

令和5年(㊄)第1号 老朽美浜3号機運転禁止仮処分申立事件

債権者ら 林 広和ほか8名

債務者 関西電力株式会社

## 準備書面(12)

～すべりの不均質性が短周期地震動を生成することについて～

2024年1月19日

福井地方裁判所御中

債権者ら代理人 河 合 弘 之

同 井 戸 謙 一

同 笠 原 一 浩

ほか

## 第1 はじめに

既に主張したように、基準地震動ガイド（甲第31号証）は、震源極近傍地震動に対する特別考慮を求めた3.3.2.(5)において、わざわざ「浅部における断層のずれの進展の不均質性が地震動評価へ及ぼす影響を検討する」ことを明記している。

債権者らは、この規定は、浅部断層から生成される短周期地震動に対する考慮を求めたものである旨主張している（債権者ら準備書面(3)、同(10)の第2の2）。

そして、野津意見書（甲第137号証の1）は、「強震動の専門家の間では、断層面上におけるすべり（ずれ）の不均質性が短周期地震動の成因となることは常識であり、すべりの不均質性の影響を考えるとということは、短周期地震動の生成を考えるとということとほとんど同義である」と述べている（9頁2～5行目）。

また、債権者らは、野津意見書を裏付ける文献として、小山順二の「短周期地震波の方位依存性」と題する論文（甲第142号証）を提出した。これには、「周期が数分の一から数十分の一秒の短周期地震波はその波長も短い。震源近傍での不均質な構造の影響を強く受ける。微細な構造で反射、屈折をくり返し、地震波振幅も場所、周期により激しく変化する。このような地震波は、もともと断層面上の不均質領域（断層パッチ）のランダムな破壊に依存していると考えられる。」（398頁11～14行目）、「短周期の地震波は断層の微細な不均質領域が破壊することにより励起される。」（402頁19行目）と書かれている。

## 第2 書証の追加提出

今般、債権者らは、「断層面上におけるすべり（ずれ）の不均質性が短周期地震動の成因となる」事実の立証として、次のとおり、甲第169号証～173号証を提出した（枝番は訳文である。）。これらの文献には、次のとおり書かれている。なお、「高周波」は「短周期」と同義であることに留意いただきたい。

### 1 Somerville・入倉論文（甲第171号証の1，2）

「震源の特徴を明らかにする問題の重要な側面は、断層の不均一性の程度、

または粗度である。不均一性は、静的すべり、すべり速度、または破壊速度の局所的な変動として現れる場合がある。3つすべてが相互依存しており、それぞれが高周波放射に大きく寄与する。」(甲第171号証の2・60頁5～7行目)

2 武村・池浦論文(甲第172号証の1, 2)

「高い周波数の強い地震動は、高周波は断層面の細部にわたる不規則性や地球の構造の不均一性といった敏感さがあるため、決定論的モデルでは複雑すぎてシミュレーションできない。断層面の不規則性に関する困難さを避けるために、少数の統計パラメータで特定される確率論的モデルが提案されている。それらの結果は、断層面の不規則性が高周波の励起の重要な要因である一方、低周波の励起は断層面上の平均変位または平均応力降下によって説明できることを示した。」(甲第172号証の2・89頁「1 導入」の1～7行目)

3 泉谷論文(甲第173号証の1, 2)

「HASKELL'S (1964) のような決定論的震源モデルは、観測された長周期地震波を十分に説明できるが、短周期地震波は説明できない。なぜなら、実際の地震の断層過程は震源モデルで想定されているほど滑らかではないからである。断層が発生したプロセスの複雑さが短周期地震波の放射において重要な役割を果たし、短周期地震波の放射機構の物理的説明は、断層面の不均一な特性を考慮するさまざまな確率的ソースモデルによって説明されてきた。」(甲第173号証の2・511頁「1 導入」の1～8行目)

4 APOSTOROSS・安芸論文(甲第174号証の1, 2)

「最近、地震工学の必要性に動機づけられた地震学者たちが、彼らの注意を強い地震動のモデリングと予測に向けられるようになった。このような動きは、断層の詳細に関連する高周波コンテンツで特徴づけられる。これらの詳細は、断層面上でのさまざまな物理的特性の不均一な分布から生じ、この論文では断層の不均一性と要約して呼ぶ。」(甲第174号証の2・693頁「導入」の1～4行目)

