずれも第一線の優れた研究者によって開発されたものである。」

しかし, これらの S M G Aモデルは, 観測された地震動の最も重要な部分, すなわち記録開始から約 80 秒後付近の問題となる第二波群の先頭に位置するパルスを, 全く再現できていない。

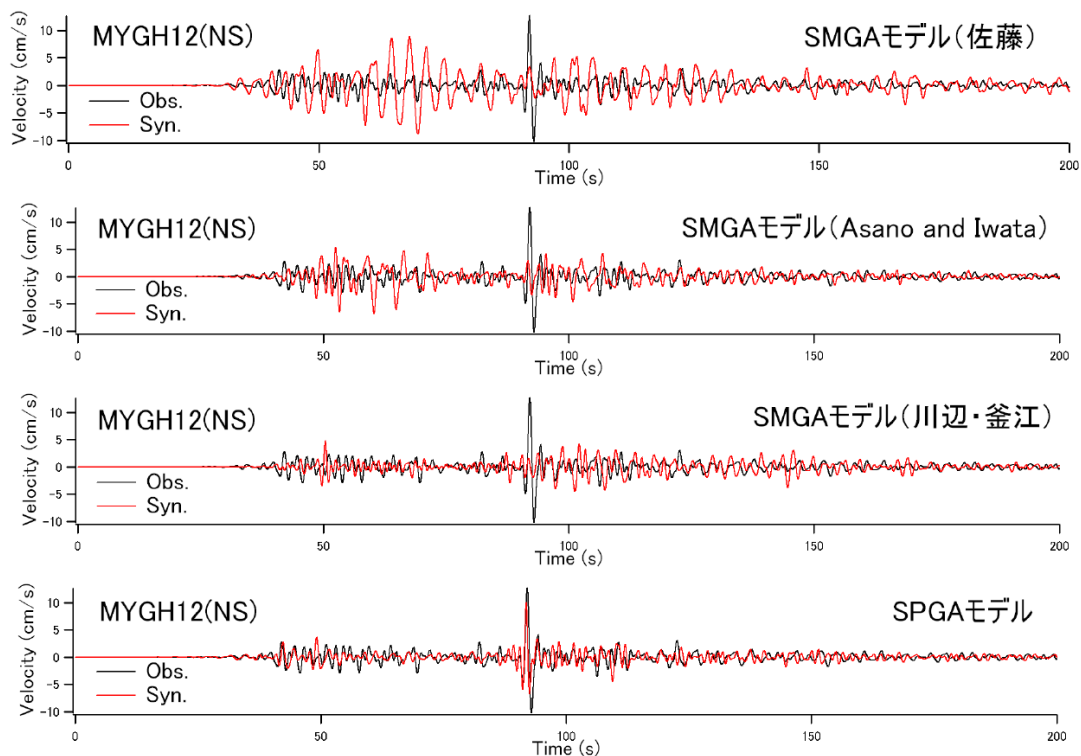


図 13 MYGH12 における速度波形 (0.2-1Hz) の観測結果 (—Obs.) と SMGA モデルおよび SPGA モデルによる計算結果 (—Syn.)

(5) 倉橋・入倉 2013 (甲 D 1 2 3) の「不均質モデル」は, SMGA モデルを用いて, 再現できていないことを示していること

倉橋・入倉 2013 (甲 D 1 2 3) の「不均質モデル」は, 一般的な強震動予測レシピで用いられる SMGA モデルを基本として, その上で, SMGA 内の小さなサブエリア内でより高い応力パラメータを持つ「不均質モデル」を使用すれば, このパルスを再現できる, とするものである。

このことは, 逆に言えば, 一般的な強震動予測レシピで用いられる SMGA モデルだけでは, パルスを再現できないことを示している。

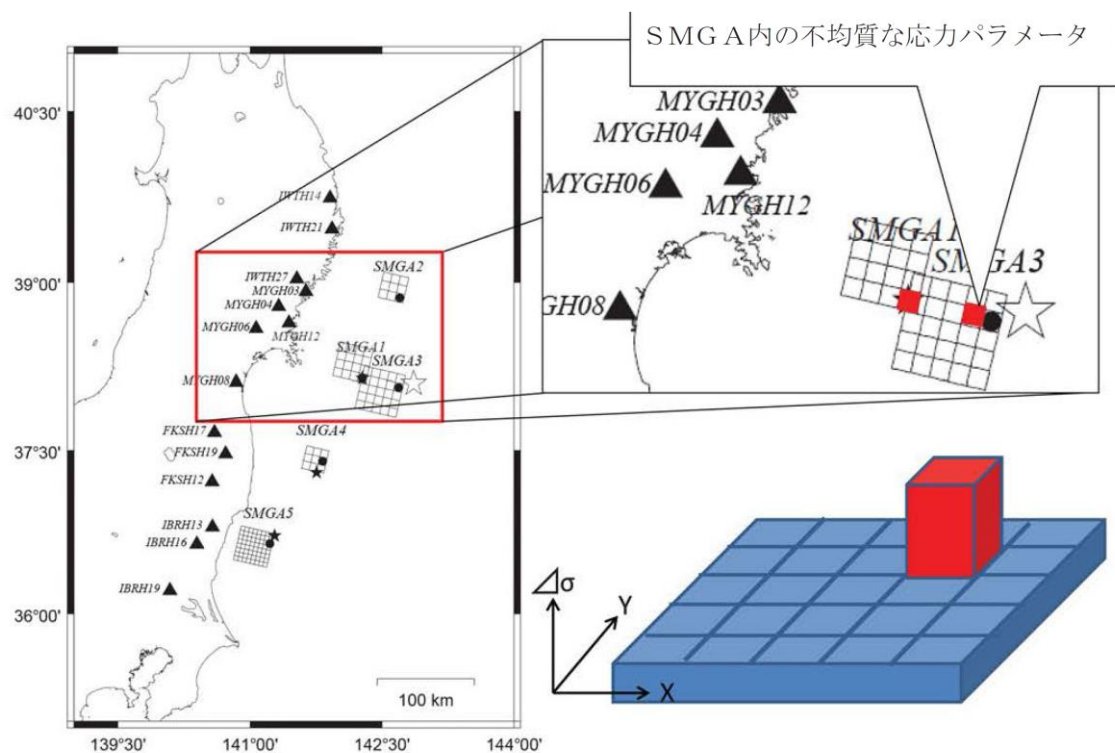


図 17. (左) この研究で使用された短周期震源モデル。(右上) 強震動生成域 1 (SMGA1) と強震動生成域 3 (SMGA3) の拡大図。より高い応力パラメータが赤枠内に含まれる。(右下) 空間的に様々な応力パラメータを入力した不均質 SMGA モデル。

