

平成25年(行ウ)第13号

玄海原子力発電所3号機, 4号機運転停止命令義務付け請求事件


原告 石丸ハツミ ほか383名

被告 国

第6準備書面

平成27年11月13日

佐賀地方裁判所民事部合議2係 御中

被告訴訟代理人 竹野下 喜 彦 

被告指定代理人 齊 藤 千 春 

熊 谷 直 哉 

榎 本 良 一 

齊 藤 雅 彦 

與那城 義 史 

岩 元 宗 平 

中 嶋 武 彦 

佐 藤 ちあき 

古 賀 正 樹 

竹	本	亮	
武	田	龍夫	
泉		雄大	
内	山	則之	
三	田	裕信	
松	原	崇弘	
村	川	正徳	
中	川	幸成	
木	村	真一	
谷	川	泰淳	
山	形	浩史	
中	桐	裕子	
澤	田	智宏	
片	野	孝幸	
大	塚	恭弘	
森	田	深	
齋	藤	哲也	
野	田	智輝	
佐	藤	雄一	
鈴	木	健之	

目 次

第1 「入倉・三宅式」は、基準地震動を策定する過程における「断層モデルを用いた手法による地震動評価」に際し用いられる関係式であること	5
1 基準地震動の策定に係る設置許可基準規則等	5
2 「断層モデルを用いた手法による地震動評価」の概念	7
3 「断層モデルを用いた手法による地震動評価」に係る審査ガイドの定め	10
(1) 基準地震動策定に係る審査ガイド	10
(2) 地震動審査ガイドにおける「断層モデルを用いた手法による地震動評価」に係る定め	10
ア 基本震源モデルの策定	10
イ 不確かさの考慮	11
ウ 断層モデルを用いた手法による基準地震動	11
4 基準地震動の策定	12
第2 「断層モデルを用いた手法による地震動評価」をするに当たり、地震モーメント M_0 （地震規模）を設定する際に「入倉・三宅式」を用いることが、現在の科学技術水準に照らして合理的であること	12
1 地震本部レシピの位置付け	12
2 地震本部レシピにおける「入倉・三宅式」の位置付け	13
3 「入倉・三宅式」の合理性	14
4 地震本部レシピの信頼性	16
(1) 地震調査研究推進本部（地震本部）の位置付け等	16
(2) 地震本部レシピにおいて、「入倉・三宅（2001）」を採用することが 適当とされている理由	16
5 地震動審査ガイドにおいて地震本部レシピが震源モデルの設定に係る妥当性を確認するものとして例示されるに至った経緯・理由	17

(1) 地震動審査ガイド策定の検討経緯	17
(2) 地震本部レシピを震源モデルの設定に係る妥当性を確認するものとして例示するに至った理由	18
6 小括	18
第3 「断層モデルを用いた手法による地震動評価」をするに当たって、「武村式」を用いないことが不合理とはいえないこと	19
1 はじめに	19
2 「入倉・三宅(2001)」と「武村(1998)」では、地震モーメント M_0 と断層面積 S とのスケーリング則を策定する過程における断層面積 S の捉え方が異なること	19
(1) 「入倉・三宅(2001)」における断層面積 S の捉え方	19
(2) 「武村式」における断層面積 S の捉え方	22
(3) 小括	23
3 「入倉・三宅(2001)」と「武村(1998)」とは、データセットが異なっており、「武村(1998)」の断層面積 S は過小評価であると考えられること	23
(1) 「入倉・三宅(2001)」のデータセット	23
(2) 「武村(1998)」のデータセット	25
(3) 「武村(1998)」のデータセットに係る震源パラメータを再評価した報告が存在し、断層面積 S が過小評価であると考えられること	26
(4) 小括	27
第4 「武村式」を適用して加速度を算出すると、「入倉・三宅式」を適用した場合の4.7倍になる旨の原告らの主張が妥当でないこと	27

原告らは、訴状において、基準地震動を策定する前提として地震モーメント（地震規模。表記は M_0 ）の値を求めるに当たり、「武村式」を適用すると、地震モーメントは、「入倉・三宅式」を適用して算出した値の4.7倍になり、地震加速度の値も同様に4.7倍になるから、最終的に基準地震動は4.7倍となるとして、基準地震動の評価が過小評価になっているため、設置許可基準規則4条3項に適合しないなどと主張する（訴状第5・16ないし23ページ）。

しかしながら、基準地震動を策定する前提として「入倉・三宅式」を用いることは、現在の科学技術水準に照らして合理的なものであり、「武村式」を用いないことが不合理であるとか、過小評価をしているとはいえない。被告は、本準備書面において、被告第3準備書面第2の2（8ないし20ページ）において述べた地震に対する安全性に係る設置許可基準規則の内容を踏まえ、「入倉・三宅式」が適用される場面を説明した後（後記第1）、「入倉・三宅式」を用いることが現在の科学技術水準に照らして合理的であり（後記第2）、「武村式」を用いないことが不合理とはいえないことを述べ（後記第3）、最後に、原告らの上記「4.7倍」に係る主張についての誤りを指摘する（後記第4）。

なお、上記「武村式」とは、武村雅之氏が執筆した論文である「日本列島における地殻内地震のスケーリング則—地震断層の影響および地震被害との関連—」（甲第8号証。以下「武村（1998）」という。）に記載された地震モーメント M_0 と断層面積（表記は S ）とのスケーリング則（関係式）のことであり、上記「入倉・三宅式」とは、入倉孝次郎氏及び三宅弘恵氏が執筆した論文である「シナリオ地震の強震動予測」（乙第31号証。以下「入倉・三宅（2001）」という。）に記載された地震モーメント M_0 と断層面積 S とのスケーリング則のことである。また、略語は新たに用いるもののほか、従前の例による。

第1 「入倉・三宅式」は、基準地震動を策定する過程における「断層モデルを用いた手法による地震動評価」に際し用いられる関係式であること

1 基準地震動の策定に係る設置許可基準規則等

被告第3準備書面第2の2（8ないし20ページ）で述べたとおり，設置許可基準規則4条3項（乙第9号証・11ページ）は，発電用原子炉施設の地震による損傷の防止に関して，「耐震重要施設は，その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力（以下「基準地震動による地震力」という。）に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。」と定めている。同項にいう「基準地震動」とは，最新の科学的・技術的知見を踏まえ，敷地及び敷地周辺の地質・地質構造，地盤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想定することが適切なものとして策定することとされている（設置許可基準規則の解釈別記2の5（乙第9号証・126ページ））。

基準地震動の策定過程は，下記図1に示したとおりであり，「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」について，解放基盤表面^{*1}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されている（同規則の解釈別記2の5－（同号証・126ページ））。

*1 基準地震動を策定するために，基盤面上の表層や構造物がないものとして仮想的に設定する自由表面であって，著しい高低差がなく，ほぼ水平で相当な拡がりを持って想定される基盤の表面をいう。ここでいう基盤とは，おおむねせん断波速度 $V_s=700\text{ m/s}$ 以上の硬質地盤であって，著しい風化を受けていないものをいう。

