

# 地震と原発の不都合な関係 ～強震動予測を巡って～

東井 怜

国内で初めて震源直近の地震記録が多数観測された1995年兵庫県南部地震、そのころから始まる「大地震活動期」にあって、各地の原子力発電所も例外なく、建設時想定しなかったような強震動を経験し始め、設計用地震動を超えるケースも出てきた。原子力規制行政はその都度要因分析を電力会社に課し、それをもとに学識者による検証作業を重ねてきた。だが、こうした検討は時として非常に歪められてきた。「原発震災」という惨禍を経験し、規制のシステムが改められてもなお、その欠陥が克服されるという期待感がもてない。東日本大震災前に原発で観測された強震動事例に沿って、規制行政や電力会社の対応を振り返り、原発の基準地震動の策定方法を見直すべき機会が多々見逃されてきたことを述べ、その理由を探りたい。

## 1. はじめに

1995年1月17日、兵庫県南部地震が発生した。チェルノブイリ原発事故（1986年4月）から10年も経たないころのこと、この2つを重ね合わせて、ほどなく地元住民や反原発を主張する市民の間で原発の耐震性に対する不安が増大し、当時の原子力規制官庁は、耐震設計審査指針（1978年制定、1981年一部改訂 以下旧指針）の無かつた時代に建設された初期の原発28基に関する耐震安全性の確認を行わざるを得なくなった。また、原子力安全委員会（科学技術庁）は「平成7年兵庫県南部地震を踏まえた原子力施設耐震安全検討会」を設置し、安全審査に用いる関係指針類の妥当性の検討を始めた。だがその結論は「兵庫県南部地震を踏まえても、その妥当性が損なわれるものではないことを確認した」というもので、その年の9月には報告書が公表された（原子力安全委員会、1995a）。初期の原発28基については、大方の基準地震動が格上げされたものの、取り立てて耐震補強工事を行ったという報告もなく、いずれも耐震上問題なしとされた（原子力安全委員会、1995b）。

筆者の地震学への関心は阪神・淡路大震災に端を発する。秋になって淡路島や神戸市内を訪れ、地震のエネルギーに驚愕した。それと前後して原子力安全委員会の報告書を仔細に見たところ、70頁余の本文には課題満載なのに、結論だけは飛躍して太鼓判を押している。科学的とはとてもいえないのではないか、これが原子力規制行政の常套手段かと、初めて具体的に『原子力の安全性に対する国のお墨付き』に疑惑を抱くこととなった。以来、原発が大地震に耐えられるだろうかという疑問が、次々と起こる地震を通して届く自然からの警告と向き合うなかで、次第に原発震災（石橋、1997）の危惧へと膨らんでいった。2001年に原子力安全委員会における耐震設計審査指針の改訂作業が開始されると、その第1回から傍聴し、5年越しの耐震指針検討分科会をフォローし、続

けて原子力安全・保安院（以下、保安院）及び原子力安全委員会による耐震バックチェック審議も見守り、特に東海地震による浜岡原発震災の未然防止に取り組んできた。

だが、とうとう2011年3月11日、福島で原発震災を招いてしまった。いまだに事故は収束できず、環境への放射能の放出が続くなかで、全機停止をやむなくされた既設の原発に対し、新規制のもと再稼働をめざして次々と審査が進められていく。筆者は地震学会会員ではあるが地震学者ではない。しかしながらこれまでの経験を踏まえて、市民の目から地震学と原発の関係を振り返ってみた。不幸な結果を招いてしまった後のことをゆえ、今更の思いは強い。だが地震に関する審査ガイドは、津波が新たに加えられたのみで、改善されたとはいえない。本稿がさらなる惨禍を断つための議論を進める一步になればと願う。

## 2. 兵庫県南部地震後の検証

「平成7年兵庫県南部地震を踏まえた原子力施設耐震安全検討会」報告書は、2015年1月現在規制委員会のHP、旧組織等の情報→「第44回原子力安全委員会臨時会議 平成7年9月29日」に納められている（原子力安全委員会、1995a）。

報告書は、耐震指針の妥当性の検討に際して、以下の3点を、検討すべき事項として挙げた。

- ① 地震及び地震動の評価方法に問題はないか。
- ② 鉛直地震力の評価方法に問題はないか。
- ③ 活断層評価及び直下地震の規模に係る考え方に関する問題はないか。

それらの検討は、震源に近く（震央距離23km）、時刻歴波形が得られている神戸大を評価地点に選び、そこに原発を建設すると仮定して、審査指針で採用されている地震及び地震動の評価方法、鉛直地震力の評価方法、活断層評価及び直下地震の規模に係る考え方に基づいて基準地震動の応答スペクトルを試算し、これを神戸大における観測結果と比較するとしている。その結果が、いずれも「兵庫県南部地震に照らしても、その妥当性

が損なわれるものではないことを確認した」なのであった。以下に①～③のそれぞれについて、検討会報告とその問題点を記す。

### ① 地震・地震動の評価手法

報告書では、神戸大学で観測された地震動の応答スペクトルに対して、全体的に大きめの値となっている」ことが確認され（図1）現行手法に問題はないとしている。しかし、気象庁マグニチュード（M）7.2 の観測記録との比較によるとする根拠も、漠然と大きめなどという評価によるとする理由も示されず、筆者には到底納得できなかつた。報告書は、全体的に定性的記述に終始し、そこから第三者が報告内容の正当性を客観的に判断するには余りにも基礎的なデータが不足していた。たとえば、考察は速度値に基づき行なわれているにも関わらず、観測波の時刻歴波形図は加速度ばかり示されており、あるいは評価地点とした神戸大の震央距離（23km）も示さないといった具合で、あえて比較できないように伏せたとすら思われるような記述であった。まずはM7.2 の地震を兵庫県南部地震の震源に想定して、既存の経験式による応答スペクトルや時刻歴波形を求め、観測記録と比較することによって、距離減衰式の妥当性を検証すべきだったのではないか。それを可能にするような貴重なデータが得られたのである。だが、そのような検証はどこにも見当