「倉橋・入倉さんたちは、まずは、この図で言うところの、青い色で示されておりますように、SMGA モデル、SMGA と呼ばれる、一辺の長さが 50 キロ、あるいは、それ以上あるようなモデルをまずは考えておられますけれども、ただし、この SMGA モデルでは、先ほど御紹介したようなパルス的な波が計算できないということを、この倉橋さん、入倉さんたちの論文では、やはり問題視しておられました。そして、そのパルス的な波を計算するための方法の 1 つとして、この青い領域の中で地震動が一樣に生成されるのではなくて、この青い領域の中で、今、赤い立方体、直方体で示されている部分があるかと思えますけれども、この部分だけ、ほかの部分よりも相対的に、まあ、局所的にといいますか、強い地震波を出すと、倉橋さん、入倉先生方がこういうモデルを考えておられまして、こういうモデルを考えると、宮城県内で観測されたような、先ほどのようなパルス的な地震波がきちんと再現されると。言い換えると、逆に、こういうモデルを考えなければ、一樣な SMGA を考えてしまうと、実際に観測された波にならないということを、倉橋さん、入倉さんたちは論文の中で書かれております。」(野津証

人 38 頁)

以上のとおり，諸井ほか(2013)（丙 D 第 44 号証）の知見により，Mw9 クラスの巨大プレート間地震に対しても強震動予測レシピが適用できるとする被告の主張には理由がない。

第 2 SMGA モデル及び SPGA モデルに関するその他の被告の主張について

1 SMGA モデルの実務への浸透に関するもの

- (1) 被告は，SMGA モデルについて，豊富な知見や評価事例が既に蓄積され，国による防災の施策を行ううえでも活用されるなど既に実務に広く浸透しており，また，「2011 年東北地方太平洋沖型地震」について SMGA モデルを用いることの合理的が裏付けられている，などと主張する（被告最終準備書面 115 頁～）。
- (2) しかしながら，第 1 で述べたとおり，SMGA モデル（諸井ほか(2013)（丙 D 第 44 号証））では，東北地方太平洋沖地震の地震動を再現できていない。被告の主張は，この点を克服すること無く，一般論を述べているものにすぎず，理由が無い。

2 野津証人の見解について

被告は，野津証人の見解を以下の 8 点にまとめた上で（最終準備書面 118 頁～），これについて，詳細な反論を加えている（同 120 頁～150 頁）。被告による野津証人の見解のとりまとめは，被告独自のものであり，重複部分も多くみられるが，以下では，被告のとりまとめに沿って，個別に反論する。

(1) 野津証人見解①について

ア 野津証人見解①

東北地方太平洋沖地震の際，第二波群の先頭に大振幅の構造物にとって脅威となる周期のパルス波が含まれていた。例えばMYGH12とMYGO13，七郷中学校の観測記録のように，宮城県の観測点ごとに最大速度に差があり，地盤条件によっては増幅されて七郷中学校では114カインに達していた。東北電力株式会社女川原子力発電所では周期2秒程度のパルス状の地震波が観測され，これが最大加速度を大きくする原因であり，このことはKurahashi and Irikura（2013）（甲D第123号証）も指摘している（同第194号証5～15頁）。

イ 被告の主張

被告は，野津証人見解①が「宮城県内で周期1～5秒のパルス波が多く観測されたことを前提とするものである」ことに関して，

- ・MYGO04ではパルスが観測されていない（被告最終準備書面120頁～）
- ・他の宮城県内の多くの観測記録でも，同証人が着目する1～5秒の周期帯により，最大加速度及び最大速度が決まっているとはいえない（同121頁），
- ・仙台市内の七郷中学校のCCHG観測点においては，最大加速度1148ガル，最大速度142カインという大振幅加速度かつ大振幅速度波形が観測されているところ，このような地震動の増幅は局所的にみられ，同地点の表層地盤の増幅特性及び非線形の影響を受けたものである（同121頁），
- ・「女川原子力発電所では，周期2秒程度のパルス状の地震波が観測され，これが最大加速度の値が大きくなる原因であったことが，入倉先生のグループにより明らかにされています」との指摘は誤りである（同122頁）

などとして，

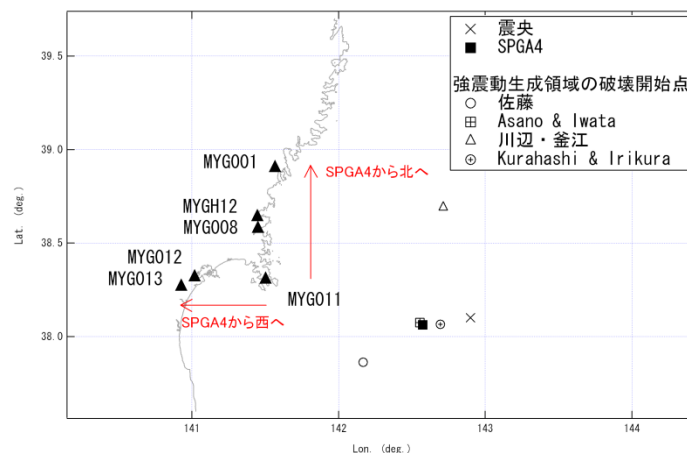
「野津証人の見解の根幹を成す，東北地方太平洋沖地震において宮城県に構造物に危険な周期1～5秒のパルス波が観測されたとする点や，その代表例として女川原子力発電所では周期2秒程度のパルスが最大加速