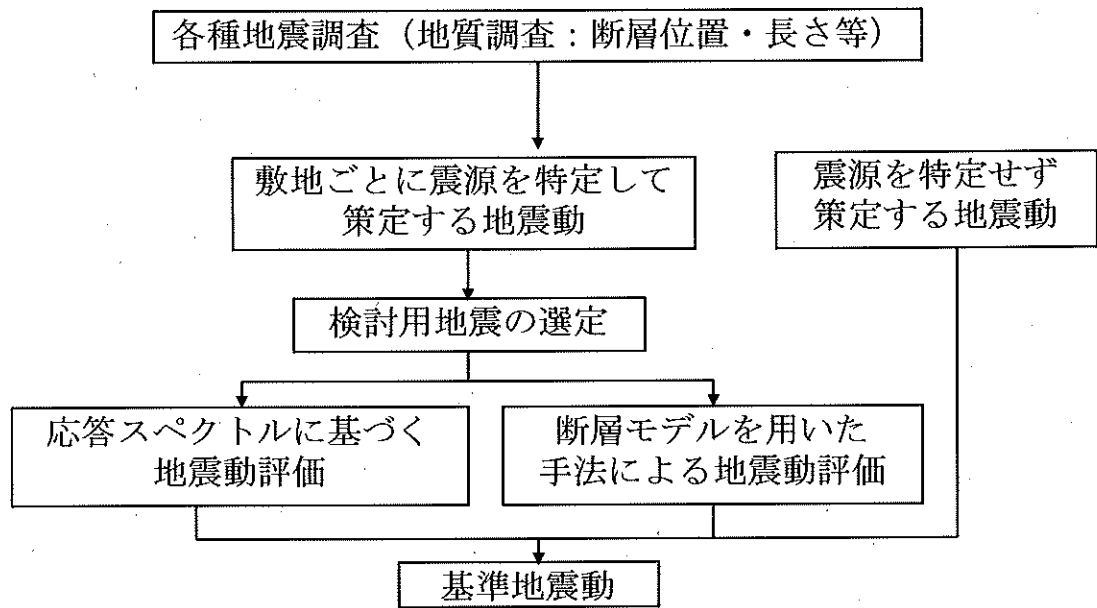


図1 基準地震動策定過程

そして、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の策定に当たっては、(i)内陸地殻内地震、プレート間地震及び海洋プレート内地震について、活断層の性質や地震発生状況を精査し、中・小・微小地震の分布、応力場、及び地震発生様式（プレートの形状・運動・相互作用を含む。）に関する既往の研究成果等を総合的に検討し、検討用地震（上記地震について、敷地に大きな影響を与えると予想される地震）を複数選定し、(ii)選定した検討用地震ごとに不確かさを考慮して、①応答スペクトルに基づく地震動評価及び②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が要求されている（同規則の解釈別記2の5二（乙第9号証・126ないし128ページ））。

2 「断層モデルを用いた手法による地震動評価」の概念

「断層モデルを用いた手法による地震動評価」とは、活断層調査を実施することにより、「将来活動する可能性のある断層等」（後期更新世以降（約12～13万年以降）の活動が否定できない断層等をいう。設置許可基準規則の解釈別記1の3（乙第9号証・120ページ）を認定した結果を踏まえ、震源

断層面を設定し、ある一点の破壊開始点から、これが次第に破壊し、揺れが伝わっていく様子を解析することにより地震動を計算する評価手法である。具体的には、①震源断層面を設定し、細かい要素面に分割する、②ある特定の要素面から破壊が始まるものとして破壊開始点を設定する、③破壊開始点から破壊が各要素面に伝播し、分割された各要素面からの地震波が次々に評価地点に伝わることにより評価地点に生じる地震動を足し合わせる、④足し合わせの結果、評価地点での地震動が求められる（以上①から④について図2）。

断層モデルを用いた手法による地震動評価により、評価地点における地盤の揺れを表す時刻歴波形（注1）や応答スペクトル（注2）などを求めることができる。

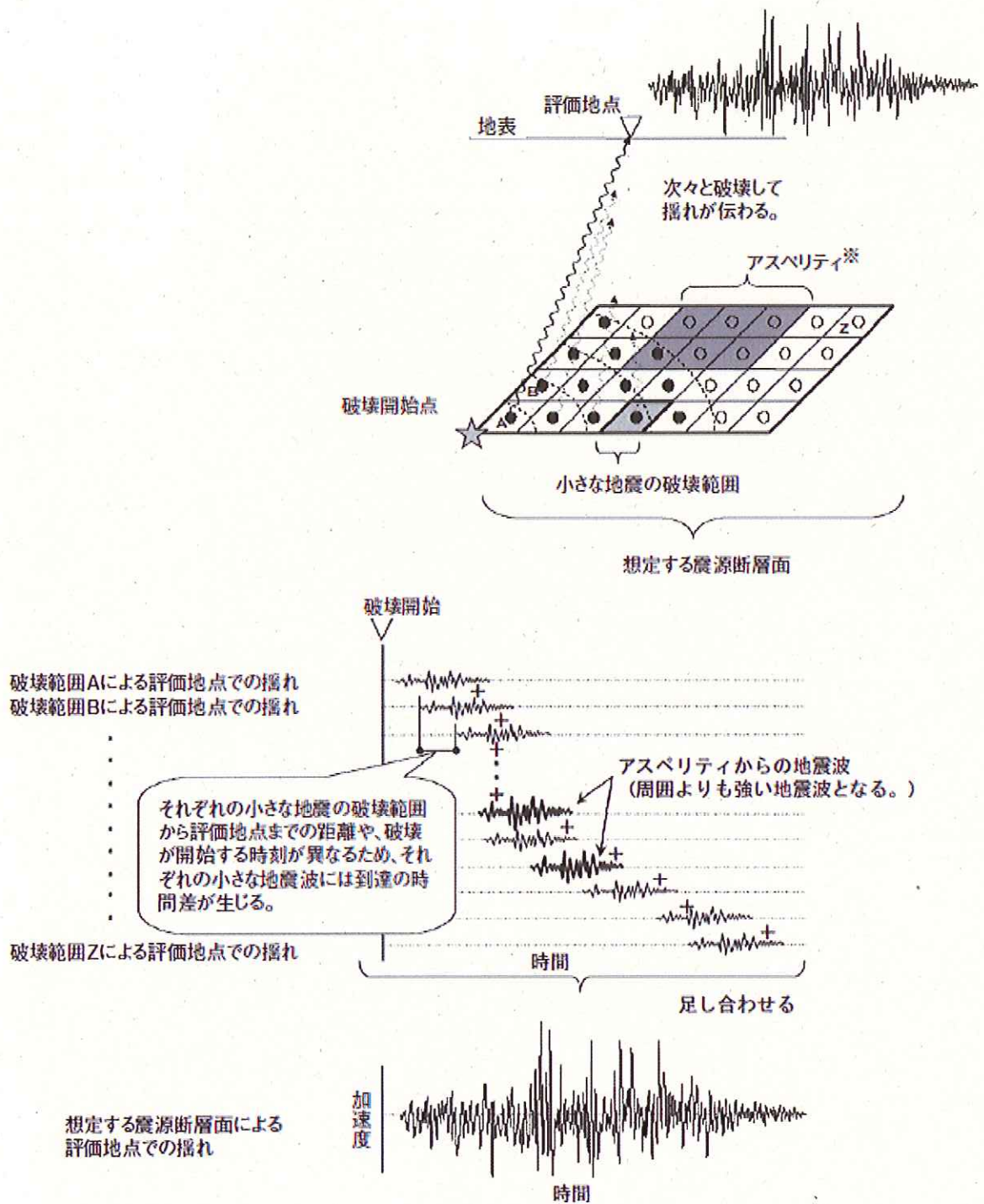


図2 「(参考) 断層モデルの手法の概念について」 (原子力安全委員会)

