

意見書 (6)

令和2年9月22日

野津 厚

* 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所
地震防災研究領域長
博士 (工学)

1 これまでの意見書

筆者は、これまで、伊方原発に関して、以下の意見書・資料を作成してきました。

- (1) 平成28年9月9日付意見書（合計42頁）（甲480）
- (2) 平成28年10月27日付意見書（2）（甲542、断層の傾斜角）
- (3) 平成28年12月26日付意見書（3）（甲610、四電の主張に対する反論）
- (4) 平成29年5月 岩波・科学「原子力発電所の基準地震動策定のために東北地方太平洋沖地震から何を学ぶべきか」（434頁～442頁、野津(2017)）
- (5) 平成29年10月3日付意見書（4）（合計4頁、SPGAほかの補足）
- (6) 岩波・科学の野津(2017)に記載した、SPGAモデルによって計算した本件原発の地震動（最大加速度約1066ガル）の応答スペクトル図（トリバタイト図）（伊方原発広島訴訟の広島高裁異議審に提出された甲F156）
- (7) 令和元年10月16日付意見書（甲1086、不確かさの考慮）

また、筆者は、これらとは別に、東海第2原発に関して、以下の意見書を作成しました。

- (8) 令和元年10月31日付意見書（東海第2原発水戸訴訟に提出された甲D194）
- (9) その上で、この内容について、令和元年12月12日に、水戸地裁において、約3時間に渡って、証人尋問に答えました。
さらに、この証言の補足として、以下の2点を提出しています。
- (10) 令和2年3月14日付意見書（2）（東海第2原発水戸訴訟に提出された甲D201）
- (11) 令和2年5月10日付意見書（3）（東海第2原発水戸訴訟に提出された甲D208）

筆者が、東海第2原発訴訟で証言した内容をまとめると、以下のとおりです。

・強震動に関する研究は、実際に起こった地震に関する事後の分析という点では大きく発展してきましたが、今後に起こりうる事象の予測という点においては、強震動研究はまだまだ発展段階にあり、原子力発電所の安全性の保証に活用できるほどにはこの分野の研究は成熟していないこと。

- ・強震動研究は若い学問であるが故に、被害地震が起こる度に、それ以前の知見では予測できなかったような事態が生じ、それによって強震動研究の知見は塗り替えられてきていること。

- ・今後も、少なくとも数十年間程度は、それ以前の知見を覆すような事態が度々生じるであろうと考えられること。

- ・したがって、「強震動研究はまだ原子力発電所の安全性の保証に活用できるほどには成熟して」おらず、強震動研究の成果を活用して原子力発電所の安全性を保証することは現段階では不可能であること。

- ・それでもなお、原子力発電所の耐震検討に強震動研究の成果を活用しようとするのであれば、現状のパラダイムの下で想定される地震あるいは地震動を考えるだけでは不十分であり、物理的に確実に否定できるシナリオ以外のあらゆるシナリオを考えるべきであること。

- ・しかしながら、日本原電は、東北地方太平洋沖地震の経験から十分に学ばないうちに次の予測に進んでしまっていること。具体的には、従前のノーマルな SMGA モデルでは、東北地方太平洋沖地震の地震動の重要な部分が再現できていないにもかかわらず、将来予測において従前の SMGA モデルをそのまま用いていること。

- ・東北地方太平洋沖地震の地震動の重要な部分を再現できたモデルとしては、以下の2つがあるところ、日本原電は、これらの知見を考慮していないこと。

- ① SPGA モデル（これは、筆者が研究したモデルですが、すでに、港湾の施設の技術上の基準に取り入れられ、実用化されているモデルです。）

- ② SMGA モデルを基本とした「不均質モデル」（SMGA モデルを開発した入倉孝次郎先生による、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部分を想定したモデルです。）

そして、四国電力の敷地で想定される南海トラフの地震は、東北地方太平洋沖地震と同じ巨大プレート間地震ですので、筆者が東海第2原発訴訟で指摘したことは、伊方原発においても、そのままそっくり当てはまります。このことは、すでに、平成28年9月9日付意見書にて指摘したとおりですが、以下では、これを敷衍して、特に、伊方発電所の敷地を対象にしたプレート間地震による地震動の試算について、さらにいくつかの資料を付加しました。