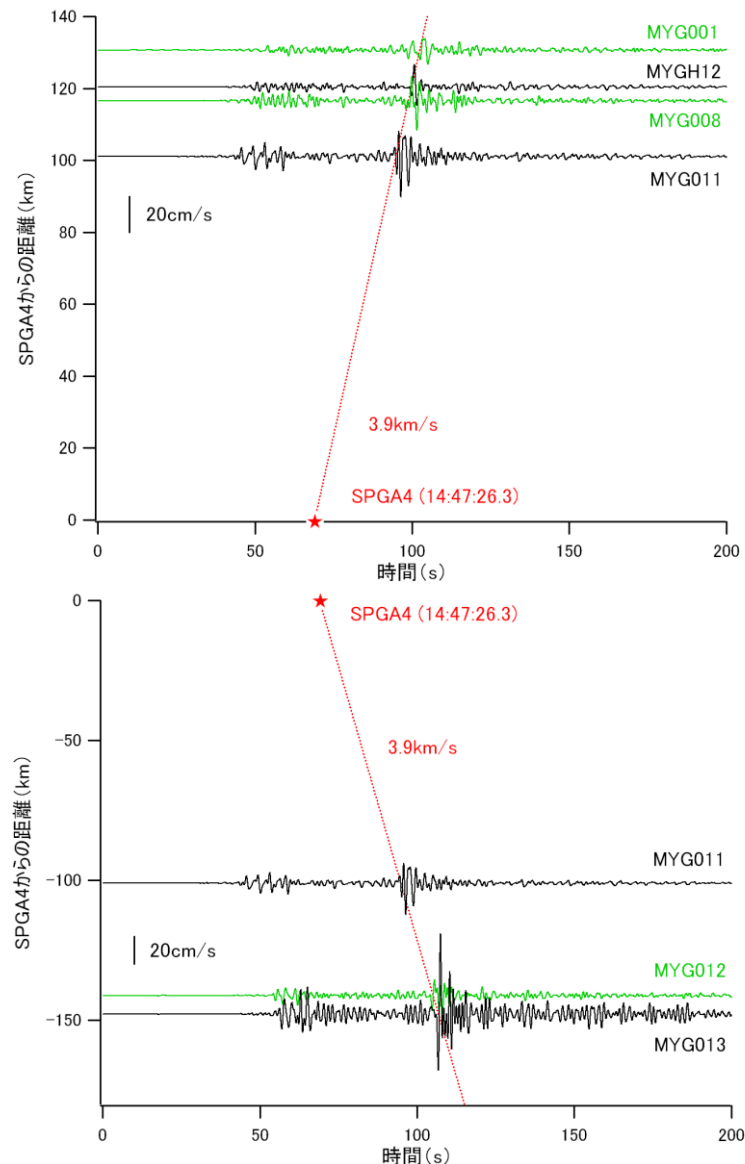
度を大きくした原因であるとする点は、いずれも観測波形の分析、表層地盤等の増幅要因及び被害の状況を踏まえたものではなく、野津証人見解①は、前提を欠くものである。」と主張する（同 1 2 3 頁～）。

ウ 原告の反論

しかしながら、被告の主張は、以下のとおり誤りである。

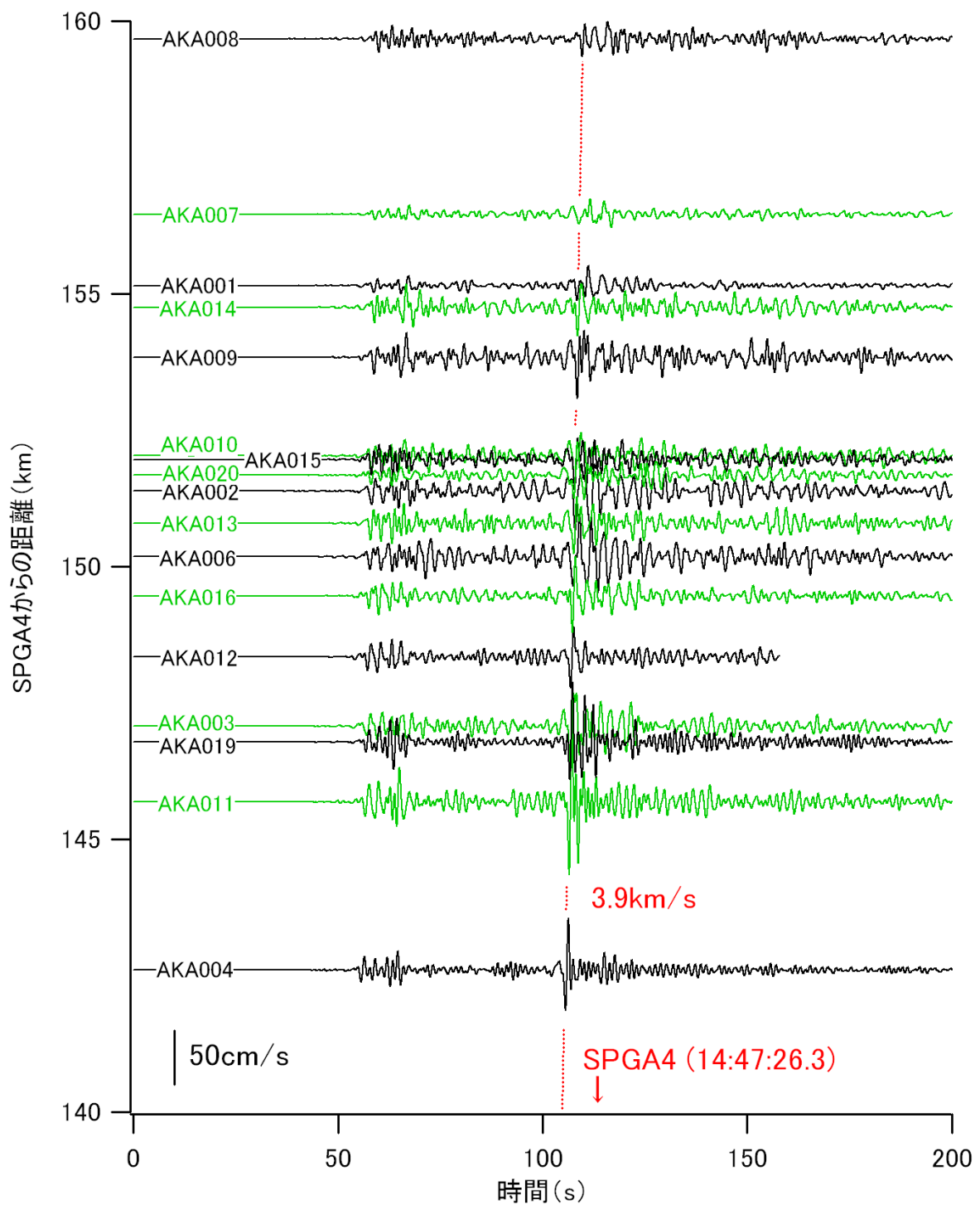
・震源に起因するパルスを確認するには、MYG004などの個別の地点での波形を見るだけでは不十分である。複数の地点での波形に同時に着目して、震源（厳密にはパルスの波源）からの距離に応じた規則的な時間遅れを伴う位相が見られるかに着目する必要がある。野津証人の意見書（甲 D 第 194 号証）ではまさにこのような解析事例が紹介されている（下図）。パルスの波源である SPGA4 を起源として、南から北へ、また東から西へと伝播するパルスが明瞭に観測されている。SPGA4 で 14 時 47 分 26.3 秒にパルスが生成され、それが S 波速度 3.9km/s で伝播したとすれば、各地点へのパルスの到来時刻を説明できることが示されている。





強震動パルスの伝播の様子．（上）着目する観測点（中）南から北へ（下）東から西へ（甲 D 第 194 号証の図 3）

・野津証人の別な論文（甲 D 第 81 号証）では仙台市内とその周辺の多数の観測点を対象に同様の検討がなされている（下図）。どの地点でも第 2 波群の先頭に大振幅のパルスが見られるが，SPGA4 で 14 時 47 分 26.3 秒にパルスが生成され，それが S 波速度 3.9km/s で伝播したとすれば，やはり各地点へのパルスの到来時刻を説明できることがわかる。また，ごく少数の例外を除けば，SPGA4 に起因するパルスが各地点の最大速度，最大加速度を決めていることも確認できる。