この手法は、地震の発生メカニズムを反映した手法である。すなわち、そもそも内陸地殻内に生じる地震とは、プレート運動などにより地中に蓄積されたひずみが限界に達し、断層を破壊する現象であり、その断層の面のことを震源

断層面という。震源断層面は、同時に全範囲が破壊されるのではなく、最初に破壊された断層が地震波を発生し、次第に破壊の範囲が広がっていくものであることから、大きな地震は、小さな地震が次々に発生してそれが集まったものと分析することができる。

断層モデルを用いた手法は、震源を面として評価している点が特徴であり、震源近傍における地震動特性を詳細に表すことができる。

3 「断層モデルを用いた手法による地震動評価」に係る審査ガイドの定め

(1) 基準地震動策定に係る審査ガイド

基準地震動策定に係る審査ガイドとして、平成25年6月19日原管地発第1306192号原子力規制委員会決定「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」(乙第32号証。以下「地震動審査ガイド」という。)が制定されている。地震動審査ガイドは、発電用軽水型原子炉施設の設置(変更)許可段階の審査において、審査官等が、設置許可基準規則4条3項を含む同規則及び同規則の解釈の趣旨を十分踏まえ、基準地震動策定の妥当性を厳格に確認するために活用することを目的とするものである(乙第32号証・1ページ)。

(2) 地震動審査ガイドにおける「断層モデルを用いた手法による地震動評価」に係る定め

ア 基本震源モデルの策定

断層モデルを用いた手法による地震動評価をするに当たっては、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たモデル(以下「基本震源モデル」という。)を策定し、地震動評価を行うこととされている(設置許可基準規則の解釈別記2の5二④ii)(乙第9号証・128ページ)。

これを受けて、地震動審査ガイドでは、断層モデルを用いた手法による地震動評価を行う際の震源特性パラメータについては、活断層調査結果等に基づき、地震調査研究推進本部(文部科学省に設置されている、地震防

災対策の強化，特に地震による被害の軽減に資する地震調査研究の推進を目的とする政府の特別の機関。以下「地震本部」という。)による「震源断層を特定した地震の強震動予測手法」(地震本部レシピ。乙第33号証)等の最新の研究成果を考慮し設定されていることを確認することとされている(地震動審査ガイドI 3. 3. 2(4)①1)(乙第32号証・4及び5ページ)。

この地震本部レシピにおいて，地震モーメント M_0 (地震規模)を設定する際に用いられているのが「入倉・三宅式」である(乙第33号証・付録3-4ページ)。

イ 不確かさの考慮

また，基本震源モデルを前提として，基準地震動の策定過程に伴う震源断層の長さ，地震発生層の上端深さ・下端深さ，断層傾斜角，アスペリティ^{*2}の位置・大きさ，応力降下量(短周期レベル)，破壊開始点等の断層モデルを用いた手法による地震動の評価過程に伴う不確かさを偶然的不確かさと認識論的不確かさに分類し，適切な手法を用いて考慮されていることを確認するとともに，震源特性パラメータの不確かさについて，その設定の考え方が明確にされていることを確認するものとされている。(地震動審査ガイドI 3. 3. 3(2)(乙第32号証・6及び7ページ))。

ウ 断層モデルを用いた手法による基準地震動

検討用地震ごとに，各種の不確かさを考慮して評価した応答スペクトルを比較し，施設に与える影響の観点から，地震動特性(周波数特性，位相特性，継続時間等)を考慮して，別途評価した応答スペクトルとの関係を踏まえつつ複数の地震動評価結果から適切なものを基準地震動として策定

*2 震源断層面において，強く固着している領域と比較的すべりやすい領域があり，強く固着している領域のことをいう。地震の際には，このアスペリティの領域は周囲と比べて大きくすべり，強い地震波を出す。

することとされている（地震動審査ガイドI 5. 2 (2)（乙第3 2号証・9ページ））。

4 基準地震動の策定

上記3ウで述べた断層モデルを用いた手法による基準地震動に加え、応答スペクトルに基づく手法による基準地震動（地震動審査ガイドI 5. 2 (1)（乙第3 2号証・9ページ））を策定し、これらに基づき、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動を策定することとされている。

さらに、別途策定した「震源を特定せず策定する地震動による基準地震動」と併せ、敷地における地震観測記録を踏まえて、地震発生様式、地震波の伝播経路等に応じた諸特性を十分考慮するとともに、最新の知見や震源近傍等で得られた観測記録によってその妥当性が確認されていることを確認することとされている（地震動審査ガイドI 5. 1 (2)及び5. 2 (4)（乙第3 2号証・9ページ））。

第2 「断層モデルを用いた手法による地震動評価」をするに当たり、地震モーメント M_0 （地震規模）を設定する際に「入倉・三宅式」を用いることが、現在の科学技術水準に照らして合理的であること

1 地震本部レシピの位置付け

前記第1の3(2)ア（10及び11ページ）で述べた「地震本部レシピ」とは、地震本部の下部組織である地震調査委員会が実施してきた強震動評価に関する検討結果から、強震動予測手法の構成要素となる震源特性、地下構造モデル、強震動計算、予測結果の検証の現状における手法や震源特性パラメータの設定に当たっての考え方を、平成17年3月に「全国を概観した地震動予測地図」の分冊として取りまとめられたものである。そして、震源断層を特定した地震を想定した場合の強震動を高精度に予測するための「誰がやっても同じ答えが得られる標準的な方法論」を確立することを目指しており、今後も強震動評価における検討により、修正を加え、改訂されていくことを前提としている

(乙第33号証・付録3-1ページ)。

2 地震本部レシピにおける「入倉・三宅式」の位置付け

地震本部レシピにおいては、図3に示すフローのように、震源断層の形状(断層長さ L 、断層幅 W)から震源特性を表す様々なパラメータを設定する方法が、体系的に整理されている。