5 小山順二「伝播性破壊確率モデルと地震の震源スペクトル」(甲第175号証)

「伝播性破壊確率モデルと名付けた前章の震源モデルは、①地震モーメン

ト、②断層の幅や長さ、③不均質性の大きさ、④不均質性の平均的長さの4つのパラメータで表現される。前2者は従来考えられてきた長周期地震学から記述される震源パラメータであり、後2者は断層の不均質性を表すパラメータで短周期地震波の励起に深くかかわっている。」(232頁「§4. 結論」1～4行目)。

### 第3 結論

上記各証拠によって、「断層面上におけるすべり(ずれ)の不均質性が短周期地震動の成因となる」事実は十分に立証されたものとする。したがって、「浅部における断層のずれの進展の不均質性が地震動評価へ及ぼす影響を検討する」ことを求めた基準地震動ガイドの趣旨は、これによって生成される短周期地震動についての考慮を求めたものとの結論は動かない。

これに対し、債務者は、川瀬意見書(乙第271号証)に同調し、上記基準地震動ガイドの趣旨は、「地表変位の評価にあたって浅部断層において長周期生成域(LMGA)と小すべり域の設定等を適切に行うべき」との趣旨と主張する(債務者主張書面(6)73頁下から10～8行目)が、長周期地震動(低周波地震動)は、決定論的震源モデルで十分に説明でき(上記第2の3)、地震モーメント及び断層の幅や長さで表現することができ(上記第2の5)、高周波地震動のような、断層面の細部にわたる不規則性等に対する敏感さはなく、断層面上の平均変位又は平均応力降下によって説明できる(上記第2の2)のであるから、長周期地震動の影響を考慮するにあたって基準地震動ガイドにわざわざ「断層のずれの進展の不均質性が地震動評価へ及ぼす影響を検討する」ことを求めるとは考えられないのである。

債務者の主張は不合理である。

### 第4 付論

本年1月1日に起こった令和6年1月1日能登半島地震(以下「本件地震」という。)は、原子力発電所の安全性についても重大な教訓を残した。最後にこの点について触れたい。なお、本項は、新たな争点を提示する趣旨ではなく、原発の耐震安全性判断についての基本的な視点について念を押す趣旨の記述である。

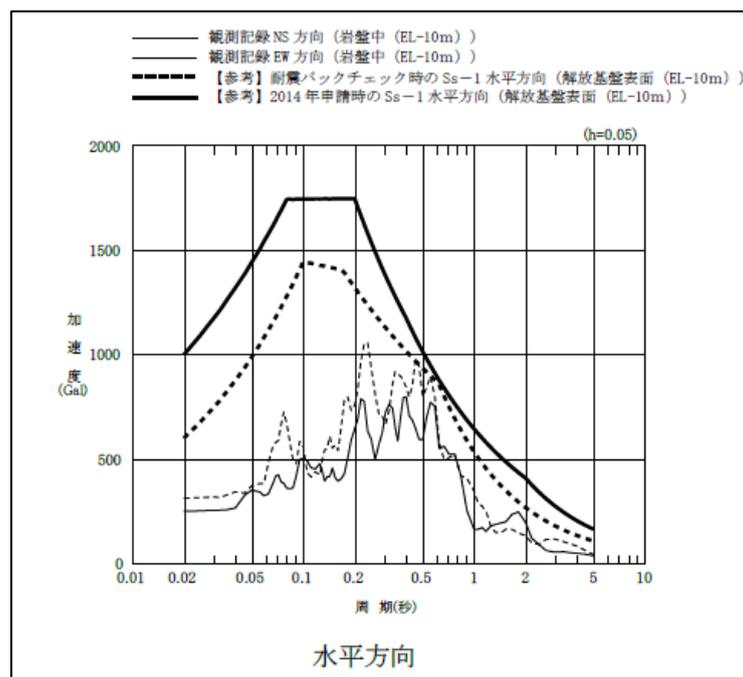
## 1 本件地震の発生

2024年1月1日午後4時10分、石川県能登地方を震央とするマグニチュード7.6の地震が発生し、石川県羽咋郡志賀町で震度7を記録したほか、能登地方の広い範囲で震度6以上の北海道から九州にかけて震度6以上の揺れを観測した。これによって、志賀町のK-NET 富来観測点で2828ガル（三成分合成）の大きな加速度を観測した。推定される震源断層は、北東-南西に延びる150km程度の主として南東傾斜の逆断層であると考えられている。（甲第176号証）