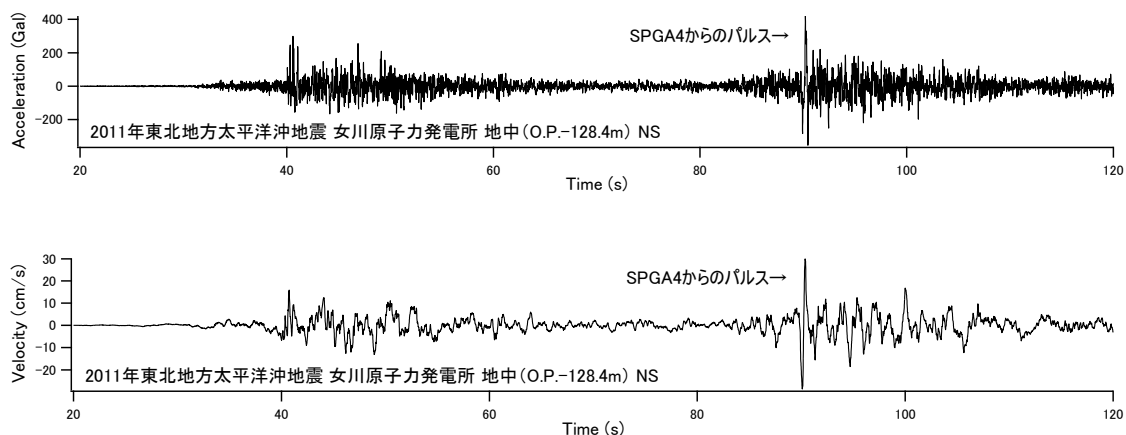
Small-Titan が捉えた SPGA4 に起因するパルスの伝播の様子（甲 D 第 81 号証の図 2）

・上述の仙台市内の観測点の中で AKA011 という記号で示されている地点が被告の言う七郷中学校（C C H G 観測点）である。この地点の大振幅の波形

が SPGA4 に起源を有するものであることは一目瞭然である。

・問題はこのような大振幅の波形がパルスの波源から 150km も離れた所で観測されているということである（甲 D 第 80 号証）。内陸地殻内地震のアスペリティであれば，アスペリティから 150km も離れた場所に 100cm/s を超えるような大振幅の波形をもたらすことはまず無い。したがって海溝型巨大地震がもたらすパルス波には特別の注意が必要である。東北地方太平洋沖地震の際に仙台市内で多数の建物が倒壊する事態には至っていないが，それは，パルスの波源が 150km も離れていたことが一つの要因である。このことは不幸中の幸いであった。

・女川原子力発電所で観測された波形（下図）の最大加速度，最大速度が SPGA4 に起因するパルスによって決まっていることは明らかである。女川原子力発電所で観測された波形の公開データには絶対時刻の情報が無いが，近隣の K-NET 観測点での波形との比較により，タイミング的にも，図に矢印で示されたパルスが SPGA4 に由来するパルスであることは明らかである。パルスの周期は，加速度で見るか，速度で見るか，あるいは NS 成分を見るか EW 成分を見るかなどにより 0.5 秒～1.5 秒程度の範囲で異なってくるものであり，細かい数字の議論は意味をなさない。議論すべきは，このような時間軸上の狭い範囲にエネルギーが集中するような波形がどのような震源モデルにより説明できるかである。



東北地方太平洋沖地震の際に女川原子力発電所の深さ 128m で観測された NS 成分の加速度波形と速度波形．この図面上の 90 秒付近に加速度で見ても

速度で見ても振幅の大きいパルス波が到来している．これが SPGA4 に由来するパルス波である（甲 D 第 194 号証の図 7）．

（2） 野津証人見解②について

ア 野津証人見解②

1978 年宮城県沖地震，2003 年十勝沖地震，1968 年十勝沖地震でもパルスが発生しており，このことは海溝型巨大地震では普遍的であって，東北地方太平洋沖地震では福島県や茨城県でもパルスが観測されている（甲 D 第 194 号証 16～17 頁）。

イ 被告の主張

被告は，野津証人見解②が，1978 年宮城県沖地震，2003 年十勝沖地震，1968 年十勝沖地震でもパルスが発生していることを挙げるところ，

- ・野津証人が挙げる海溝型巨大地震の例は，あくまでも宮城県沖や三陸沖北部の震源域の地域性と，堆積層の影響を含めた観測点の地盤増幅特性によって説明されるのであって，海溝型巨大地震においてパルスが発生するのが普遍的であるとか，それがレシピや S M G A モデルで説明されていないなどという野津証人の見解は事実と反する（同 124 頁～）。
- ・東北地方太平洋沖地震において，茨城県の観測記録に野津証人のいうパルスがあるということはできず，仮に I B R 0 0 7 にパルス状のものがみられるという判断が有り得るとしても，それは茨城県沖の震源特性よりも I B R 0 0 7 の地盤増幅特性の影響が支配的であることによるものと考えられる。加えて，前述したとおり，I B R 0 0 3 の大加速度はごく数 m という狭い範囲での表層地盤による特異な増幅特性であることが明らかにされており，野津証人がパルスがあるとする周期 1～5 秒における最大速度は 6 カイン（E W 成分），11 カイン（N S 成分）程度にすぎない。これらのことからすれば，野津論文が対象とする茨城県内の地表観測記録は，地表の表層地盤の増幅影響を受けたものであり，周期 1～5 秒の速度も目立たず，このような地震観測記録から茨城県沖にパルス波生

成の震源特性を結論付けることはできないし、茨城県沖の震源特性を S P G A によって説明する合理的根拠も見いだせない。東北地方太平洋沖地震以外にも、茨城県において、強い破壊やパルスを示す地震観測記録は得られていない（野津調書 99～100 頁）（同 126 頁～）。