2 伊方発電所の敷地を対象にしたプレート間地震による地震動の試算

(この項目では、平成28年9月9日付意見書28頁～30頁を基礎として、主な修正・加筆部分に下線を引きました)

- (1) 四国電力自身が作成した平成27年3月20日付けの適合性審査資料『伊方発電所 地震動評価について』(p.9)でも、伊方発電所からプレート上面までの深さはわずか約41kmとされています。従って上述のようなパルス波の波源が原子力発電所直下のわずか41kmの位置に存在するというシナリオも、否定できません。
- (2) その場合に想定される地震動を、手元で利用可能な情報のみを用いて試算してみました。ここではその算定手順と算定結果について述べます。なお、ここで行っている計算は、筆者が現時点で利用可能な情報のみに基づいていますが、四国電力から敷地における地震観測データや地盤データの提供があれば、より現地に即した計算を同様の方法で実施する用意が筆者にはあります。
- (3) 計算手順の詳細は文献28) (『南海トラフの地震 (Mw9.0) を対象としたSPGAモデルによる強震動評価事例』) を参照していただければと思いますが、まず、図16に示すとおり、内閣府のSMGAモデル(陸側ケース)を出発点とし、四国における西側のSMGAを、想定震源断層から外れない範囲で可能な限り伊方発電所に近づけます。四国電力による平成27年3月20日付けの適合性審査資料『伊方発電所 地震動評価について』(p.9)でも、伊方発電所の直下におけるプレート境界は中小微小地震の発生している領域に当たっていることから、この位置にSMGAが位置する可能性は否定できません。
- (4) 次に、各SMGAを構成する小断層の中で最も伊方発電所に近いものを選び出し、そこにSPGAを配置します。このとき配置するSPGAのパラメーターは、東北地方太平洋沖地震の地震動の再現に成功したパラメーターとします。ただし、東北地方太平洋沖地震のSPGAモデル(図5)を構成する各SPGAのうち、最も強力なSPGA4を図16の赤の位置におき、2番目に強力なSPGA1を図16の黄色の位置におきます。地震動の計算手法は、東北地方太平洋沖地震による地震動の再現に成功したのと同様の手法¹⁴⁾¹⁵⁾を用います。ただし、経験的サイト増幅特性は、伊方発電所の敷地における地震観測記録を筆者は入手できていないため、伊方発電所の敷地における地盤が堅固であることを考慮し、図17に示すEHMH07の地点での経験的サイト増幅特性²⁹⁾を用いました。またサイト位相特性としては2009年12月16日の地震におけるEHMH07の記録を用いました。