## 2 志賀原子力発電所を襲った地震動と同発電所で発生したトラブル

### (1) 志賀原子力発電所を襲った地震動

本件地震によって、石川県羽咋郡志賀町に所在する北陸電力志賀原子力発電所を襲った地震動のデータは、甲第178号証、179号証のとおりである。これによって、志賀原子力発電所の解放基盤表面と同じ深さにある岩盤（EL-10m）の観測記録中、水平方向（EW方向）の応答スペクトルが、一部の周期帯（周期0.4545秒）で、耐震バックチェック時の基準地震動（969ガル）を超える979ガルを記録したことがわかった。応答スペクトル図（甲第178号証5頁）を下記に引用する。



北陸電力株式会社自身が述べているように（甲第178号証2頁の「3まとめ」中の3～4行目）、上回った周期帯付近を固有周期とする安全上重要な施設がないことから耐震健全性が確保されたに過ぎず、卓越した周波数がずれていれば、どのような深刻なトラブルが生じたかわからない。

ところで、基準地震動と比較すべきは、地中の観測記録そのものではなく、これを剥ぎ取り解析した値である（債権者準備書面(10)24～26頁をご参照）。今後、北陸電力が上記観測記録を剥ぎ取り解析すれば、基準地震動を上回った程度はもっと大きく、上回った周期帯はもっと増加する蓋然性がある。

(2) 志賀原子力発電所で発生したトラブル

上記地震によって、北陸電力志賀原子力発電所では、次の影響を受けた（甲第177号証）。

ア 止める・冷やす・閉じ込める機能

(ア) 1号機

使用済み燃料プール冷却浄化系ポンプが地震直後にトリップしたが、16時49分ころに再起動した。使用済み燃料プールのスロッシングにより溢水が発生した。

(イ) 2号機

使用済み燃料プールのスロッシングにより溢水が発生した。

イ 電源

(ア) 1号機

受電していた外部電源（志賀原子力線）が変圧器からの油漏れで使えず、赤住線に手動で切り替えた。

(イ) 2号機

受電していた外部電源（志賀中能登線）が変圧器からの油漏れで使えず、志賀原子力線に手動で切り替えた。

ウ その他

(ア) 1号機

- a 起動変圧器からの油漏れが発生
- b 放水層及び補機冷却排水連絡槽防潮壁の基礎に鎮火並びに防潮

壁の傾き発生

- (イ) 2号機
  - a 主変圧器からの油漏れが発生、なお海綿状に油膜が浮いていた。
  - b 取水槽内の海水面が通常より約3m上昇
- (ウ) その他
  - a 物揚場コンクリート舗装部に沈下発生
  - b 高圧電源車のアクセスルートに段差を確認