などとして、

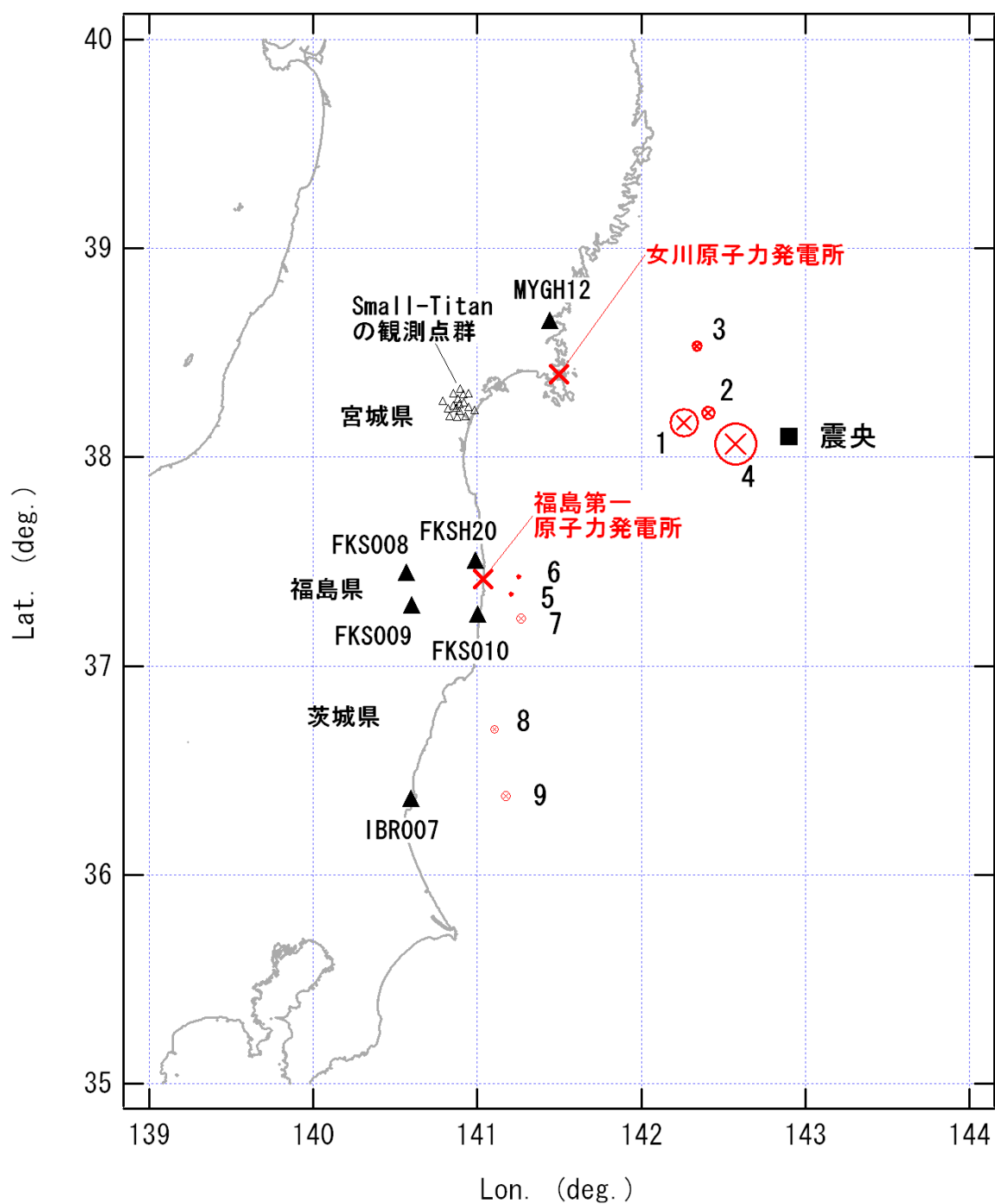
「東北地方太平洋沖地震において茨城県沖にパルスが発生しているとか、プレート間地震において普遍的なパルスの発生を宮城県沖と同様に茨城県沖にも想定すべきとの野津証人見解②は、まったく理由がない」と主張する（同 129 頁～）。

ウ 原告の反論

しかしながら、被告の主張は、以下のとおり誤りである。

・強震観測の歴史は長いとは言えず、わが国で発生した M8 クラスあるいはそれ以上の海溝型巨大地震で多くの強震記録が得られている地震は 2011 年東北地方太平洋沖地震（M9.0）と 2003 年十勝沖地震（M8.0）しかない。これに、何点かで強震記録の得られている 1968 年十勝沖地震（M7.9）を加えたとしてもわずか 3 地震である。これらのすべての地震で震源に起因するパルス状の波形が観測されており（甲 D 第 79 号証参照，1968 年十勝沖地震については甲 D 第 171 号証参照），これは海溝型巨大地震の震源においてかなりの頻度でパルス状の波形が生じていることを示している。

・再度，2011 年東北地方太平洋沖地震について見てみると（下図），この地震の場合には，特に強いパルスの波源は宮城県沖のかなり沖合に位置しており（震央よりは西であるが），茨城県沖にこのような強いパルスの波源が無かったことは，茨城県にとっては不幸中の幸いであった。しかし，このような現象が巨大地震が起こる度に繰り返されると期待して良いわけではない。相対的に規模の小さい地震のデータでは参考にならない。M9 の地震を 10 回程度観測して，毎回，茨城県沖の短周期レベルが小さいと言うことであれば，それは統計的に有意であると言うこともできるが，M9 の地震のサンプルはまだ一つしか無い。現状のデータからでは，巨大地震の際に茨城県沖の短周期レベルは毎回小さいという保証は無い。



東北地方太平洋沖地震の SPGA モデル（甲 D 第 81 号証の図 1）. 円の半径は SPGA の短周期レベルに比例させている.

(3) 野津証人見解③について

ア 野津証人見解③

強震動パルスが大被害をもたらすことは、1995年兵庫県南部地震、1

994年ノースリッジ地震でも認められており、兵庫県南部地震の際、神戸市では六甲断層帯の走向に直交する方向に多くの建物をなぎ倒すような強烈な地震動が観測されたが、指向性パルスが成因の一つと考えられている。周期が1秒から2秒くらいのパルス状の地震波は、加速度も大きく、かつ速度も大きいため構造物に対する影響が大きく、東北地方太平洋沖地震の際に観測された強震動パルスは、内陸地殻内地震による強震動パルスとよく似ており、振幅が大きければ構造物にとって脅威となる（甲D第194号証6頁）。

イ 被告の主張

被告は、野津証人見解③において取り上げられている1995年兵庫県南部地震（M7.3）は、内陸の活断層である六甲断層系を震源とする地震であり、震災の帯に沿って木造家屋などに大きな被害が生じたものであるところ、「兵庫県南部地震においてみられたキラーパルスによる震災の帯における大規模な被害は、東北地方太平洋沖地震において生じておらず、本件発電所を含む茨城県において同様のキラーパルスの発生を考えるべきとの野津証人見解③は、理由がない」と主張する（同129頁～130頁）。

ウ 原告の反論

しかしながら、被告の主張は、以下のとおり誤りである。

- ・2011年東北地方太平洋沖地震では、最大のパルスをもたらしたパルスの波源が仙台市内から150kmも離れていた。これが、仙台市内で多数の建物が倒壊する事態に至らなかった一つの要因である（甲D第80号証）。しかしながらそれでも仙台市内では地盤条件によっては100cm/sを超えるような大振幅の地震動が観測されている。内陸地殻内地震のアスペリティであれば、アスペリティから150kmも離れた場所に100cm/sを超えるような大振幅の波形をもたらすことはまず無い。したがって海溝型巨大地震がもたらすパルス波には特別の注意が必要である。大きな短周期レベルを伴う破壊は物理的にはむしろ深部すなわち陸に近いところで生じたとしてもおかしくはなく、そうなってれば、仙台市内で多数の建物