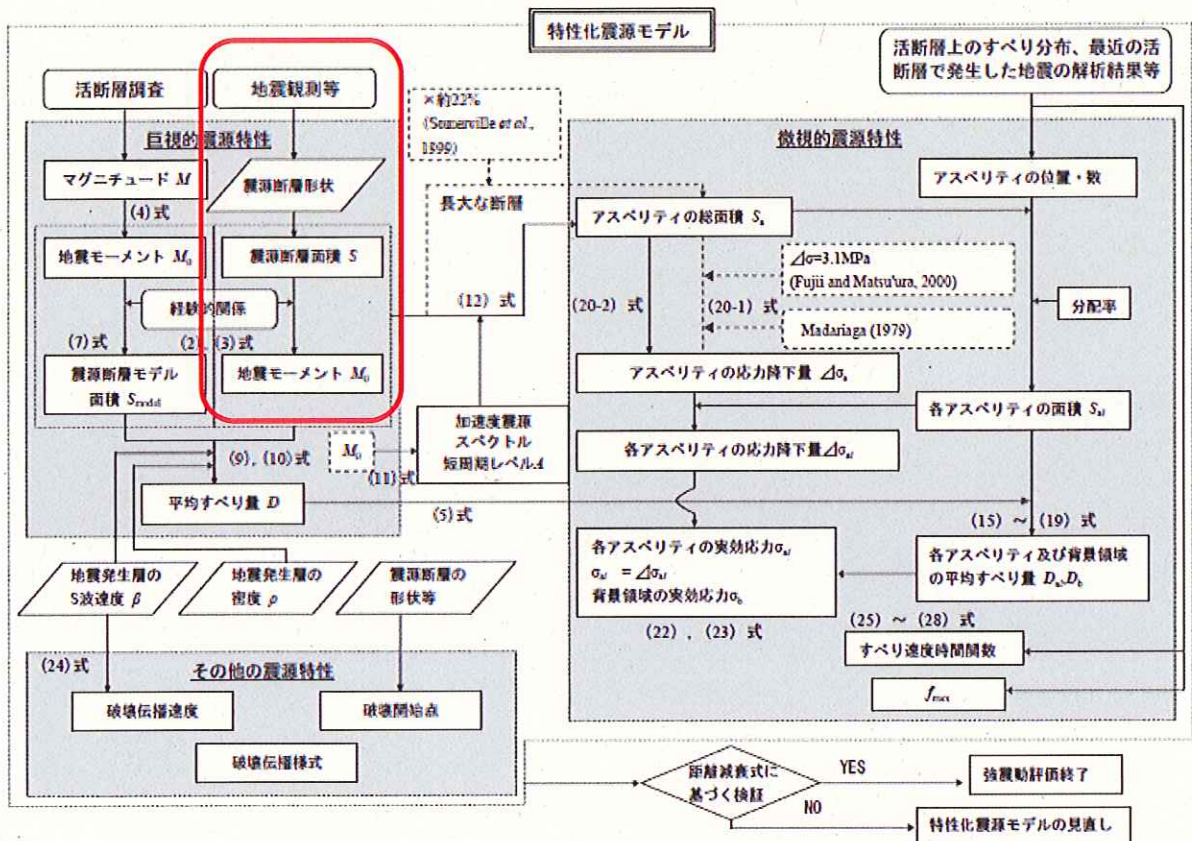


図3 地震本部レシピにおける震源パラメータの設定フロー

震源断層を特定した地震の強震動予測手法(乙第33号証)付図2(平成21年12月21日改訂 付録3-36ページ)に一部加筆(本書面に関係の深い箇所を赤線にて囲んだ)

そして、地震本部レシピにおいて、「過去の地震記録などに基づき震源断層を推定する場合や詳細な調査結果に基づき震源断層を推定する場合」に、断層面積 S と地震モーメント M_0 の関係式として採用しているのが、上記図3の

(2) 式及び (3) 式である (乙第 3 3 号証・付録 3-4 ページ)。

$$\left\{ \begin{array}{l} M_0 = (S/2.23 \times 10^{15})^{3/2} \times 10^{-7} \quad (M_0 < 7.5 \times 10^{18} \text{ (Nm)}) \quad (2) \text{ 式} \\ M_0 = (S/4.24 \times 10^{11})^2 \times 10^{-7} \quad (M_0 \geq 7.5 \times 10^{18} \text{ (Nm)}) \quad (3) \text{ 式} \end{array} \right.$$

上記 (2) 式は, Somerville et al. (1999) により提案された関係式であり, モーメントマグニチュード M_w 6.5 相当未満の地震について適用される関係式である。他方, (3) 式は, 上記以上の地震について適用される関係式であり, 論文「シナリオ地震の強震動予測」(入倉・三宅 (2001)。乙第 3 1 号証) により提案された関係式である。これが, 「入倉・三宅式」と呼ばれるものである。

3 「入倉・三宅式」の合理性

従来の強震動予測は, 起震断層の長さや代表的変位量から地震マグニチュードを推定し, 地震動に関するマグニチュード-距離の関係式 (距離減衰式) から対象地域の最大加速度, 最大速度, あるいは震度などを推定するものであった。しかし, 平成 7 年兵庫県南部地震, 平成 12 年鳥取県西部地震, 平成 13 年芸予地震, さらに海外事例の平成 11 年台湾の $Ch i - Ch i$ 地震などの震災の経験から, 上記のような強震動予測のみでは種々の異なる構造物の被害やその分布を説明することが困難であることが明らかになった。強震動は, 震源となる断層の性質と震源から観測点に至る地下構造により地域的に異なり, 結果として構造物に対する破壊力の強い地震動が生じた地域で大きな被害が引き起こされることになる。構造物は, 木造家屋, 低・中・高層の鉄筋コンクリート・鋼構造物, 高架橋, ガスタンクなど様々あり, それぞれの構造物に対する地震動の破壊力を 1 つの指標で表すのは困難であり, それぞれの構造物・施設の動的な耐震性を知るためには地震動の時刻歴波形あるいはレスポンス・スペクトルの評価が必要となる。そのためには, 震源断層の破壊過程及び震源から対象地点までの地下構造による伝播特性に基づいた強震動の予測がなされなければならない。

強震動予測を行うには、上記の地質・地形学的アプローチだけでなく、地下にある断層の動きを知るために地震記録や測地記録から断層運動を推定する地震学的アプローチとの連携が重要で、精緻な調査や観測、そしてそれらのデータ解析から得られる震源や波動伝播に関する高精度の情報が必要とされる。すなわち、活断層や地震活動の調査に基づく活断層ごとの地震危険度評価、これまでの地震動記録のインバージョン解析（逆解析）に基づく震源のモデル化、さらに、地下構造調査や地震動観測によるグリーン関数（注3）の評価などを総合して、各地の地震動の推定が可能となる。このようにして予測された地震動は、これまでに得られている強震動の関係式や過去の大地震の被害分布などとの比較により、その有効性の検証がされるのが適当である（乙第31号証・850及び851ページ）。

「入倉・三宅（2001）」によれば、強震動予測のための震源特性化（注4）のプロセスは、以下のとおりである（乙第31号証・873及び874ページ）。すなわち、強震動予測のための震源モデルは、巨視的断層パラメータ、微視的断層パラメータ及びその他のパラメータにより決定論的に与えられる。巨視的断層パラメータとして、活断層調査により同時に活動する可能性の高い断層セグメントの総和から断層長さ、地震発生の深さ限界から断層幅が推定され、長さとの積から断層面積、そして断層面積と地震モーメントの経験的關係から地震モーメントが推定される。断層の走向と傾斜角は地質・地形・地理学的調査、さらに反射法探査などから推定される。微視的断層パラメータは、断層面上のすべり不均質性をモデル化するもので、地震モーメントとアスペリティ面積の総和、最大アスペリティ面積、アスペリティ個数などに関する経験的關係からアスペリティの面積及びそこでの応力降下量が与えられる（前記図3参照）。