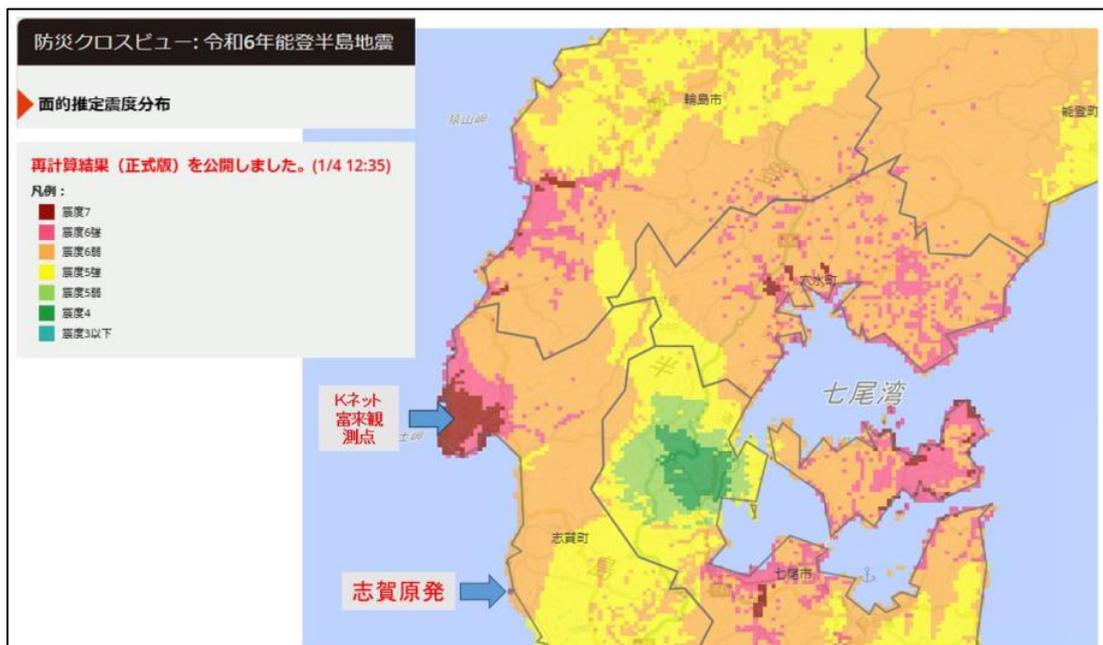
3 志賀原子力発電所が重大事故に至らなかったのは偶然によるものであること

結果として、志賀原子力発電所は重大事故に至らなかったが、これはいくつかの偶然的な要因によるものであった。以下、そのことを述べる。

(1) 志賀原子力発電所周辺の震度

各地の震度は、国立研究開発法人防災科学技術研究所の公表によると、次のとおりである。(K-NET 富来観測点と志賀原子力発電所の位置を加筆した。)

【 <https://xview.bosai.go.jp/view/index.html?appid=41a77b3dcf3846029206b86107877780> 】



これによると、震度7の揺れに襲われたのは志賀町全域ではなく、北部のK-NET 富来観測点周辺だけであり、志賀原子力発電所付近は、震度6弱程度だったことがわかる。志賀原子力発電所のトラブルが上記2の(2)程度にとどまったのは、そのことが大きな要因である。

## (2) 地盤の隆起について

本件地震では、珠洲市、輪島市、志賀町にわたる海岸線約85kmにわたって陸地が隆起した。その隆起高は、顕著なところで約4mにも及び、海岸線が200m以上後退した場所もあると報道されている。

国土地理院によると、地震後に陸化した地域は、下記の赤色の範囲だということである。

[【https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/20240101noto\\_pwr.html】](https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/20240101noto_pwr.html)

SAR強度画像で捉えられた沿岸域の陸化域 **NEW**

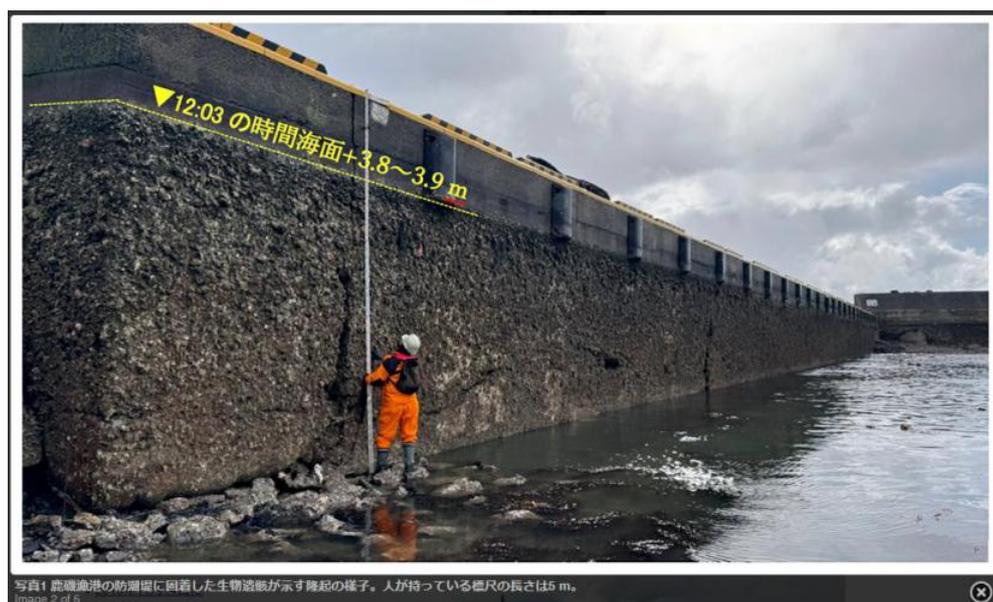


[解析範囲全域の強度画像・RGB画像を地理院地図で閲覧](#)