が倒壊する事態となっていた恐れもある。同様の破壊が茨城県沖の海岸線に近いところで生じれば、東海第二原子力発電所に多大な影響を及ぼす恐れがある。

(4) 野津証人見解④について

ア 野津証人見解④

東北地方太平洋沖地震を再現した他の論文, 例えば川辺・釜江(2013)(丙D第45号証), 佐藤(2012)(同第51号証), Asano and Iwata(2013)(甲D第83号証)における計算方法を宮城県のMYGH12や茨城県のIBR007地点で計算しなおすと, パルス波は再現できていない(同第194号証20～24頁)。通常のSMGAモデルでは再現できないことは, Kurahashi and Irikura(2013)(同第123号証)が明らかにしている(同第194号証5～6頁)

イ 被告の主張

被告は, 野津証人見解④において東北地方太平洋沖地震の観測記録を通常のSMGAモデルでは再現できないことを明らかにしたとしているKurahashi and Irikura(2013)(甲D第123号証)について, 「Kurahashi and Irikura(2013)では, あくまでSMGAモデルを用いて, かつ, 五つのSMGAのうちの宮城県沖のSMGA3に限り, その一部に最大で4倍程度応力降下量が高いエリアを想定するものであって, もとよりSPGAモデルとは異なる」などと主張する(同131頁)。

また, 被告は, 野津証人見解④において, 他の研究者の研究と比較して, 自らの提唱するSPGAモデルが再現性に優れていると述べる点について, 縷々反論する(同132頁～135頁)。

ウ 原告の反論

しかしながら, ここで重要なのは, Kurahashi and Irikura(2013)のモデルとSPGAモデルが同じものか異なるものかなどという議論ではない。重要なことは, 東北地方太平洋沖地震を通常のSMGAモデルでは再

現できないことを Kurahashi and Irikura (2013) (同第123号証) が明らかにしていることである。

また、他の研究者の研究でも、東北地方太平洋沖地震を通常の SMGA モデルでは再現できていない (甲D第194号証)。

被告の主張は、この核心的部分についての応答を避け、SPGAモデルやその計算手法についての定性的な反論をするにとどまるものであって、意味がない。

なお、Kurahashi and Irikura (2013) で五つの SMGA のうち SMGA 3 に限り局所的に高い応力降下量を考えているとしているのは誤りであり、SMGA 1 と SMGA 3 で局所的に高い応力降下量を考えている (甲D123の1387頁)。

(5) 野津証人見解⑤について

ア 野津証人見解⑤

1秒から5秒の周期帯のパルスを生成するためには破壊領域が数km程度のサイズである必要があり、数km四方のサイズの SPGA を置いた SPGA モデルはパルスを再現できる (甲D第194号証20～24頁、42～43頁)。

イ 被告の主張

被告は、「東北地方太平洋沖地震において兵庫県南部地震のようなキラーパルスが発生したということはな」いから、「パルスの周期とこれをもたらす破壊領域の大きさに着目して数km四方の SPGA であればこれが説明できるという野津証人見解⑤は、東北地方太平洋沖地震や茨城沖には当てはまらない」と主張する (同135頁～)。

ウ 原告の反論

しかしながら、「(1) 野津証人見解①について」で述べたように、東北地方太平洋沖地震の際に SPGA に起因するパルス波の伝播が認められること、これが女川原子力発電所など多くの地点での最大振幅を決めていることは

明らかである。被告の主張のうち「東北地方太平洋沖地震において兵庫県南部地震のようなキラーパルスが発生したということはな」という箇所は、東北地方太平洋沖地震の際の建物被害が兵庫県南部地震ほど深刻ではなかったことに言及したものと考えられるが、すでに述べたとおり、東北地方太平洋沖地震では最大のパルスをもたらしたパルスの波源が仙台市内から150kmも離れた場所に存在していたことが、仙台市内で多数の建物が倒壊する事態に至らなかった一つの要因である。

- ・なお本質論では無いが、SPGA モデルで SPGA 以外の領域では破壊現象を想定していないと被告がしているのは誤りである。SPGA モデルでは SPGA の外部でも破壊は生じていると考えているが、SPGA の寄与に比べ SPGA の外部の寄与が対象とする周波数帯で支配的とならないためモデル化から除外しているだけである。佐藤，K. Asano&T. Iwata，川辺・釜江等の S M G Aモデルで，S M G Aの外部をモデル化から除外しているが，S M G Aの外部で破壊現象を想定していないわけではないのと同じことである。

(6) 野津証人見解⑥について

ア 野津証人見解⑥

帯域が0.2～1Hz（1秒～5秒）だからといって原子力発電所の耐震安全性と関係のない帯域であると考えるのは誤りであり、川瀬（1998）（甲D第90号証）において、「PGA（加速度）が大きい限り速度パルス波その卓越周期より短周期の構造物にのみ大きなインパクトを持つ」と指摘されているとおり、周期1～2秒の加速度・速度ともに大きいパルスは、原子力発電所のような短周期構造物に対しても大きな破壊力を及ぼす（同第194号証21頁）。

イ 被告の主張

被告は、「固有周期にかかわらず周期1～2秒のパルスが原子力発電所に被害を及ぼすとする野津証人見解⑥は、木造家屋を中心とする一般建築物の耐震性について述べた川瀬（1998）を正しく踏まえたものではなく、また、1995年兵庫県南部地震の木造家屋の被害の原因や、枠組壁構法住

宅や壁式ＲＣ造建築物に被害が少なかったことなどの影響分析をも正しく踏まえていないのであって、何ら理由がない」と主張する。

ウ 原告の反論

しかしながら、被告の見解は誤りである。

１９９５年兵庫県南部地震では、木造家屋の被害が甚大であったことはそのとおりであるが、それ以外の枠組壁構法住宅や壁式ＲＣ造建築物にも被害は生じている。また、鉄筋コンクリート製の道路橋や（甲Ｄ１８７）、鉄製の橋脚も破壊された（甲Ｄ１８８）。