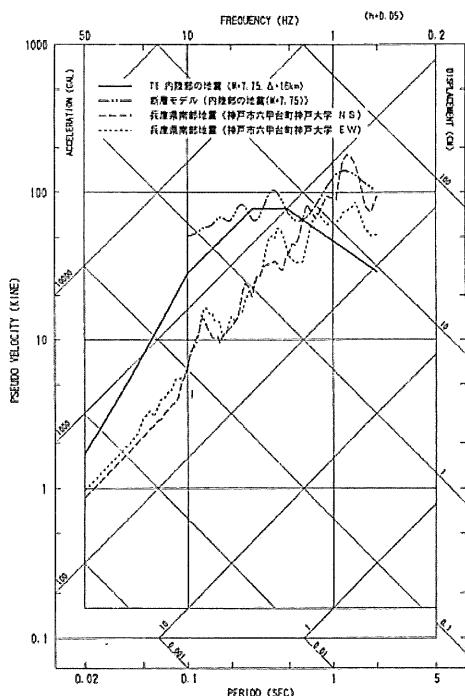


図1 神戸大学において想定される地震の岩盤での擬似速度応答スペクトル（実線）、観測されたスペクトル（破線：南北成分、点線：東西成分）、断層モデルに基づくスペクトル（2点鎖線）の比較。（原子力安全委員会、1995）たらなかつた。

当時各原発の設置許可申請において、解放基盤表面における基準地震動（当時は水平方向のみ）は、「大崎の方法」（大崎、1984）による応答スペクトル法が採用されていた。まず考慮する地震ごとに、マグニチュードと震源距離から、岩盤上の経験式である速度減衰式を用いて評価地点の解放基盤表面における最大速度振幅を求め、これを基に応答スペクトル（大崎のスペクトル）を作成する。次に、それらの応答スペクトルを包絡するように設計用応答スペクトルを設定し、その模擬地震波（速度時刻歴波形）を作成して基準地震動とする。ところが、神戸大におけるこれらの最大速度を、報告書においてはいずれも記していない。検討にあたって想定した地震のリストと、それらの応答スペクトルを重ね合わせた図があるのみだ。国会での質問主意書に対して、応答スペクトルを規定する最大速度振幅（金井式、Kanai and Suzuki, 1958）については、M7.2 の地震に対して 18.4 カイン（cm/秒）であったことをはじめ、検討した地震についてそれぞれ回答したもの、模擬地震波については解放基盤面深さが不明のため作成していない、としている（秋葉議員質問主意書への答弁書、1995）。いっぽう観測記録については、試算と比較するどころか、速度波形も最大速度値も記載せず、なぜか速度波形を微分して作成したという加速度波形と最大加速度値のみを記載している。本文中には、神戸大の水平動の最大速度が NS 成分で 55 カインであると記されているが、金井式による 18.4 カインはこの値の 3 分の 1 にすぎず、現行指針で用いている大崎の方法では観測データを説明できない。

さらに大崎の方法においては、評価地点が震央に近い場合、ある一定の範囲（「震央域外縁距離」といい、マグニチュードによる）内では「震源距離及び応答スペクトルは、震央距離にかかわらず震央域外縁距離に基づいて算定することとされている。」（今村議員質問主意書への答弁書、1995）という。すなわち、マグニチュードごとに決まる「震央域外縁」内の地点ではどこでも、その震央域外縁と同一の最大速度と応答スペクトルが算定され、それ以上大きくはしないということだ。報告書では、地震地体構造に基づく M7.75 の地震の震央距離を 16km としてあるが、検討会では震央距離約 20km 地点における震源距離に置き換えて算出し、最大速度は 27.5 カインになったという（秋葉・今村議員質問主意書への答弁書、1995）。しかし報告書にはこの点についての説明は一言もなく、「震央域外縁距離」の文言すらない。

金井式は岩盤上の経験則ではあるが、遠距離小地震 ( $4.0 \leq M \leq 5.1$ ) のデータに基づくもので、当時近距離データは得られていなかった。震央から 20km 以内の大・中規模地震の観測記録などほ

とんど入手されていなかった頃だから、貴重な実測データを基に、経験式等の妥当性を検証することが必要不可欠だったはずだ。だが、大崎の方法に関して、「検討会は、兵庫県南部地震による地震動の観測値のみをもって同方法の妥当性を評価することは適切ではないこと、兵庫県南部地震による最大速度振幅のうち解放基盤表面における観測値であると確認されたものがないこと」を理由に、大崎の方法に基づく算定法について「ご指摘の評価を行わなかつた」という（秋葉・今村議員質問主意書への答弁書、1995）。現行指針の妥当性を問うと言いつつ、実は現行法に問題はないとして示すための話法であったことが、今ならよく解るのだが。

図1には、大崎スペクトルのほかに、断層モデルによる応答スペクトルも描き加えられている。断層モデルは、原発においては当時まだほとんど活用されていなかったはずであるが、そんなことは断りなく、市民向け資料として長周期の側で採用し合成した結果を配布している。要するに検討会が行ったことは、神戸大に原発を設置する場合、M7.2の兵庫県南部地震を超えるM7.75を考慮することになるから現行指針でよろしい、というにすぎない。それは基準地震動の算定方式以前の問題で、何ら手法に係わる検討でもない。役所の無誤謬性を主張されただけであった。既存の手法を検証するというのであれば、こうした従来の欠陥をまず整理し、その上でより実測に近い結果を導く手法を、改善策として提起すべきであった。

## ② 上下動

原子力安全委員会（1995a）では、大きな上下動が観測されていることを認めつつ、「一般に構造物の耐震設計を支配するのは水平地震力であり、鉛直地震力の影響は小さいもの」「建築基準法を始めとして、鉛直地震力を規定していないものが多い。」と、一般的の建築物並みで良しという従来通りの見解を前提に、新たな知見を探ろうという姿勢はなく、改善の必要性を認めていない。原発は構造物以上に配管、弁、動的機器等々の信頼性が要で慎重な検証が必要だが、その点についても定性的な見解を繰り返すのみで、上下動に限らず原発独自の検証など行っていない。

唯一の定量的評価が加速度比・速度比である。各方面から約200に上る地点の観測データを収集し、埋め立て地盤や構造物の影響の推測される観測記録を除いた125点について、上下動と水平動の比に関する4点のグラフを示している。横軸はいずれも断層からの距離（次の③参照）で対数表示である。図2は、市民側が報告書の図の元データを入手して、横軸を実数目盛に変換した図である。震源に近いほど上下動の割合は高くなり、20キロ以内ではほとんどが耐震設計審査指針で基準とされている0.5を超えることが分かる。と