そして、このような震源特性化のプロセスの有効性は、平成7年兵庫県南部地震の震源モデル化及びそれに基づいた経験的グリーン関数法、並びにハイブリッドグリーン関数法を用いて合成された強震動が観測記録とよく一致するこ

とで検証されている（釜江克宏＝入倉孝次郎「1995年兵庫県南部地震の断層モデルと震源近傍における強震動シミュレーション」乙第34号証・32ページ及び33ページ図4ないし図7, Katsuhiko Kamae「A Technique for Simulating Strong Ground Motion Using Hybrid Green's Function」・乙第35号証）。さらに、1948年福井地震の強震動を推定するための震源モデル化がこの方法でなされ、ハイブリッド法を用いて計算された強震動の最大速度や計測地震は被害分布と関係付けられることが分かっている（入倉孝次郎＝釜江克宏「1948年福井地震の強震動－ハイブリッド法による広周期帯域強震動の再現－」乙第36号証・146及び147ページ）。

このように、「入倉・三宅（2001）」における震源特性化のプロセスは、特定の活断層を想定した強震動の予測手法として、現在の科学技術水準に照らして合理的なものであるといえ、その有効性についても検証されているといえるのであるから、上記巨視的断層パラメータの1つである地震モーメント M_0 と断層面積 S とのスケーリング則（関係式）について、「入倉・三宅式」を用いることもまた合理的であるといえる。

4 地震本部レシピの信頼性

(1) 地震調査研究推進本部（地震本部）の位置付け等

地震本部は、平成7年1月に発生した兵庫県南部地震を契機に明らかになった我が国の地震防災対策に関する課題を踏まえ、同年7月に全国にわたる総合的な地震防災対策を推進するために制定された地震防災対策特別措置法（平成7年法律第111号）7条の規定に基づき総理府（当時）に設置されたものである。地震本部は、現在文部科学省に設置されている。

そして、地震本部の下部組織として、同法10条の規定に基づき、地震に関する観測、測量、調査又は研究を行う関係行政機関、大学等の調査結果等を収集し、整理し、及び分析し、並びにこれに基づき総合的な評価を行うため、専門家から構成される地震調査委員会が設置されている。

(2) 地震本部レシピにおいて「入倉・三宅（2001）」を採用することが適

当とされている理由

地震本部レシピは、地震調査委員会において実施してきた強震動評価に関する検討結果から、強震動予測手法の構成要素となる震源特性、地下構造モデル、強震動計算、予測結果の検証の現状における手法や震源特性パラメータの設定に当たっての考え方についてとりまとめたものである。

そして、地震調査委員会は、地震本部レシピ策定以降に実際に発生した平成12年鳥取県西部地震及び平成17年福岡県西方沖地震等の観測波形と、これらの地震の震源像を基に地震本部レシピを用いて行ったシミュレーション解析により得られる理論波形を比較検討した結果、整合的であったことを確認している（乙第33号証・付録3-1ページ、地震調査委員会強震動評価部会による検証結果）。つまり、「入倉・三宅（2001）」を採用した地震本部レシピに基づくシミュレーション解析によって、現実発生した地震観測記録を精度よく再現できることが確認されているのであり、これによって「入倉・三宅（2001）」の合理性が裏付けられている。

5 地震動審査ガイドにおいて地震本部レシピが震源モデルの設定に係る妥当性を確認するものとして例示されるに至った経緯・理由

(1) 地震動審査ガイド策定の検討経緯

原子力規制委員会は、断層モデルを用いた手法による地震動評価に関する専門家を含めた発電用軽水型原子炉施設の地震・津波に関わる規制基準に関する検討チーム（以下「地震等基準検討チーム」という。）を設置し、同チームにおいて、基準地震動の策定等に係る審査ガイドの内容も検討した（これが後に原子力規制委員会において地震動審査ガイドとして策定された。）。

地震等基準検討チームは、原子力安全委員会が平成23年に発生した東北地方太平洋沖地震での知見を踏まえて新耐震設計審査指針等の改訂案を取りまとめていたことから、上記審査ガイドの内容の検討に当たっては、地震及び津波等に関わる安全設計方針として求められている各要件が新規制基準でも重要な構成要素となるものと評価し、必要な見直しを行った上で基準の構

成要素とすることとした。

(2) 地震本部レシピを震源モデルの設定に係る妥当性を確認するものとして例示するに至った理由

地震等基準検討チームは、断層モデルを用いた手法による地震動評価の内容を適切に審査するため、震源モデルの設定の妥当性について検討した結果、震源モデルを構築する際に必要な震源断層のパラメータの設定に当たり、強震動評価における最新の知見を適切に反映することとしている地震本部レシピがその確認方法の代表的な手法であると認め、これを地震動審査ガイドに例示することとした。

「断層モデルを用いた手法による地震動評価」は、震源の断層面を仮定した上、同断層面における断層運動を原因として発生する地震を仮定し、かかる地震が発電用原子炉施設に与える影響の有無及び程度を確認する評価手法であるから、根本的な考え方は、「入倉・三宅（2001）」において示された考え方と共通している。そうであれば、「断層モデルを用いた手法による地震動評価」の前提となる関係式については、震源インバージョンの手法によって、現に発生した地震を発生させた地中の断層を想定した上で整理された地震データセットを用いて得られた関係式である「入倉・三宅式」を用いるのが合理的であるといえることができる。

6 小括

以上のとおり、「入倉・三宅（2001）」を採用した地震本部レシピは、地震本部の下部組織である専門家から構成される地震調査委員会において、強震動評価に関する検討結果として取りまとめられたものである。そして、地震調査委員会強震動評価部会による検証によって、「入倉・三宅（2001）」を採用した地震本部レシピは、平成12年以降に我が国において発生した地震に係る地震観測記録を精度よく再現できることが確認されている。しかも、これは、同様に専門家等から構成された原子力規制委員会の検討チームである地震等基準検討チームにおいて、最新の知見を反映するものとして評価されてい

る。

以上の点からすれば、「入倉・三宅（２００１）」及びこれを採用した地震本部レシピアが、現在の科学技術水準に照らして合理的なものであることは明らかである。

第３ 「断層モデルを用いた手法による地震動評価」をするに当たって、「武村式」を用いないことが不合理とはいえないこと

１ はじめに

原告らは、地震動評価にあたって、「入倉・三宅式」ではなく「武村式」を用いるべきである旨主張するが、かかる主張に理由はない。すなわち、以下では、「入倉・三宅式」及び「武村式」に係る論文（「入倉・三宅（２００１）」及び「武村（１９９８）」）において、地震モーメント M_0 と断層面積 S とのスケーリング則（関係式）を策定する過程における断層面積の捉え方が異なることや、各スケーリング則を策定する根拠となったデータセットが異なっており、両者を単純に比較してする原告らの主張が科学的根拠を欠くことから、「武村式」を用いないことが不合理とはいえないことを明らかにする。