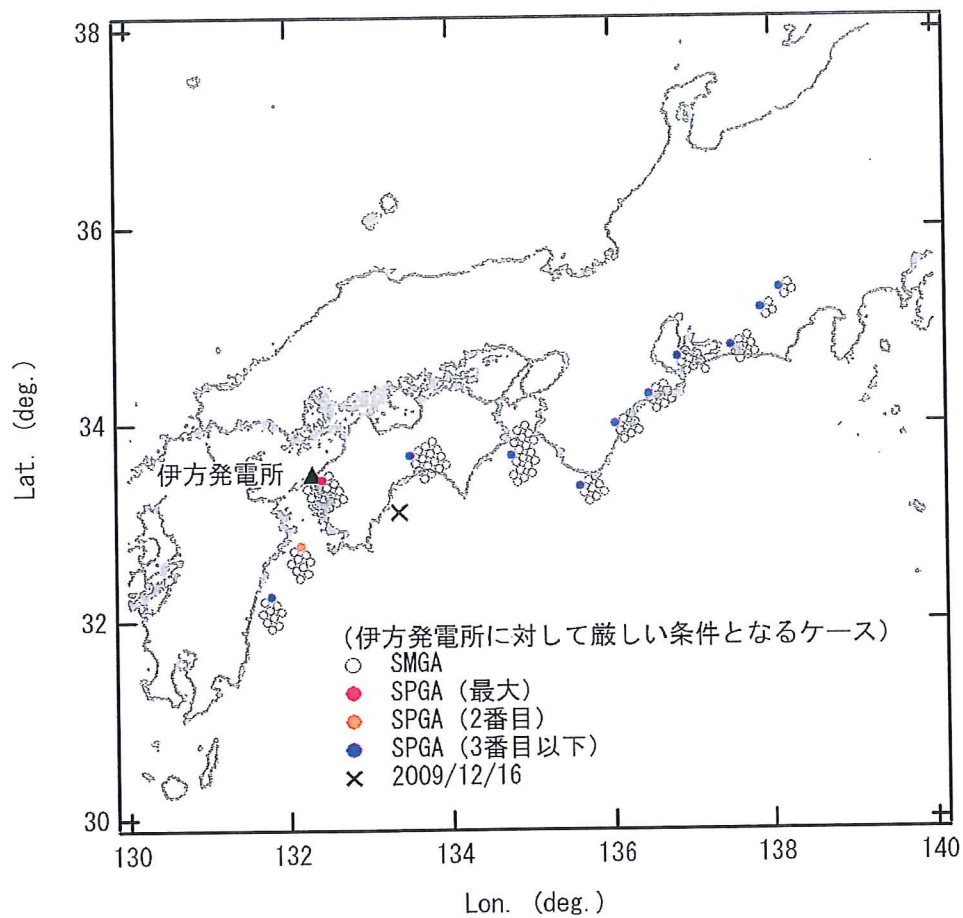


図 16 試算の際に用いた S P G A の位置

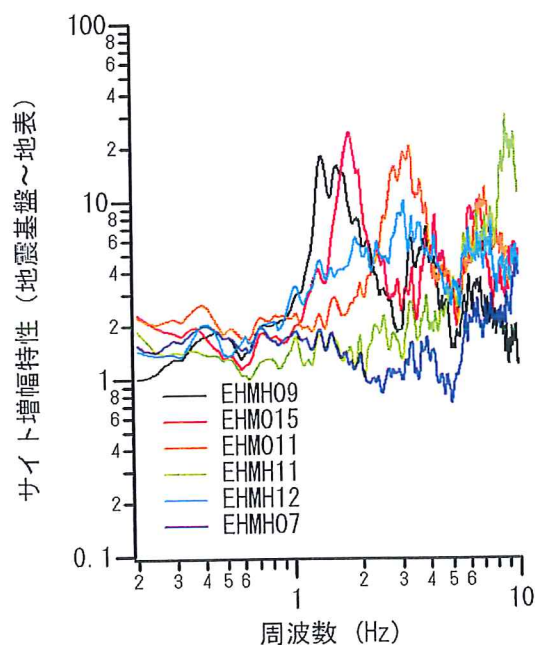


図 17 試算に用いた EHM07 の経験的サイト増幅特性²⁹⁾
(他の地点における経験的サイト増幅特性と併せて示す)