１９９４年のノースリッジ地震でも、多くの鉄筋コンクリート製の道路橋などが倒壊した（甲Ｄ１８６）。

強震動パルスによる被害は、繰り返し地震動が対象物に作用して対象物が共振して応答が次第に大きくなり破壊に至るといような現象ではなく、１ないし数回の大きな加速度と速度の地震動が対象物に作用することによって対象物が破壊される現象である。共振というプロセスを経ての構造物の破壊現象であれば、構造物の固有周期と地震動の周期が一致するかどうかは重要であるが、兵庫県南部地震やノースリッジ地震で問題となった構造物の破壊現象は、それとは異なり、大振幅のパルスにより一撃で構造物が破壊される現象である。この場合は、構造物の固有周期と地震動の周期が一致するかどうかはもはや問題では無い。被告は「短周期側の０．５秒以下のものがほとんどの原子力発電所の主要施設の固有周期と異なる」と述べているが、「兵庫県南部地震のようなやや短周期の大速度パルスによって構造物が塑性化すれば、その弾性時固有振動数はもはや意味を持たなくな」る（甲Ｄ第９０号証３１頁）という川瀬の指摘を見落としている。原子力発電所の基準地震動は多種多様な構造物に適用され、それぞれの非線形挙動（弾性範囲を超えた場合の応答）は異なる。それぞれの構造物が破壊に至らないかどうかの確認は、パルス波を含む基準地震動を用意して非線形の地震応答解析を行わなければ明らかにすることができない。

(7) 野津証人見解⑦について

ア 野津証人見解⑦

宮城県沖の S P G A 4 を茨城県沖の S P G A 9 の位置に置き、本件発電所と地盤条件も類似している常陸那珂-Uの経験的サイト増幅特性を用いて地表の地震動を算出したうえで、これを本件発電所の地盤モデル(S G F モデル)を用いて解放基盤に引き戻す計算をすると、最大加速度 2 0 0 0 ガル程度、最大速度 2 0 0 カイン程度にもなる(甲 D 第 1 9 4 号証 2 5 ~ 3 3 頁)。

イ 被告の主張

これに対して、被告は、

- ・「東北地方太平洋沖地震による強震動記録は S M G A モデルによって説明されるところ、他方、S P G A モデルは物理モデルとしての妥当性に問題がある(同 1 4 1 頁~)
- ・地盤増幅特性について、野津証人が基準観測点として検討した I B R O 0 3, I B R O 0 7, I B R H 1 8 の比較検討は恣意的であり、信用性が低い(同 1 4 2 頁~ 1 4 3 頁)

などとして、「S P G A 4 を茨城沖に置き常陸那珂-Uの経験的サイト増幅特性を使って、本件発電所に 2 0 0 0 ガル、2 0 0 カインの地震動が襲うとする野津証人見解⑦は、まったく理由がない」と主張する(同 1 4 6 頁~)。

ウ 原告の反論

しかしながら、前者の「東北地方太平洋沖地震による強震動記録は S M G A モデルによって説明」できないことは、すでに繰り返し述べているところであって、被告の主張は誤りである。

後者は、野津証人が採用した計算手法を論難するものであるが、野津証人は、被告の東海第 2 発電所の観測記録を利用できないので、近傍の観測記録から計算しているものである。この点、原告らは、被告に対して、被告らが保有する地震観測記録を求めたことに対して、これを拒否している。被告の主張は、敷地の地下構造はすでに十分に調べられており、地下構造モデルに

基づいて地震動の増幅を十分に評価できる，というものである。しかし，その主張は誤りであることは，野津意見書（２）（甲Ｄ２０１）で述べられているとおりである。そもそも，被告が，被告が保有する地震観測記録を提出すれば，野津証人は，被告と共通の資料に基づき，より精緻な計算を行うことができるのである。にもかかわらず，被告がその提出を拒み，野津証人が採用した計算手法を論難するのは，筋違いも甚だしいというべきである。

（８） 野津証人見解⑧について

ア 野津証人見解⑧

同じ位置に Kurahashi and Irikura（２０１３）（甲Ｄ第１２３号証）の S M G A ３を置き，これに宮城県沖の第二波群の震源特性を評価したモデルに，常陸那珂－Ｕの経験的サイト増幅特性と，NとCのパラメータは Kurahashi and Irikura（２０１３）のものをを用いて計算しても，基準地震動を大きく上回る地震動になる（同第１９４号証３３頁）。

イ 被告の主張

被告は，

- ・ 野津証人の検討は，Kurahashi and Irikura（２０１３）の宮城沖の震源特性を茨城沖に持ってきた検討ではない（同１４６頁）
- ・ 伝播経路特性及び地盤増幅特性であるが，Kurahashi and Irikura（２０１３）が経験的グリーン関数法を用いた地震動計算を行っているのに対し，野津証人は統計的グリーン関数法の一バリエーションとする経験的サイト増幅・位相特性を加味した方法で試算を行っており，Kurahashi and Irikura（２０１３）とは異なる方法を採用している（野津調書８５～８８頁）。野津証人は，Kurahashi and Irikura（２０１３）が茨城沖で使用した要素地震を使って経験的グリーン関数法を行うことはすべきではないとするが，その理由は全く定かでない（野津調書８８～８９頁）。

などと主張する（同１４７頁～）。

ウ 原告の反論

しかしながら、野津証人が経験的サイト増幅・位相特性を考慮した強震動シミュレーション手法（港湾基準における修正経験的グリーン関数法）で地震動の計算を行っているのは、この手法を SPGA モデルと組み合わせた場合に東北地方太平洋沖地震の地震動を再現できることが確認されている（甲 D 第 78 号証，甲 D 第 79 号証）からである。

Kurahashi and Irikura（2013）が茨城沖で使用した要素地震に言及した箇所は、修正経験的グリーン関数法と通常経験的グリーン関数法のそれぞれの特性について述べた一般論にすぎない。すなわち、通常経験的グリーン関数法では、グリーン関数の特性が小地震の震源特性の影響を受けるために、小地震の震源パラメータである地震モーメントやコーナー周波数を見誤ると適切なシミュレーション結果が得られないため、これらについて慎重に検討する必要があることを述べたに過ぎない。また、使用する経験的グリーン関数がたまたまラディエーションの谷に当たっている可能性も否定はできず、その場合には地震動の計算結果が過小となる。また、東北電力の検討（丙 D 第 189 号証）のようにラディエーション係数を固定した検討を行いたくても、通常経験的グリーン関数法では難しい。さらに、小地震の震源特性によっては、小地震の震源スペクトルに谷が生じている可能性も否定できず、その場合も地震動が過小評価となる可能性もある。要するに、通常経験的グリーン関数法の適用に当たっては検討すべき多くの項目があるということを述べているに過ぎない。

そもそも、被告は、Kurahashi and Irikura（2013）の宮城沖の震源特性を茨城沖に持ってきた計算を示していない。Kurahashi and Irikura（2013）の知見は、SMGAモデルの修正を提案しているものなのであるから、この知見に基づき、まずは、被告自身が正しいと考える計算手法で、計算結果を示すべきである。そして、被告がこれを示すことは容易なことである。