２ 「入倉・三宅（２００１）」と「武村（１９９８）」では、地震モーメント M_0 と断層面積 S とのスケーリング則を策定する過程における断層面積 S の捉え方が異なること

(1) 「入倉・三宅（２００１）」における断層面積 S の捉え方

「入倉・三宅（２００１）」は、「将来高い確率で発生が予測されるシナリオ地震に対する被害予測と災害軽減の諸対策のために」発表された論文である（乙第３１号証・８５０ページ）。そして、「これまでの大地震のときに生じた地表断層の長さと変位分布の測定を基に、それらのパラメータと地震マグニチュードや地震モーメントとのスケーリングに関する関係式が検討されている（中略）。しかしながら、地震動を生成する主要な断層運動は地下にある断層面での動きで、地表に現れる断層変位は地下にある断層の運動

の結果に過ぎない。したがって、地表断層の動きのみから断層運動全体を特性化することは困難である。地下にある断層の動きを知るには、地震記録や測地記録から断層運動を推定する地震学的アプローチとの連携が重要となる」として（同号証・851ページ）、断層パラメータのスケーリング則を策定している（同号証・「Ⅲ. 断層パラメータ（断層長さ、幅、変位、面積、地震モーメント）のスケーリング則」・852ないし859ページ）。

「断層パラメータ」とは、断層に関する各種数値のことであり、「入倉・三宅（2001）」においては、過去に発生した地震データに基づいて、断層長さ、幅、変位、面積、地震モーメントの間におけるスケーリング則（関係式）を策定している。「スケーリング則」とは、ある2つの量について、その関係を整理するもので、量の概算を行うのに用いられるものである。

「入倉・三宅（2001）」における地震モーメント M_0 と断層面積 S とのスケーリング則は、過去に発生した地震に係る地震モーメント M_0 の数値と断層面積 S の数値から策定されたものであり（同号証・852ページ・右段3行目以下）、参照された地震データの断層面積 S は、いわゆる震源インバージョン等に基づくものである（同号証・852ページ右段1行目以下）。

「震源インバージョン」とは、複数の観測地点で得られた観測記録をもとに、断層面を仮定し、当該面の各地点において生じるすべり量及びすべりの方向を解析によって求め、それらの結果から震源断層を推定する方法であり、解析の結果、高精度に断層面積 S を求めることができる（菊地正幸「リアルタイム地震学」乙第37号証・46ページ参照）。地震学においては、確立された解析方法である。

震源インバージョンの具体的手法について、図面に基づいて説明する。

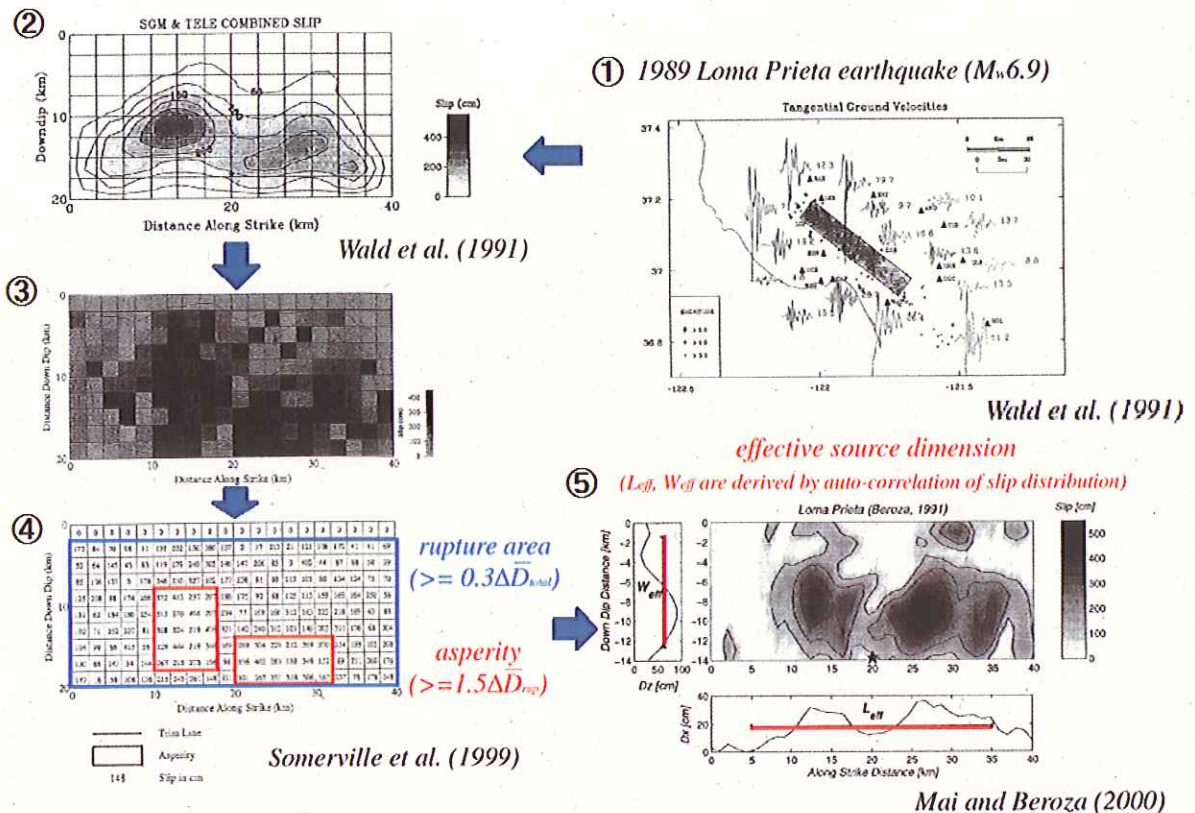


図4 震源インバージョンの具体的手法の例

図4のうち、右上の図「1989 Loma Prieta earthquake ($M_w6.9$)」のように、震源周辺の多数の観測地点で得られた地震観測記録から震源断層を仮定し(①)、さらに各観測を逆解析して(②)震源断層面の各地点におけるすべり量を算出し(③)、破壊領域(rupture area)及びアスペリティ(asperity)をそれぞれすべり量のしきい値を定めて推定し(④)、その結果と活断層調査結果から得られる断層長さ、断層幅等と比較検討し、震源断層の長さ L 及び断層幅 W を設定する(⑤)ことができる。

このように、震源インバージョンは、地震観測記録に基づき、当該地震を発生させた断層を具体的に把握しようとするものである。そして、「入倉・三宅(2001)」において策定した地震モーメント M_0 と断層面積 S のスケーリング則は、震源インバージョン等によって得られた断層面積 S に基づいて策定されたものであるから、基本的に、断層面積 S と地震モーメント M_0

との関係性を明らかにしようとするものであるということが出来る。

(2) 「武村式」における断層面積Sの捉え方

「武村式」とは、「武村（1998）」に記載された地震モーメント M_0 と断層面積 S のスケーリング則であり、

$$\log S(\text{km}^2) = 1/2 \log M_0(\text{dyne} \cdot \text{cm}) - 10.71 \quad (M_0 \geq 7.5 \times 10^{25}(\text{dyne} \cdot \text{cm}))^{*3}$$