上記赤色表示区域の約7km南側に志賀原子力発電所がある。志賀原子力発電所は、奇跡的に土地の隆起範囲に含まれなかった。もし、志賀原子力発電所敷地が隆起していれば、建屋や施設の深刻な損傷は免れなかったであろうし、海水の取水が不可能か、少なくとも極めて困難になっていたことが容易に推測できる。この点でも、志賀原子力発電所は、大惨事を免れたのである。

地盤の4 mもの隆起がどの程度のものなのか、産業技術総合研究所地質調査総合センターのホームページの写真を引用するので、これで把握していただきたい。

【 [https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/noto2024/noto2024-04.html?fbclid=IwAR10wYoDSuDG2-qGnLRFv7YrQwyTwwLN6DZAAXzNKgWjDgfa\\_Qr5KyGR5z4](https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/noto2024/noto2024-04.html?fbclid=IwAR10wYoDSuDG2-qGnLRFv7YrQwyTwwLN6DZAAXzNKgWjDgfa_Qr5KyGR5z4)】



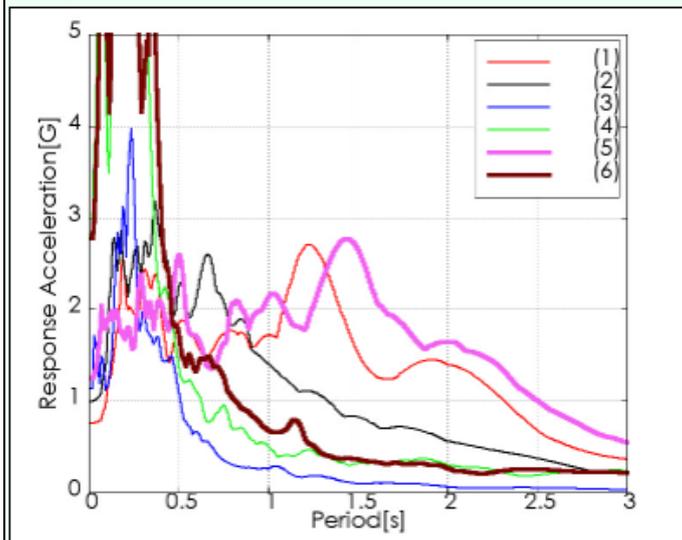
(3) K-NET 富来観測点の地震記録について

京都大学防災研究所境有紀研究室のホームページ (<https://sakaiy.main.jp/jsd.htm>) では、本件地震の観測記録のスペクトル解析をしている。

( [http://higaisuitei.html.xdomain.jp/eqreport/s2401\\_2.htm?fbclid=IwAR1fZEQkSnchiN4ZY9D0TeHTDQ1kVMkgw21coUJbDyrh3MuWBFmipbPJWQY](http://higaisuitei.html.xdomain.jp/eqreport/s2401_2.htm?fbclid=IwAR1fZEQkSnchiN4ZY9D0TeHTDQ1kVMkgw21coUJbDyrh3MuWBFmipbPJWQY))

本件地震で最大の地震動を記録した K-NET 富来観測点の地震動のスペクトル解析の結果は、次のとおりである（下記グラフの茶色の線）。同図には、比較のために、過去の大地震における観測記録及び本件地震の際の K-net 穴水観測点の観測記録が記載されている。

また、特に震度の大きな弾性加速度応答スペクトルを過去の強震記録と比較して示す



(1)兵庫県南部地震JR鷹取(2)新潟県中越JMA小千谷(3)三陸南JMA大船渡  
(4)東北地方太平洋沖地震K-NET築館(栗原市震度計)(5)K-NET穴水(6)K-NET富来

横軸は周期、縦軸は加速度（単位はG、すなわち重力加速度約 980 ガル）である。富来観測点の地震動は、周期0.5秒以下の極短周期の地震動が極めて大きなものであったことがわかる。その数値はグラフの上限（5G、すなわち4900ガル）を突き抜けていて、最大数値が何ガルに及んだのか分からない。ところで、一般の木造住宅の固有周期は1～2秒であり、この周期の地震動を「キラーパルス」という。キラーパルスの強い地震では、木造住宅が多数倒壊する。これに対し、原子力発電所の施設の固有周期は、殆どが0.5秒以下の極短周期であり、原子力発電所は、極短周期の地震動に極めて弱いのである。