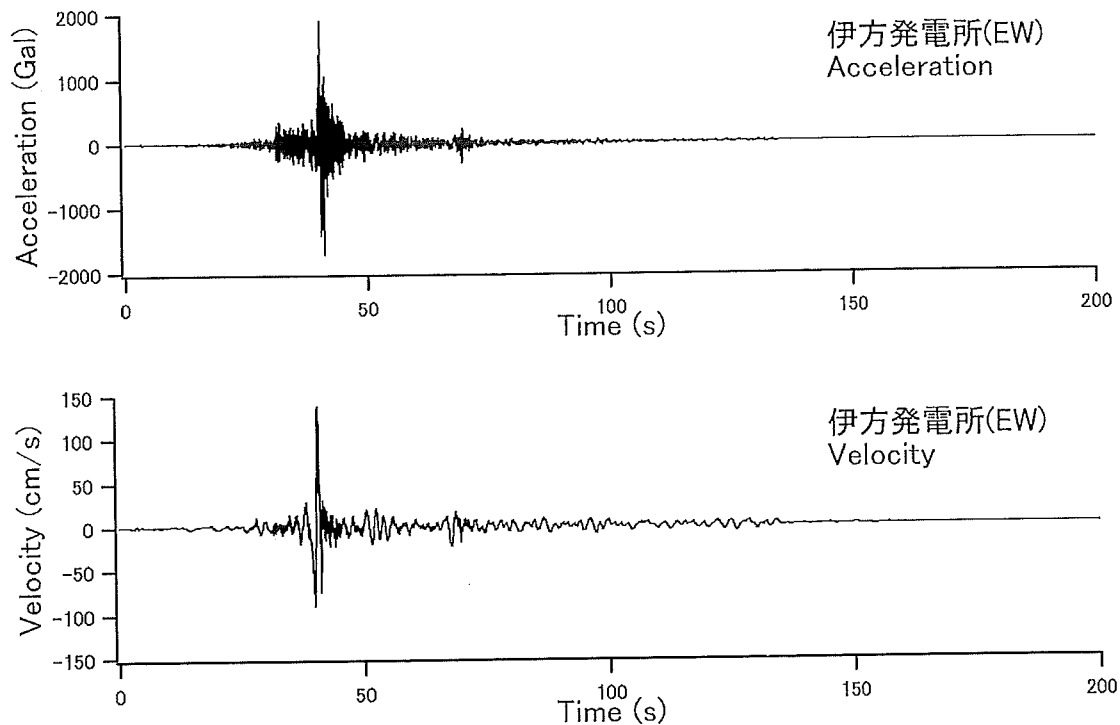
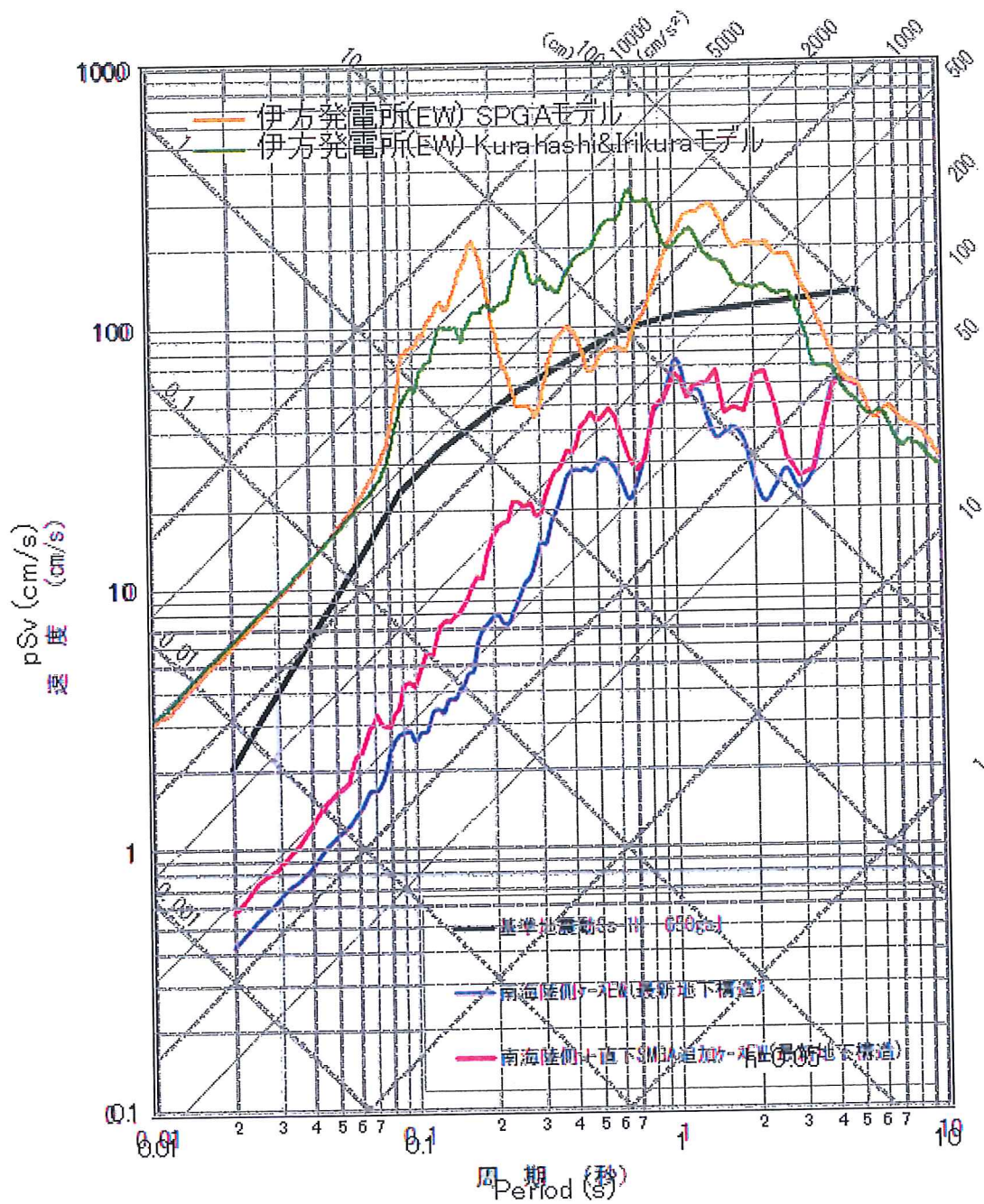