ころが報告書では距離に関係なくそれらの平均値を算出し、0.45であるから指針は従来通りでよいと結論した。これだけばらつきの大きいデータと、原発の安全性に係わる数値について、平均で語ることは妥当だろうか。さらには、水平動の最大値発生時刻における加速度比（データ数は23に激減、平均値は0.13）を示すグラフ（図3）を挿入し、「平均値は0.1程度、最大値は0.3程度となり、1/2を大きく下回ることとなった」などと記している。地元各地で開催された住民向けの説明会等で配布した科学技術庁のレジュメには図3しか掲載していない。

当時50キロ未満はおろか1~2キロなどという断層至近距離のデータなど得られていなかったのであるから、原子力安全委員会は貴重なデータとして真摯に受けとめ、耐震指針見直しの参考とすべきであった。

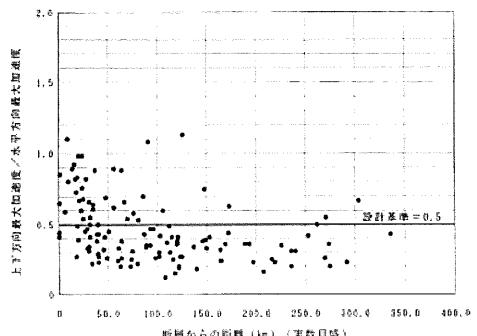


図2 最大加速度の上下動・水平動比（縦軸）と断層からの距離（横軸）。原子力安全委員会(1995a)の元データに基づき作成。

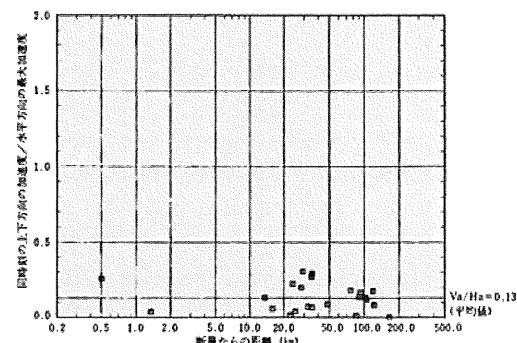


図3 最大水平動時刻における上下動・水平動比（縦軸）と断層からの距離（横軸）。（原子力安全委員会,1995）

## ③ 活断層評価と直下地震

この課題についても原子力安全委員会は、「今回活動したとされる活断層の活動の再来期間は5万年より短い」「「耐震設計審査指針では敷地又はその近傍で活断層が認められない場合においてもM6.5の直下地震による地震動を考慮することとしている。」として、当時の審査指針の

見直しを不要と切り捨てた。

ところが、旧指針より前に設計された原発の基準地震動に対する資源エネルギー庁の見直しでは、このM6.5直下地震の想定を取り入れたことが効いて、基準地震動が引き上げられている。福島第一原発を例にとると、基準地震動S1（設計用最強地震：将来起こりうる最強の地震動で過去の地震とA級活断層の一部を考慮）は180ガル（12.2カイン）、基準地震動S2（設計用限界地震：起こる可能性が低い限界的な大地震で、5万年前以降に活動した活断層と地震地体構造を考慮）は270ガル（20.8カイン）であるが、直下地震の想定370ガル（13.6カイン）を加えてS2を2種類とした。他の原発も同様で全国一律に370～380ガルが加わり、神戸大評価地点と違って近くに長大な活断層がない原発サイトでは、これが最大の基準地震動となった。

ところでこの直下地震はM6.5と想定しているので、震央域外縁距離は明記されていないが7.2km程度で、そこでの震源距離は一律10kmとされている。①に述べたように、大崎の方法によると震央から半径7.2kmの範囲内の最大速度は一定とされ、震源直上といえども同じだから13.6カイン（最大加速度370ガル）というわけだ。果たしてそれでいいのか。

じつは検討会はこの点を検証している。距離減衰式として福島の式（福島、1994）および福島・田中の式（福島・田中、1992）と、本震の観測記録とを比較した図を、入倉（1995）から報告書に転載しているのであるが、前者が速度、後者が加速度であり、横軸は震央距離ではなく断層からの距離を対数目盛で取っており、どちらも断層に近づくにつれて増大する傾向を示す。大崎の方法で用いている震央域外縁距離内一定に反する経験式であり、かつ断層から至近距離あるいは断層沿いでは、強震動は断層からの最短距離に依るという予測式である。ここでは震央距離23kmに位置する神戸大のデータは、最大速度が50カイン強、最大加速度が約300ガルで、断層からの距離約2kmとしてプロットされているのである。報告書では同文献の考察を引用して、今回の観測値が断層からの距離が遠くなるにしたがって小さくなっていること、及び経験式とほぼあっていることを記している。神戸大の55カインは、決して増幅などによる異常値ではないことを確認しているのだ。それでどうして「震央域外縁距離」内速度一定という仮定が観測データに合わないことを認めず、これに基づく現行指針で良いという①の結論になるのか。

こうしたことから、阪神・淡路大震災後、原発に批判的な学識者らの援助を得てにわかに原発の耐震設計を勉強し始めた市民たちは、とくに大崎のスペクトル（金井式ほかの経験式類）は

過小評価であること、活断層の評価期間を5万年で切るのは不適切、直下地震としてM7.2を想定すべき等々を指摘し、国会議員らの協力を得て、旧指針は改訂すべきと科学技術庁交渉等を繰り返した（例えば、秋葉・今村議員質問主意書への答弁書、1995）。地元説明会でも住民は地盤問題を含めこれらの質問で食い下がった。そうした説明会に登壇した検討会委員のなかには、指針の改訂見込をあっさり肯定する学識者もいた。

### 3. 基準地震動を次々と超える強震動記録

#### 3-1. 大地震活動期に入つて

原子力安全委員会の評価にもかかわらず、その後今日までに基準地震動S1とS2を超えるケースが8例も明らかとなっている。基準地震動を超えたか否かは、原発の施設健全性を確認するうえできわめて重要であるが、地震学的には少し違う。地震や地震動の想定が正しいかどうか、ひとつひとつ回帰式が適切か、観測された記録と比べるべきなのだ。その意味で、兵庫県南部地震における検証はスタートラインとして重要であった。ところが結論が先に立ち、算出した基準地震動が兵庫県南部地震の地震動を超えたから妥当、として真実を隠ぺいしてしまった原子力安全委員会の誤謬が、後々まで修正されずに継承してきた。そればかりか政府、電力会社はこの評価の後、原発の耐震安全性のキャンペーンに乗り出した。耐震性に不安を抱く者には、まさに広報宣伝によって安全神話を売り込むとしか見えず、かえって不信を募らせていった。