をいうものである。

「武村（1998）」は、断層パラメータ間関係について、まず、地震モーメント M_0 と断層長さ L とのスケーリング則を求めている（甲第8号証・214ページ「§3.断層パラメータ間関係」以下）。そして、引き続き、断層幅 W と断層長さ L の関係式を策定しているが、地震規模の大きな地震に係る断層幅 W は、地震発生層の厚さの制限を受けるものとして、固定数値である13キロメートル^{*4}としている（同号証215ページ・左段最終行以下）。

その上で、「武村（1998）」は、地震モーメント M_0 と断層面積 S とのスケーリング則を策定するに当たり、地震モーメント M_0 と断層長さ L のスケーリング則に、断層長さ L と断層幅 W のスケーリング則及び「 S （断層面積）＝ L （断層長さ）× W （断層幅）」の式を用いて、地震モーメント M_0 と断層面積 S とのスケーリング則を求めている。

すなわち、同論文においては、断層長さ L を基準として、地震モーメント M_0 と断層面積 S とのスケーリング則を策定しており、かつ、地震規模の大きな地震については断層幅 W を13キロメートルに固定していることから、断層面積 S は、断層長さ L に依拠して算定されているということが出来る。

*3 dyneとは、CGS単位系（長さを[cm]、重さを[g]、時間を[s]を基本単位とする単位系）における力の単位であり、国際単位系（SI）では[N]で表示される。1N = 10⁵dyne

*4 この断層幅については、上部地殻をコンラッド面（下部地殻との境界）以浅と定義すれば、地震発生層の厚さはほぼ10 kmから20 km、平均して15 kmであり、地表に近い3から5 kmに地震を起こしにくい領域があるとして、断層幅を13 kmで飽和すると仮定したものである（甲第8号証・215及び216ページ）

(3) 小括

以上のとおり、「入倉・三宅(2001)」においては、スケーリング則策定の前提となる断層面積 S の数値について、基本的に、震源インバージョンを行って地震を発生させた震源断層を評価した上で得られた数値を用いる一方、「武村(1998)」においては、スケーリング則策定の前提となる断層面積 S の数値は、断層長さ L に依拠して得られた数値を用いている。このように、「入倉・三宅(2001)」と「武村(1998)」においては、スケーリング則を策定する過程における震源断層 S の捉え方が異なっているのであるから、両論文における断層面積 S と地震モーメント M_0 とのスケーリング式を単純に比較することはできない。

3 「入倉・三宅(2001)」と「武村(1998)」とは、データセットが異なっており、「武村(1998)」の断層面積 S は過小評価であると考えられること

(1) 「入倉・三宅(2001)」のデータセット

「入倉・三宅(2001)」は、「断層パラメータに関して、Somerville et al. (1999) およびMiyakoshi (2001私信) により求められた震源インバージョンの結果に、Wells and Coppersmith (1994) による断層パラメータを加えて、M8クラスの大地震の断層パラメータに関するスケーリング則の検討を試みる。Wells and Coppersmith (1994) のデータについては、信頼性あるものに限定するため、 7.5×10^{25} dyne-cm以上の大きさの地震でかつ信頼できる(reliable)と記述されているもののみ用いる」としている(乙第31号証・854ページ左段)。

すなわち、「入倉・三宅(2001)」においてスケーリング則を策定するために用いたデータセットは、Somerville et al. (1999), Miyakoshi (2001私信) 及びWells and Coppersmith (1994) のうち同論文に信頼できると記載されているものである。

上記Somerville et al. (1999) は、「1971年～1995年に発生し

た内陸地殻内地震 (M_w^{*5} 5.7~7.2) の15個の震源インバージョン解析から得られた断層面の不均等すべり分布に基づき、震源パラメータ (断層面積, 変位, アスペリティ面積など) について統計的解析を実施し、それらのパラメータが一定のスケーリング則に従うことを明らかにした」ものである (入倉孝次郎=宮腰研=釜江克宏「強震動記録を用いた震源インバージョンに基づく国内の内陸地殻内地震の震源パラメータのスケーリング則の再検討」(以下「入倉(2014)」という。)乙第38号証・1526ページ)。

また, Wells and Coppersmith (1994) については, 「そのうち11の地震についてはSomerville et al. (1999) も震源インバージョンの結果から断層パラメータを評価している。同一地震について求められたWells and Coppersmith (1994) とSomerville et al. (1999) の断層パラメータの比較」をすると, 「断層の長さに関しては, 地表地震断層 (注5) (中略), 伏在断層 (注6) (中略) とともに両者は比較的良く一致している。断層幅 (中略) と平均すべり量 (中略) はばらつきが大きい。断層面積 (中略) は規模の大きい地震では良く一致しているが, 相対的に規模の小さい地震ではばらつきがみられる。地震モーメントは, どちらも地震動記録から求めているので良く一致している。」として, 「これらの結果は, 震源インバージョンによるデータがないM8クラスの大地震に対するスケーリングを検討するとき, Wells and Coppersmith (1994) によりコンパイルされた従来型の解析で得られた断層パラメータが有効であることを示している」と評価されている (乙第

*5 モーメントマグニチュード (M_w) とは, 地震は地下の岩盤がずれて起こるものであり, この岩盤のずれの規模 (ずれ動いた部分の面積×ずれた量×岩石の硬さ) をもとにして計算したマグニチュードをいう。気象庁で用いられているマグニチュード (M) は地震計で観測される波の振幅から計算されるものであり, 規模の大きな地震になると岩盤のずれの規模を正確に表すことはできない。これに対してモーメントマグニチュードは物理的な意味が明確で, 大きな地震に対しても有効であるという特徴がある。ただし, その値を求めるには高性能の地震計のデータを使った複雑な計算が必要なため, 地震発生直後迅速に計算することや, 規模の小さい地震で精度よく計算するのは困難である。

31号証・852ないし854ページ)。そのため、「入倉・三宅(2001)」においては、Wells and Coppersmith (1994)の地震データセットのうちの一部が採用されている。

このように、「入倉・三宅(2001)」において用いられたデータセットは、基本的に、震源インバージョンに基づいているといえることができる。

(2) 「武村(1998)」のデータセット

「武村(1998)」は、「検討に用いる断層パラメータは1995年兵庫県南部地震以外は、佐藤(1989)がその著書の表1-1にまとめたものである」とし(甲第8号証・214ページ左段)、参考文献として、「佐藤良輔, 1989, 日本の地震断層パラメータ・ハンドブック, 鹿島出版会」を挙げている(同号証・225ページ右段)。そして、「武村(1998)」は、地震データセットとして、上記参考文献(佐藤(1998))から抽出した32件の地震データと平成7年兵庫県南部地震の断層パラメータを採用している(同号証・213ページ「Table 1.」)。上記地震データセットにおいて、M8以上の規模の地震は、明治24年(1891年)に発生した濃尾地震のみであり、 $M_0 \geq 7.5 \times 10^{26}$ (dyne·cm)以上の地震規模の大きな地震は10個である。