図 18 計算結果の加速度波形と速度波形

- (5) 計算結果の加速度波形と速度波形を図 18 に示します。この図にあるように、最大加速度は約 1900Gal、最大速度は約 138cm/s となり、地盤条件が良いにもかかわらず、SPGAからの最短距離が小さいために、加速度、速度ともに大きな値を示していることがわかります。近い将来の発生が懸念される南海トラフ巨大地震において、このような地震動が伊方発電所を襲う蓋然性は否定できず、万が一このようなシナリオが現実のものとなった場合、福島第一原発事故のような事態が再来することが考えられます。
- (6) 今回、この地震動について、四国電力が策定した基準地震動と比較できるように、四国電力が作成した応答スペクトル図に重ね書きしました（図 A）。もともとの図は、四国電力による平成 27 年 3 月 20 日付けの適合性審査資料『伊方発電所 地震動評価について』（p. 123）です。



EW方向

(図A 四国電力による平成 27 年 3 月 20 日付けの適合性審査資料『伊方発電所 地震動評価について』(p. 123) のEW方向に重ね書き。黄色の線がSPGAモデル、緑の線がKurahashi & Irikura のモデルによる計算結果)

図Aの黄色の線がSPGAモデルによる計算結果です。周期にもよりませんが、この図は対数表示ですので、四国電力の基準地震動と比較すると、加速度でも、速度でも、数倍大きな地震動となることが分かります。

- (7) SPGAモデルとSMGAモデルの違いは、一辺が数km程度の狭い領域（SPGA）から地震波が集中的に生成されると考えるか、一辺が数十km程度のより広い領域（SMGA）からまんべんなく生成されると考えるかの違いです。そして前者の場合、その狭い領域が対象施設の近くにあればより厳しい地震動となり、遠くにあればより厳しくない地震動となります。このような異なるシナリオが描けないのがSMGAモデルの欠点です。SMGAモデルによる場合、両者の平均的な地震動しか存在しないかのような錯覚を利用者に与えてしまうことになります。SMGAの内部が常に一様であることが保証されていればSPGAモデルを用いる必要はないのですが、そうでないことは、2. 1で述べたことから明らかであり、またKurahashi and Irikura¹⁾の解析結果からも明らかです。

- (8) 図Aの緑の線は、Kurahashi & Irikura(2013) のモデルによる計算結果です。これは、同じ位置にKurahashi & Irikura (2013) のSMGA3を置き、SMGA内の不均質性を考慮した場合の結果であり、SMGA3内で高い応力パラメータを持つ部分を図16の赤の位置におき、走向と傾斜は南海トラフのものに合わせています。

ただしこの場合、Kurahashi & Irikura(2013)がグリーン関数として用いた2005年8月16日の宮城県沖の地震の二つ目の波群の震源特性をどのように評価するかで、計算結果は変わってきます。

筆者は2005年8月16日の宮城県沖の地震の二つ目の波群をもたらした震源の破壊領域の面積は5km²、地震モーメントは 2.0×10^{18} Nmであると評価しており（「海溝型巨大地震における強震動パルスの生成とその生成域のスケールリング」表1）、ここではこれに基づいてグリーン関数の震源スペクトルを評価し、これに伝播経路特性・サイト増幅特性/サイト位相特性を加味したものをグリーン関数とし、これを、Kurahashi & Irikura(2013)による重ね合わせのパラメータ（NとC）を用いて重ね合わせています。