たしかに原発ではかつて地震動の観測記録は小さかった。最大加速度値は、かなり大きな地震でも数ガルから数十ガルということが続いていた。兵庫県南部地震の少し前の1993年、女川原発が地震で自動停止したことがあった。自動停止の設定値に達しないのに、地震に誘発された出力異常により止まってしまったのだが、このときの記録が121ガルであり、おそらくこれが当時国内の原発で記録された最高記録と思われる。ところがそれは、日本の原発がたまたま大地震に遭遇しなかつたに過ぎないからであることがほどなくわかる（石橋、2014）。

#### 3-2. 地震本部「地震動予測地図」との比較

2005年3月、文部科学省地震調査研究推進本部（以下、地震本部）は「全国を概観した地震動予測地図」（J-SHIS）を初めて公表した（地震調査研究推進本部、2005）。「向こう30年間に3%の可能性」とはじき出された最大速度値を示している。予測マップには最大加速度値は表記されていないため、筆者らは、最大速度値を全国の原発の各サイトで想定されるJ-SHIS予測マップから読み取り、基準地震動の最大速度値と比較してみた（東井、2012）。前者を棒グラフ、後者を折れ

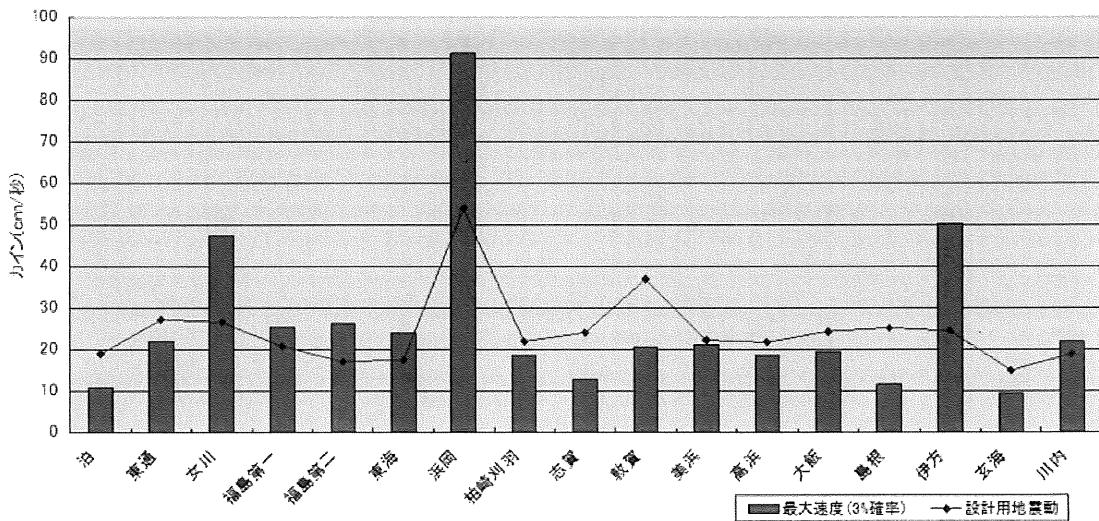


図4 原発サイトにおけるJ-SHISによる最大速度値（期間30年、確率3%，工学的基盤）と基準地震動の最大速度値の比較（東井,2012）

線で示す（図4）。地震本部は、工学的基盤面での予測値を基に地表予測値を割出し、予測マップにはその両方の値を示していた。だがこの工学的基盤面が原発の解放基盤表面とは異なり  $V_s$  (S波速度) を400m/sとしているため、予測値を一律に1.45で除して（地震本部による換算方法）原発の解放基盤面相当の700m/sに修正した上で作成したものである。

この比較により浜岡、伊方、女川の順で基準地震動がJ-SHISの地震動予測よりも低く設定されており、基準地震動が過小に評価されている恐れが浮き彫りとなった。この時点では、さらに福島第一、第二、東海、川内の各原発で、予測マップの方が大きい値を示した。はたして現実はどうなるであろうか。基準地震動を超える実例こそが、地震及び地震動の評価方法の検証を可能してくれるはずだ。

### 3-3. 2005.8.16 宮城県沖の地震（プレート境界地震、M7.2、震央距離73km、震源深さ42km、震源距離84km、最大加速度値251.2ガル）—女川原発で初の基準地震動超過—

この地震で、東北電力女川原発1～3号全基がすべて緊急停止した。設計用最強地震 S1（最大速度20.1カイン、最大加速度250ガル）と並ぶ地震動251.2ガルが保安確認用地震計（1号機）で観測された。その後東北電力が行った解析により、解放基盤面相当の-8.6mに入力した地震波（はぎとり波という）の最大加速度値はNS成分235ガル、EW成分284ガルで、EW成分でS1を上回ったうえ、S2-N（375ガル）の応答スペクトルをも0.05秒前後の短周期領域で超えたと推定された（東北電力、2005a, p12）。

このS2-Nは、直下地震M6.5によるS2地震動

で、3種の基準地震動の応答スペクトルのうち周周期0.2秒より短周期側では最大の振幅をもつが、観測記録はプレート境界地震によるものだから、地震動の評価手法を検証するためにはS2-Nと比較するのは適切ではない。プレート境界地震に対しては、M7.5を考慮してS2-D（325ガル）が設定されている。その応答スペクトルが、S1相当というべきM7.2の地震（2005年宮城県沖）により、機器・配管の固有周期が集中する短周期領域で超えられたことは、深刻に受け止められなければならないかった。女川原発はもちろんのこと、浜岡、福島、東海等、プレート境界地震を考慮すべき地震に抱える原発は、少なくともここで基準地震動の検証を行うべきであった。

こうした解析は、2006年9月に完成する新耐震設計審査指針改訂の最終段階の時期と重なり、原子力安全委員会が設置する指針検討分科会にも持ち込まれた。しかし検討分科会での基準地震動の策定に関する議論は内陸地殻内の地震に主力が注がれ、傍聴していた筆者にはなぜかプレート境界地震には深入りしたくないという雰囲気が感じられ、不審に思った。じつは2002年7月以降、地震本部が進める長期評価の報告書を巡って中央防災会議事務局からの圧力が度々加えられていたことを東日本大震災後知った（柳田、2012a,b; 添田、2014; 福島原発告訴団上申書、2014）。2003年7月には内閣府中央防災会議に、「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」が設置されている。