ところで、日本国内の強震動の観測網については、平成7年兵庫県南部地震を契機に、強震の観測地点が大幅に増やされ、それ以前よりも地震学的情報の収集が充実された。この強震観測網の拡充前は、地震直後の地表断層調査や測地学的な情報から震源パラメータを推定する機会が多く、断層の長さについても、地表断層長さに近いデータしか取得できないことが多かった。

「武村(1998)」のデータセットは、いずれも上記の強震観測網の拡充前のものである。したがって、同論文におけるスケーリング則は、基本的

に測地学データに基づいて提案されたものであるということが出来る。^{*6}つまり、同論文において用いられた地震のデータセットは、基本的に、地震直後に地表に現れた地表断層の長さを断層長さLとして捉えているものと考えられる。

(3) 「武村(1998)」のデータセットに係る震源パラメータを再評価した報告が存在し、断層面積Sが過小評価であると考えられること

「入倉(2014)」において、「武村(1998)」が用いた地震データセットのうち、一定規模($M_w 6.5$)以上の地震について、震源インバージョンの手法を用いて再評価した結果、ほとんどの地震において、震源断層長さLが、「武村(1998)」が用いた地震データセットにおける断層長さLより長いとされ、再評価した震源断層長さLは、「入倉・三宅(2001)」が提案したスケーリング則と調和的であることが報告されている(乙第38号証・1531及び1532ページ)。

このような「武村(1998)」における断層長さLの過小評価は、「武村(1998)」が用いた地震データセットが、前記(2)で述べたとおり、主として測地学的なデータに基づく「地表断層長さ」に近い値を断層長さLとし、その値に係るデータを用いているためであると考えられる。

すなわち、震源インバージョンに基づいて算出される断層は、地震動を励起する震源断層、つまり地中の震源断層である。かかる地中の震源断層の長さとして地震直後に現れる地表の断層の長さは必ずしも一致せず、地中の震源断層に比べて地表の断層は短くなる傾向がある(宇津徳治「地震学〔第3版〕」

*6 上記「日本の地震断層パラメータ・ハンドブック」の中には、断層面の面積を余震分布から推定している地震や(例えば、昭和51年(1976年)に発生した河津地震など)、測量等の測地学データに基づいて震源インバージョンにより断層面を推定するなどした地震(例えば、昭和2年(1927年)発生した北丹後地震など)も存在する。しかしながら、強震観測網が拡張された平成7年の前後で、我が国における地震に関する情報量が大きく異なる点は留意すべきである。

乙第39号証・226ないし229ページ参照)。そして、「武村（1998）」は、地震規模の大きな地震について断層幅 W を13キロメートルに固定しており、断層面積 S の数値が断層長さ L に依拠していることからすれば、断層面積 S も同様に過小評価となる。地震モーメント M_0 は地震観測記録から算出されるものであり、この数値は一定であるから、断層面積 S が過小評価であれば、地震モーメント M_0 と断層面積 S との関係式であるスケーリング則の策定にも影響を与え、地震モーメント M_0 を過大に算出するスケーリング則が策定される結果となる。

(4) 小括

このように、「入倉・三宅（2001）」と「武村（1998）」とは、地震モーメント M_0 と断層面積 S とのスケーリング則を策定するに当たって用いた地震データセットが異なる上、「武村（1998）」における地震データセットの断層パラメータを再評価する報告があり、断層面積 S が過小評価されていると考えられることからすると、これらを見做して両者を単純に比較した結果のみをもって、「武村式」を用いるべきとする原告らの主張は科学的根拠を欠くから、「武村式」を用いないことが不合理とはいえない。

第4 「武村式」を適用して加速度を算出すると、「入倉・三宅式」を適用した場合の4.7倍になる旨の原告らの主張が妥当でないこと

- 1 原告らは、「武村式」を適用した場合、地震モーメント M_0 が「入倉・三宅式」における地震モーメント M_0 の4.7倍となり、その場合、地震動加速度も4.7倍になるため、それらの加速度に基づいて設定した基準地震動も「入倉・三宅式」を用いた場合の4.7倍になるから、各起因事象が発生した場合の対象設備の耐震裕度をはるかに超えてしまう旨主張する（訴状第5・16ないし23ページ）。
- 2 しかしながら、上記第3のとおり、「入倉・三宅式」と「武村式」では断層面積 S の捉え方が異なり、また、「武村式」では、断層面積 S を過小評価し、

その結果、地震モーメント M_0 を過大に算出する傾向にあったといえるのであるから、それらの点を考慮することなく、単純に両式によって算出される地震モーメント M_0 を比較している点で、科学的な合理性を欠いており、原告らの上記主張には理由がない。

以 上

被告第6準備書面：略称語句使用一覧表

事件名 佐賀地方裁判所平成25年（行ウ）第13号

玄海原子力発電所3号機，4号機運転停止命令義務付け請求事件

原告 石丸ハツミ ほか383名

略称	基本用語	使用書面	ページ	備考
武村（1998）	日本列島における地殻内地震のスケーリング則—地震断層の影響および地震被害との関連—	第6準備書面	5	
入倉・三宅（2001）	シナリオ地震の強震動予測	〃	5	
基準地震動による地震力	当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力	〃	6	
地震動審査ガイド	基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド	〃	10	
基本震源モデル	震源特性パラメータを設定したモデル	〃	10	
地震本部	地震調査研究推進本部	〃	11	

地震等基準検討チーム	断層モデルを用いた手法による地震動評価に関する専門家を含めた発電用軽水型原子炉施設の地震・津波に関わる規制基準に関する検討チーム	〃	17	
------------	--	---	----	--

被告第6準備書面：用語集

(注1) 時刻歴波形 (じこくれきはけい 8ページ)

地震波の到達によって起こされた評価地点での地震動が時間の経過とともに生じる変化を表したもの。変化の指標として、加速度、速度、変位があるが、強震動予測においては、加速度の時間変化を指すことが多い。

(注2) 応答スペクトル (おうとうすぺくとる 8ページ)

評価地点における地震動の周期毎の最大応答値を算出し、周期と最大応答値をグラフ化したもの。応答値としては、加速度、速度、変位があるが、強震動予測においては加速度の応答スペクトルを指すことが多い。

(注3) グリーン関数 (ぐりーんかんすう 15ページ)

ある地点に入力された情報が伝播し、評価地点で確認される応答を求めるもの。

(注4) 震源特性化 (しんげんとかくせいか 15ページ)

強震動を再現するために必要な震源の特性を主要な断層パラメータで整理すること。(地震本部レシピ付録3-1ページ注釈)

(注5) 地表地震断層 (ちひょうじしんだんそう 24ページ)

地震を引き起こした震源断層のずれ(の一部)が地表にまで達したものの。

(注6) 伏在断層 (ふくざいだんそう 24ページ)

沖積層が厚く堆積している地域などでは、地下にこれまで繰り返し活動してきた断層が存在しても、繰り返しの断層運動により累積したずれが、必ずしも地表には現れない。このような断層を伏在断層という。