被告がそれをせず、野津証人が採用した計算手法を論難するのは、これも筋違いというべきである。

被告がそれをしないのは、そのような前提で計算した場合には、現在の想

定よりもはるかに大きな地震動を想定しなければならなくなるからである。

第3 「応答スペクトルに基づく地震動評価」に関するもの

1 距離減衰式のばらつきについて

(1) 被告の主張

被告は、「距離減衰式において、観測記録と距離減衰式を適用して得られる標準的な地震動レベルとの間には自ずとばらつきを伴う」、そのばらつきの要因として、応力降下量や破壊伝播方向の違いを挙げることができるとし、「断層モデルを用いた手法による地震動評価」を行うに当たり、これら応力降下量等を保守的に設定して、地震動評価が過小になることがないように適切に対処しているから、これらパラメータの影響を「応答スペクトルに基づく手法による地震動評価」に反映する合理的根拠はないと主張する（被告最終準備書面193頁～）。

(2) 原告の反論

「応答スペクトルに基づく地震動評価」は、被告も認めるとおり、地震動の大きさに影響する応力降下量等々のパラメータのばらつきを見ることなく、地震を、地震規模と震源距離という少ないパラメータによって分けて、地震動の想定をしようとするものである。木と森にたとえるなら、「木」という個々のパラメータを見ることなく、森の全体像を見ようとするものであり、一方、「断層モデルを用いた手法」は、森を構成する木を見て、個々の木から森を見ようとする手法である。両者は全くアプローチが異なるものであって、「断層モデルを用いた手法」でいかに保守的な設定をしたからといって、手法の異なる「応答スペクトルを用いた手法」では、保守的な想定をしないでよいとできるわけもない。「応答スペクトルを用いた手法」においても、単なる平均像ではない、保守的な想定が求められることは、明らかであり、地震動審査ガイドの「地震動全体の考慮」を求める規定からすれば、平均像を超えた地震動として、どこまでの大きな地震動を想定するかを考え

なければならない。

2 地域性について

(1) 被告の主張

被告は、地域性を反映させるべく、本件敷地において得られた内陸地殻内地震の観測記録を踏まえた補正を行うことが有用だとし、補正についても平均に着目することが合理的であるとしている（194頁～）。

(2) 原告の反論

しかし、被告は、一方で「福島県と茨城県との県境付近における領域にある各断層については、・・・短周期帯を概ね包絡するように短周期側に2倍の補正係数を設定した。」としている（192頁～）。すなわち、被告は、決して平均的な値で補正を行っているわけではない。

まず、平均像で地震動を想定すれば、将来発生する地震、地震動のうちの半数は、その値を超えてしまう。したがって、原発という極めて危険な施設において、「応答スペクトルに基づく手法」を用いるにあたり、平均像で地震動想定をしてはならないことは、ほぼ自明のことと言って良い。これは、地域性を反映させるための補正にあたっても同様であり、だからこそ被告も、一部で平均では行っておらず、短周期帯を概ね包絡するように補正係数を設定していると言うのである。

被告の実際の「福島県と茨城県との県境付近」の領域にある断層における補正係数の求め方は、決してデータを包絡してはいないが、「概ね包絡するように」設定しているとの主張には、「概ね」であれ包絡して設定することが、原発の地震動想定においては正しいという考えがあるはずである。しかし、原発の安全性からして「包絡」すべきという考え方は、この「福島県と茨城県との県境付近」の領域にある断層での応答スペクトル手法についてのみ見られるものの、他にはまったく見られない。

地震動に関する被告の主張を通じて問題となるのは、原発の地震動想定を、どのような基本的方針で行うかが一切主張されていないことである。

「応答スペクトルに基づく手法」においても、平均像では不足するとするのなら、どれほどばらつきを考慮すればいいと考えているのかが全く主張され

ておらず、かえって平均像でいいとしたり、あるいは概ね包絡するとしたりして、方針が定まっていない。それは、もともと被告の方針が定まっていないことの反映である。

一方で、被告は、マグニチュードが大きくなるほど等々で、ばらつきが小さくなる傾向がみられたとして、ばらつきの最大限ないしこれに匹敵するものを抽出して補正しなければ不合理などとは言えないとする。しかし、被告の主張は、単なる「傾向がみられた」というに過ぎず、またそもそもマグニチュード等々が種々である地震をまとめて見てばらつきを検討する手法は、被告自身の採用している手法であることを忘れている。

原発の安全を考えるなら、もととなる地震に種々のものがあつたとしても、まとめて見て、そのばらつきから、想定できる地震動をほぼカバーできる大きさの地震動を想定することが求められる。それが耐震設計審査指針や新基準としての地震動審査ガイドの求めるところである。ところが、被告の主張には、原発の安全性を考慮した地震動想定として、どのようなものが求められるかの観点が一切欠けている。地震動審査ガイドが基本方針として規定する「地震動全体の考慮」を被告が全く無視し顧慮していないことは、川里証人が、この地震動審査ガイドの基本方針を全く知らなかったことにも現れている。

第4 「断層モデルを用いた手法による地震動評価」に関するもの

1 被告の主張

被告は、「F 1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震」について、地域性を踏まえつつ敷地に与える影響が大きくなるよう、保守的な検討を加えている、短周期の地震動に直接影響を与える応力降下量を基本震源モデルで設定した値の1.5倍とした場合の震源モデルを設定している、破壊開始点の不確かさをも考慮しているなどと主張する（198頁～）。

2 原告の反論

原発の基準地震動は、当該原発を襲う可能性がある地震動をカバーして

いなければならないこと（逆に言えば、基準地震動を超える地震動が当該原発を襲うことはまずないといえるものであること）が必要である。

対象となる断層が活動したときに想定することができる地震動をカバーできる地震動となっているかという視点で、地震動想定を行う必要がある。その想定的前提となる各種パラメータにはばらつきがあり、不確かさがある。たとえば地震動にもっとも大きな影響を与える応力降下量については、観測記録から得られたデータのうち、せめて $+2\sigma$ 程度の値、もしくはさらに大きな値をとるべきであり、そうやって初めて、想定できる地震動をほぼカバーできるというのが原告の主張である。

問題は、被告の「保守的検討」などで、原発の地震動想定として十分か否かである。被告の主張には、危険な原発の地震動想定において、被告の言うような「保守的検討」なるもので、なぜ十分な安全性が確保できるかという主張がないこと、ひるがえって原発の安全性を考慮した地震動想定として、どのようなものが求められるかの観点が一切欠けていることが最大の問題なであり、そこに被告主張の根本的欠陥がある。

なお、被告は基準地震動を超える地震動が到来するリスクは、残余のリスクだと主張するが、基準地震動を超える地震動が残余のリスク程度にとどまるという実証的な主張はなされていない。ここで、忘れてはならないのは、リスクとは言っても、年超過確率で判断すべきものではないことである。日本の原発の地震動想定は、活断層が敷地近くにあれば、その活断層は必ず活動するという前提でなされている。活断層があれば、その活断層がいつ活動するかは、はっきりとは分からないことから、そのような前提となっているのである。だからこそ、被告の「F 1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震」の評価においても、浜通りの地震が発生したことは考慮されていないと見ることができるのである。

以上