初めて設計を超える地震動を経験した女川原発に係る規制側の審議は、設備の健全性確認が重点であった。再稼動させることが関心事であったのだ。旧指針では基準地震動S1に対して原子炉設備は弾性範囲にとどまることを要求し、S2に

対しては塑性変形を許すが機能保持を要求している。基準地震動を上回る地震動への耐震性は保証されていない。一般市民は一様に不安を表明した。指針検討分科会でも、耐震裕度の確認には関心を示したが、基準地震動を超えた要因分析としては、女川沖の地震は平均的なプレート間地震から外れるという地域特性に求めた、東北電力と保安院の報告を妥当として終ってしまった。

東北電力は、基準地震動を超えた周期帯に固有周期をもつ設備をはじめ、重要施設に対する点検を行うとともに、安全確認用地震動としてはぎとり波を包絡するような応答スペクトルから時刻歴波形（580 ガル、29.4 カイン）を作成し、地震応答解析を行った（東北電力、2005a, p22）。3 基とも、保安院や原子力安全委員会の審議後、順次運転再開が認められるに至ったが、それは安全確認用地震動に対する女川原発のチェックでしかない。プレート境界地震の地震動特性や伝播特性に関する何らかの徵候を見逃したかもしれない。

3-4. 2003.5.26 三陸南地震（海洋プレート内地震、M7.1、2003 年宮城県沖の地震ともいう、震央距離 48km、震源深さ 72km、震源距離 87km、最大加速度値 225 ガル）—女川原発では 2003 年にも

東北電力は 2005 年宮城県沖地震のはぎとり波を公表した際に、2003 年 5 月の三陸南地震でもはぎとり波の加速度応答スペクトル（最大加速度値は 239 ガル）が極短周期の一部で S1 を上回っていたことを明らかにした（東北電力、2005b）。S2 を超えないとはいっても、この地震は海洋プレート内地震であったから、海洋プレート内地震の想定見直しの機会とするべきであったのに、東北電力は公表すらしなかったのである。

この地震で、福島第一原発（震源から 170 キロ）の記録は NS 成分で 117 ガルであったが、大熊町の K-NET 記録は NS 成分が 72.2 ガル、EW 成分が 91.6 ガル、UD 成分が 54.7 ガルで、原発内の方が大きかった。第一原発は 6 号機の原子炉建屋基礎版での記録である。ここにも、海洋プレート内地震の周期特性や距離減衰式、サイトの地盤特性などに関する貴重な情報が潜んでいたはずである。東北地方太平洋沖地震による福島原発サイトの凄まじい地盤変状を知るにつけて、惜しまれてならない。

3-5. 2007.3.25 能登半島地震（内陸地殻内地震、M 6.9、震央距離約 18km、深さ約 11km、震源距離約 21km、最大加速度値 225 ガル）—能登半島地震で S2 応答スペクトルも超過—

北陸電力志賀原発では、この地震で「計測震度 6.0」すなわち「震度 6 強」を記録した。速報用計測震度計が 1 号機原子炉建屋基礎版上（地下最下階）に設置されていると知って、筆者が問い合わせ

せたものである。最大加速度値 225 ガルもこの震度計の記録だという。幸い 1・2 号機とも運転停止中であった。

北陸電力の解析によると、-10m の解放基盤面でのはぎとり波は、最大加速度値が 292 ガルで S1 (375 ガル) も S2 (490 ガル) も超えないものの、応答スペクトルは原子炉建屋、燃料集合体の固有周期に等しい 0.2 秒あたりで S1 を超え、さらに長周期では S2 も超えている（図 5）（北陸電力、2007, p8）。北陸電力は 2005 年女川原発と同様、はぎとり波を包絡するよう修正した応答スペクトルから模擬地震波を作成し（図 6）、地震応答解析を行って運転再開を認められた。この模

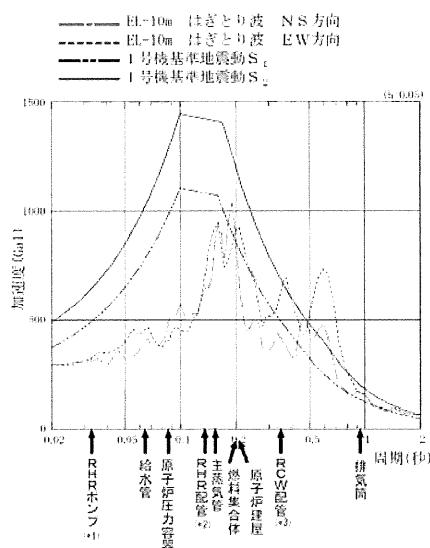


図 5 志賀原発における 2007 年能登半島地震のはぎとり波（赤：南北成分、青線：東西成分）と基準地震動 S1（二点鎖線）、S2（実線）の比較（北陸電力、2007）。原発の主要設備の固有周期も示す。

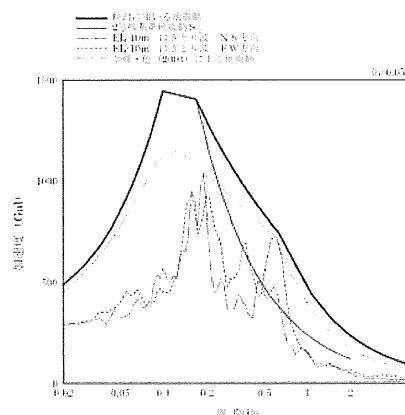


図 6 志賀原発の地震応答解析に用いられた加速度応答スペクトル（太実線）と基準地震動 S2（細実線）、はぎとり波（図 5 同じ）、加藤他（2004）による地震動（三点鎖線）の比較。（北陸電力、2007）

擬地震波は長周期側のみの修正のため、S2 の最大加速度値は 490 ガルで従前と変わることはな

かった（北陸電力，2007，p36）。

3-6. 2007年7月16日中越沖地震（浅部伏在断層、M6.8、震源深さ約17km、震央距離約16km、震源距離約23km。最大加速度値680ガル）－柏崎刈羽原発で原発震災の予兆－

原発が初めて本格的に地震の襲撃を受けた。破損・変形・ひび・剥離、はそれぞれ1000件程度、水漏れ・油漏れは合わせて600件余、電源喪失・地絡も多々あり、翌年1月末までに3,270件の被害を数えた。原発周辺が厳しい震災状況のなか、地盤沈下による変圧器火災の消火に手間取り、海への汚染水流出や大気中の放射能漏れを起こそなど、福島原発震災の予兆ともいべき現象が多々みられた。