志賀原子力発電所の各施設の固有周期は、甲第178号証に記載されている。このうち1号炉の固有周期が書かれている部分（7頁）を下記に引用する。

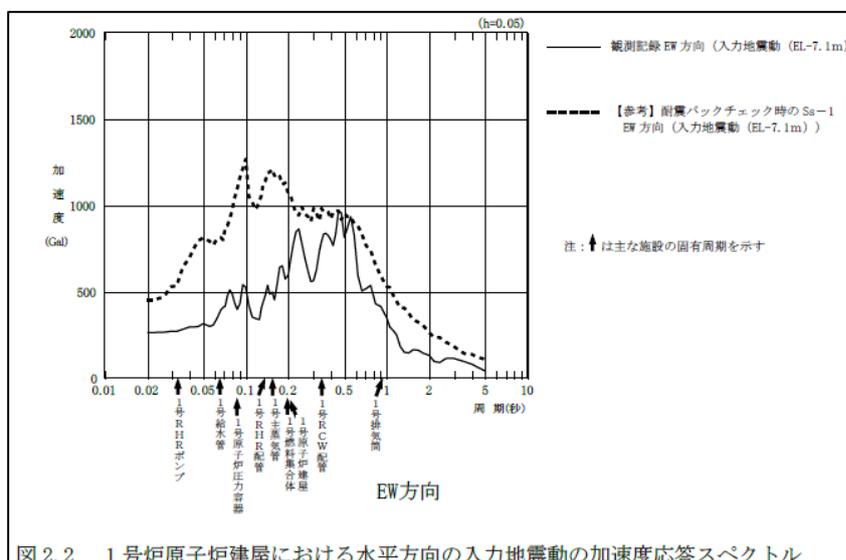


図 2.2 1号炉原子炉建屋における水平方向の入力地震動の加速度応答スペクトル

ここには1号炉原子炉建屋の各施設の固有周期が記入されている。各施設の固有周期は、RHRポンプが約0.03秒、給水管が約0.06秒、压力容器が約0.08秒、RHR配管が約0.13秒、主蒸気管が約0.15秒、燃料集合体と原子炉建屋が約0.2秒、RCW配管が約0.33秒だということがわかる。仮に、富来観測点を襲ったような極短周期が極めて強い地震動が志賀原子力発電所を襲ったとすれば、同原子力発電所は深刻なダメージを被っていた可能性が高い。これも又、志賀原子力発電所にとってはせめてもの幸運であった。

## 7 まとめ

日本の各地に地震計が張り巡らされ、精度の高い観測データがとられるようになったのは、1995年の阪神淡路大震災以降であり、たかだか30年弱のデータが集積されているにすぎない。その間、強震動学は一見精緻に見える議論を積み重ねてきたが、現実には発生する地震は、それまでの常識を覆すようなものが多かった。東北地方太平洋沖のプレート境界の存在は知られていても、南北500kmにもわたって連動する東北地方太平洋沖地震のような巨大地震が起きると予知していた地震学者はいなかったし、短時

間の中に震度7の揺れに立て続けに襲われる益城町のような事例も想定されていなかった。そして、本件地震においても、能登半島北部海域の150 kmもの断層が連動することは予想されていなかったし、陸地が4 mも隆起し、海岸線が200 mも遠ざかるような事態も想定されていなかった。本件地震の教訓は、強震動学がそれなりの発展をしてきているとはいえ、地震について我々はまだまだ知識が十分でなく、その発生時期についても、地震の規模についても、態様についても、正確に予知する能力はないということである。

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という要職にある野津厚博士がいわれるように、「強震動研究およびそれに関連する研究分野では、これまでの数十年間、被害地震が起こる度に、それによって知見が塗り替えられて」きて、「パラダイムシフトが繰り返しおきて」きたのであって、「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いない」のである。そして、「今後も『考えてもいなかったような場所で』『考えてもいなかったような規模の地震が』『考えてもいなかったような起こり方で』起こり、それによってパラダイムは変わっていくと考えられる」のである。したがって、「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」なのであって、「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」なのである。

(甲第180号証4～5頁)。

原子力発電所における基準地震動の策定等の対地震対策の合理性判断は、この認識を出発点にしなければならない。

以上