この結果から、Kurahashi & IrikuraのSMGA3を伊方発電所に近い位置に置いた場合は、やはり基準地震動を大きく上回る地震動になります。

- (9) 原子力発電所の基準地震動の策定においては、物理的に確実に否定できるシナリオ以外のあらゆるシナリオを考えるべきであり、少なくともここに示したようなシナリオを考慮すべきであると考えます。

3 その他

- (1) 2で述べたSPGAモデルによる地震動（最大加速度約1900Gal、最大速度約138cm/s）と、岩波・科学の野津(2017)に記載したSPGAモデルによる地震動（最大加速度約1066ガル）に差が生じているのは、SPGAの位置が異なることによるものです。

まず、2つとも、内閣府による南海トラフ巨大地震のSMGAモデル（陸側ケース）を出発点とするところは共通です。

2で述べたSPGAモデルによる地震動（最大加速度約1900Gal、最大速度約138cm/s）は、四国における西側のSMGAを、想定震源断層から外れない範囲で可能な限り伊方発電所に近づけて計算しました。

これに対して、岩波・科学の野津(2017)に記載したSPGAモデルによる地震動（最大加速度約1066ガル）は、SMGAモデル（陸側ケース）を前提として、「各SMGAを構成する小断層の中で最も伊方発電所に近いものを選び出し、そこにSPGAを配置」したものです。