この地震は、阪神・淡路大震災後東京電力が「活断層がないことを確認している」と強力に宣伝していた地点で発生した。活断層、震源断層探しに時間を費やし、断層モデルも種々提案されたが、最終的には東大地震研や産業技術総合研究所などにより、柏崎刈羽原発の敷地の直下、ほぼ敷地境界線まで、既知の海底活断層F-Bが伸びていると認定された（原子力安全委員会、2008）。震源断层面直上に原発を建ててしまったことが、原発被災の最大の要因である。

地震発生から10か月後によく公表された東京電力の報告書（東京電力、2008a）からはそのほかにも数々の新事実が明らかになった。7基のプラントに残された強震計記録は、互いに大きく異なる地震動を示し、それらを基に解析された東京電力のはぎとり波は、基準地震動S2（450ガル）の1.2～3.8倍とまちまちで、最大は1号機のEW成分1699ガルだ（図7）。7基のうち1～4号が柏崎市に、5～7号が刈羽村に立地するが、とりわけ大きいのは柏崎側で4基とも1000ガルを超える。応答スペクトルは全周期にわたって完全にS2を超えている（図8）。增幅の要因は、主に原発サイトの地盤が深さ5～6km以浅で大きくうねり、地震波を屈折させた結果とされた（東京電力、2008a, p76）。

幸いなことに、原子炉建屋基礎版への入力地震動は、最大の1699ガルを受けた1号機でも680ガルだから、水平成分振動は4割に減衰することになる。減衰した理由は埋め込み効果で、45mも埋め込まれた半地下式原発であったからだという。それでもS2に対する1号機基礎版の応答は273ガルであったから、設計用地震動の約2.5倍もの強震動に襲われたことになる。上下方向に関しては埋め込み効果は少なく、特に6号機の入力波は水平成分観測波（322ガル）を超える488ガルを記録した。

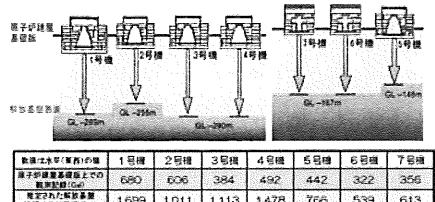
地元では地盤が悪いことは周知の事実であり、建設当初より反対運動の大きな理由の一つでもあった。別名「トーフの上の原発」と揶揄され、

柏崎側4基と刈羽側3基の中間地は「蟻地獄」と呼ばれ東京電力も立地を避けている。1号機地震観測小屋の計測震度計は「震度7」を記録、5号機地震観測小屋では、地表レベルとしては最大の加速度EW成分1223ガル、水平方向合成値1567ガルを記録し、サイトの内外を問わずいずれもこの地震における最大を記した。これだけ劣悪な地盤に原発を7基も建設してしまったことが判明した今、再稼働のための審査を進める前に、地元や首都圏を始めとする消費者を含めて公論を図るべきではないか。

柏崎刈羽原発には総数97台の地震計が設置されていたが、観測波形がとれたのはその3分の1、残りは旧式でメモリー不足のため本震のデータは失われてしまったという。東京電力ではその理由を、ICメモリー容量が40MB、測定可能範囲が1000ガルであったためなどと説明した。いかに地震を甘く見ていたかが分かる。その他、柏崎刈羽原発の被災に伴う情報を筆者は、耐震指針改訂の経緯などとともに、浜岡原発震災への警鐘のため、その時々のホットニュースとしてインターネット新聞に投稿してきたが、結果的に福島原発震災の予告編となってしまった。3.11後過去記事す

4. 新潟県中越沖地震時の各号機解放基盤表面における地震動の推定

■1号機から5号機で観測された地震観測記録に基づき、設計時の解放基盤表面と原子炉建屋基礎版上の階位を参照して、解放基盤表面における地震動の推定を実施した。  
■本震時に原子炉建屋周辺の地盤で地中の記録が得られていないこと、建屋と地盤が大きくなりれた影響が含まれていること等の条件を考慮して、各号機の計算結果が原子炉建屋基礎版上の観測記録と整合するよう地盤の応答解析を実施した。



階位(水準/高さ)の階	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機
解放基盤表面までの高さ	680	606	384	492	442	322	356
解放基盤表面までの震度	1,699	1,011	1,113	1,478	766	539	613
解放基盤表面までの強震動	2.3-3.8					1.2-1.7	
解放基盤表面までの強震動							

図7 中越沖地震時の柏崎刈羽原発の各号機原子炉建屋基礎版上の観測値から推定された、解放基盤における地震動（東京電力、2008b）

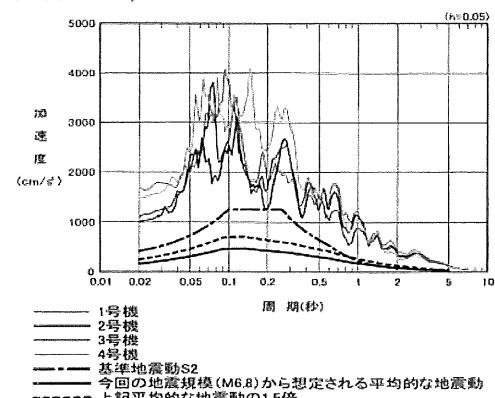


図8 中越沖地震時に柏崎刈羽原発1～4号機で推定されたはぎとり波と基準地震動S2の比較（応答スペクトル）。（原子力安全・保安院、2008）

べてを収録して発刊した（東井、2012）。

#### 4. 想定東海地震と浜岡原発

##### 4-1. M6.5 の地震動が想定東海地震に匹敵

2009年8月11日、駿河湾を震源とする地震が発生、判定会が30年の歴史の中で初めて召集され、初めての観測情報を発令した。最大震度6弱を記録したのは、想定東海地震で陸側プレートが最も大きく跳ね上がるとしている御前崎、牧之原、焼津あたりであった。震源は駿河湾内、ほぼ想定東海地震の震源域の東端に位置し(図10)、M6.5、震源深さ23km、震央距離は原発から37kmで、震源距離同43.5kmであった。

地震発生から10日後、中部電力は浜岡原発の地震観測データ類とその分析結果を保安院に提出した(中部電力、2009)。浜岡サイトには5機の原発があり、総数200台ほどの強震計が設置されていて、詳細な地震波形が記録された。それによると、原子炉建屋基礎版の最大加速度値が、4号機の178ガルに対し、わずか440mしか離れていない最新鋭の5号機(2005年1月運転開始)が439ガルと2.5倍を記録していた。ただちに、耐震バックチェック審査中の保安院から、5号機突出の要因分析が中部電力に課された。以来5号機の異常増幅要因に焦点が当てられ、長い時間が費やされたが、ここでも地盤特性という局所的な要因に集約され、基準地震動策定の妥当性を検証しようという声はあがっていない。

図9は1~5号機それぞれの原子炉建屋基礎版における最大加速度観測値を、設計時に想定されたS1(450ガル)応答値(例えば中部電力、2009, p32)と比較したものである(東井、2012)。東に行くほど大きくなる傾向を示し、最も東に位置する5号機でS1応答値と並んでしまった。S1は、M8.0の想定東海地震やM8.4の安政東海地震を考慮して作成されていた(中部電力、2009)。2001年の中央防災会議(中防)専門調査会モデル(以下、中防モデル)では、試算した4ケースのうち浜岡原発地点での最大の予測値は、解放基盤面相当で395ガルである。中部電力は「はぎとり波」をなかなか公表しないので、これと観測波を応答スペクトルで比較してみたところ、観測波は水平、上下方向ともに一部の周波数帯で中防モデルの想定東海地震を超えていたことが確認できた。一体どうしてこのようなことになったのか。駿河湾地震は海洋プレート内地震なので地震タイプは異なるが、M6.5にすぎない。それでも中防モデルは過小評価ではないといえるのか。

##### 4-2. 中防モデルのアスペリティ配置

図10は中央防災会議による想定東海地震(中央防災会議、2001)の地震動予測図(2001年12月)で、地表面のデータを算出する前の、工学的基盤の予測図である。中防は地表面の予測図しか

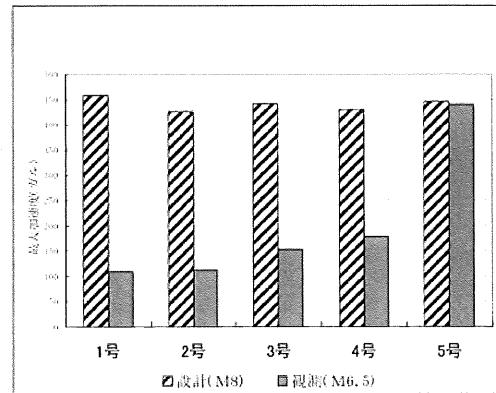


図9 2009年駿河湾地震時に浜岡原発各号機において観測された加速度(灰色)と基準地震動S1による建屋応答の比較(東井, 2012)

公表していないので、原発の解放基盤面と同じほぼ  $V_s=700\text{m/s}$  で定義されている工学的基盤におけるデータを入手し(衆議院予備的調査, 2002)、メッシュごとに専門調査会の4ケースのうちの最大の値を拾って作成している(東井, 2012)。凡例は、浜岡原発の基準地震動450ガル(S1), 600ガル(S2)で区分してある。原発周辺は、北西部の山岳地帯を除けば震源域内で最低レベルであり、ここがS1を超えないような結果となっている。

中部電力は新耐震指針に基づくバックチェックに際して、基準地震動Ssを4種類策定した。SsとはS1,S2に代わって新耐震指針で導入された基準地震動で、「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」と定義された。図11上は、このうちの3種類と中防の想定東海地震(浜岡地点における断層モデル)およびS1,S2の加速度応答スペクトルを、縦軸を通常目盛に変換して比較し易くした。

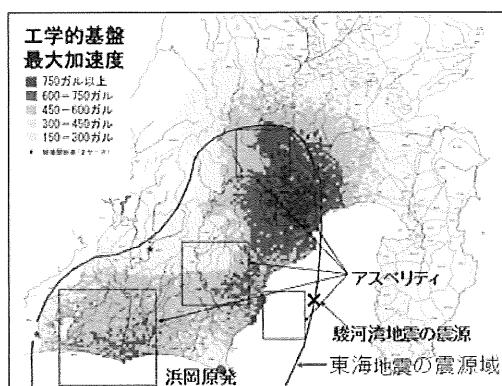


図10 2001中央防災会議の想定東海地震に基づく工学的基盤における地震動予測図(東井, 2012)

断層モデルによる2種類は、中防モデルを基本形とし、その上で不確かさを加味して策定している（中部電力、2007a,b）が、そもそも中防モデルに

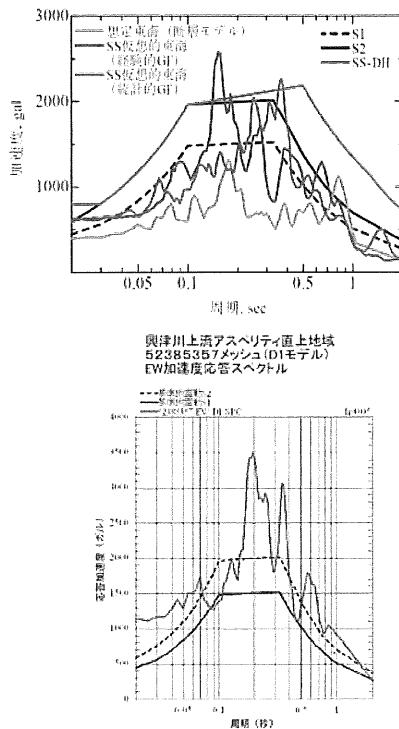


図 11 (上) 浜岡原発の直下にアスペリティを移動した中部電力の仮想的東海地震の Ss 応答スペクトル (青、緑及び赤)。基本とした中央防災会議の浜岡地点における断層モデル (紫) の数倍である。S1 (黒実線), S2 (黒破線) は建設時の基準地震動。

(下) 中央防災会議の想定東海地震断層モデルにおいて、S2 を大幅に超える強い加速度値を示す地点の応答スペクトル例 (赤)。上下とも、浜岡原発運転差止訴訟最終準備書面 (2007) より。

おける浜岡地点の振幅は、原発の設備の固有周期が集中する周期帯では、S1 に比べても半分程度しかない。同じ中防モデルでも S1 のほぼ 2 倍を超えるような特に強い最大加速度値を示す地点もある。図 11 下はその 1 例であるが、周期全体にわたって S1 を超え、0.2 秒付近では S2 の 2 倍に近い。この地点は、図 10 で上から 2 番目のアスペリティ直上に位置する。新幹線と高速道路のみに沿って最大加速度値を図示した図 12 を見ると、アスペリティの直上に入るとともに最大加速度値が大きくなることが一目瞭然である。どのアスペリティからも遠くにある浜岡原発周辺は、とりわけ低いレベルという結果になった。