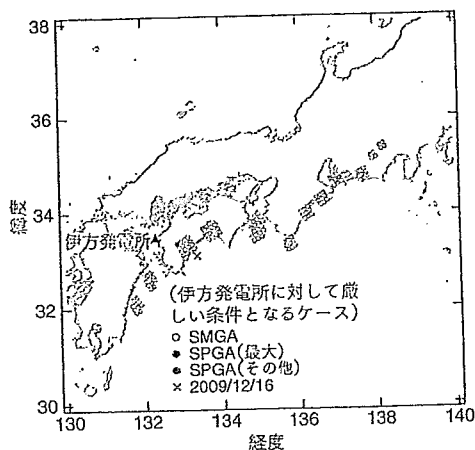


図8—内閣府¹⁴⁾の陸側ケースのSMGA(白丸)内に設定したSPGAの位置(黒丸または灰色の丸)
黒丸は最大のSPGAを、灰色の丸はその他のSPGAを示す。

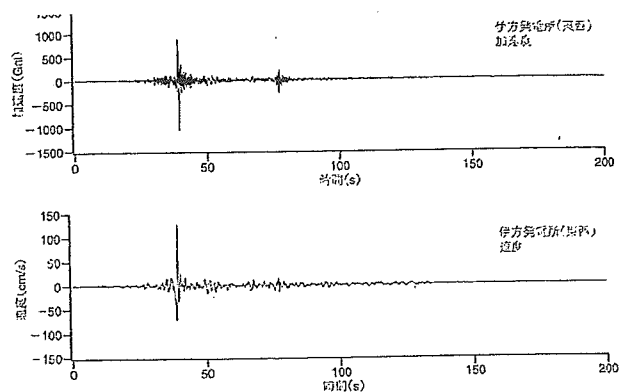
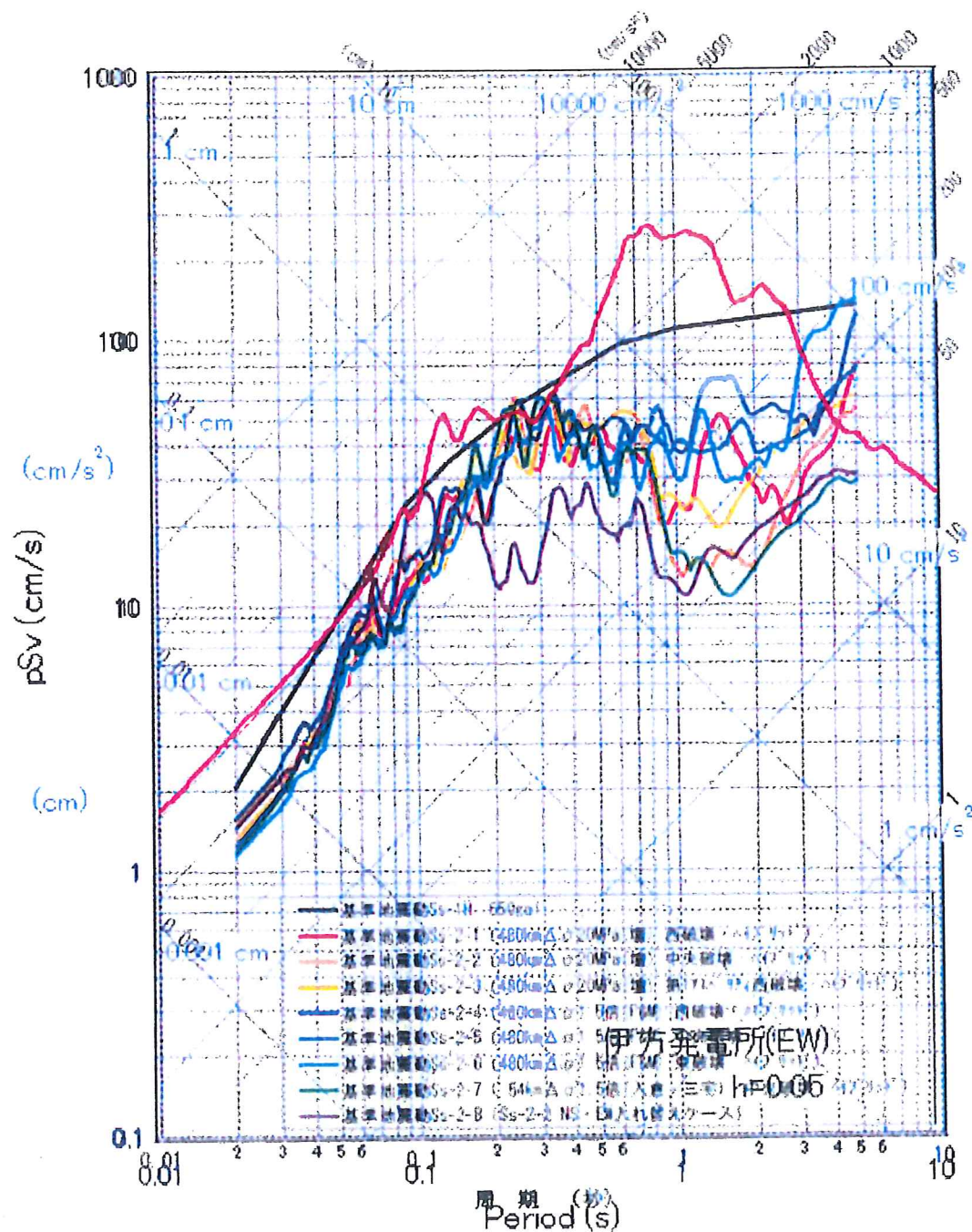


図10—140度経度の地点および震源断層の計算結果

(平成29年5月 岩波・科学「原子力発電所の基準地震動策定のために東北地方太平洋沖地震から何を学ぶべきか」

その応答スペクトル図（トリパタイト図）は、すでに、伊方原発広島訴訟の広島高裁異議審に甲F156として提出されていますが、再掲します。



EW方向

(図B 図の赤実線が、岩波・科学の野津(2017)に記載したSPGAモデルによる地震動（最大加速度約1066ガル）である。)

(2) 参考として、兵庫県南部地震の鷹取での観測波 (NS) を、応答スペクトルにしました。

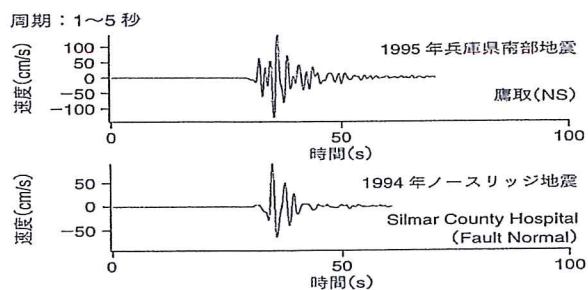


図 2—内陸地殻内地震による強震動パルスの例 (周期 1～5 秒の帯域の速度波形)