なお 4 種類の Ss のうち時刻歴波形の加速度振幅がもっとも大きくなるのは Ss-DH の 800 ガルで、200 ガルもアップしたようにみえるが、応答スペクトル図をみれば、原発の設備の固有周期が集中する周期帯では S2 (600 ガル) をなぞっているにすぎず、原発の機器にとってはほとんど厳しくなっていない。ところが最大加速度値はもっとも高い周波数の振幅で決まるので、Ss-DH のその領域を一定値 800 ガルに設定したことで、一気に 200 ガルも上がり、基準地震動が非常に厳しくなったようにみえる。基準地震動を考慮するときは、最大加速度値で語られることが多いが、応答スペクトル図、さらには速度・加速度波形まで考慮しなければ、みかけの大小に惑わされる危険性があることに注意する必要がある。このことは、現在進行中の原子力規制委員会の審査においても散見されるところである。いっぽう Ss-DH の長周期側も嵩上げしているが、この周期帯に固有周期をもつ設備のない原発の安全性にはあまり関係がない。

いずれにしても、基本形とする中防モデルが小

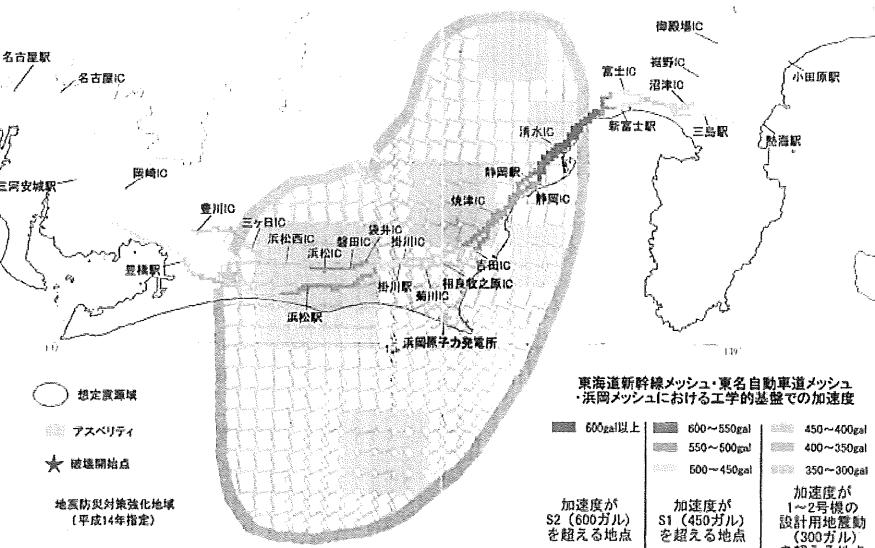


図 12 中央防災会議による想定東海地震断層モデル（紫線の範囲）による東海道新幹線、東名高速道路、浜岡原発における工学的基盤での加速度。薄緑の四角形は想定されているアスペリティ。衆議院予備的調査(2002)元データに基づき作成。

さすぎ、極めて憂慮する事態が続いていたのである。そうした現実を直視できない中部電力は、あくまでも中防モデルに固執していた。耐震指針改訂が完了する前から新指針に基づく基準地震動 Ss の策定に着手し、新指針確定後は、どこよりも早く浜岡 3・4 号機のバックチェック結果を保安院に提出し、2007 年 4 月から審査を受けていた。ところが中越沖地震、駿河湾地震、東北地方太平洋沖地震と次々に襲来する現実の地震により地震動評価の見直しをやむなくされ、その都度大がかりな地質調査を繰り返してきた。新耐震指針が改訂されてから 8 年が過ぎるが、浜岡原発は、いわば自然から不合格通知を再三突き付けられて、いまだに新しい基準地震動も定まらず、耐震性の確認もされていない。これが通常の社会であれば、不合格の決定というのだ。

#### 4-3. 浜岡 5 号の運転再開に向け理不尽な動き

ところが浜岡 5 号機は、2011 年 1 月、「想定東海地震にも耐える」として地震発生から 1 年 5 か月余りで運転再開に至った。その時の経緯は全く納得のいかないものであった。駿河湾地震で異常増幅が判明した当該のプラントであり、その要因が反映されなければ浜岡原発の基準地震動が定められない、として保安院のバックチェック審査も休止状態が続いているのである。ここではその要因分析の行方に関しては省略するが、運転再開への経緯を追っておく。

まず 2010 年 3 月末、中部電力は要因分析をまとめた報告書を保安院に提出、浜岡 4 号のバックチェック審議中の委員会の WG (地震・津波、地質・地盤合同ワーキンググループ、以下合同 WG) で説明した。地盤調査の結果、敷地東側に位置する 5 号機周辺の地下 300~500m に「低速度層」が確認されたこと、そこを経由して到達する北東方向からの地震波のみが増幅する傾向を確認したという (中部電力、2010 a)。委員たちもすぐ納得できるものではなく、その後も WG のたびに注文が付けられた。同時に 3・4 号機の耐震バックチェックに関して残された課題が保安院事務局によって整理され、論点整理メモにはいくつもの重要課題が記載されていった。8 月には、耐震評価を審議する構造 WG からも、要因分析の見直しを含めて合同 WG へ差し戻しを受けた。5 号機の運転再開はとてもハードルが高いと思われた。

ところが 11 月の第 46 回合同 WG で事態は急変する。保安院が「仮想的東海地震に対して増幅を考慮したとしても耐震設計上重要な主な施設の機能維持に支障がないものと考える」(原子力安全・保安院、2010) とする見解案をまとめたのだ。そもそも合同 WG の審査対象ではない耐震安全性にまで踏み込んでいる。「仮想的」とは中部電力のモデルで、海のアスペリティをサイト直下に移動したケースである (中部電力、2010b, p48)。

また増幅特性としては、過去のわずかな観測記録から、増幅した伝播方向からの地震波を平均して水平方向が 2.3 倍、鉛直方向が 1.7 倍になったと算出し、同等の増幅を仮定した「影響確認用地震動」を作成、これに対して耐震安全性を確認したという (原子力安全・保安院、2010)。この「影響確認用地震動」は、わずか 6 日前に開催された第 45 回会合で委員から指摘されたコメントに対応するべく突如登場したものである。保安院の見解案は、すべて中部電力がパワーポイント (例えは、中部電力、2010a, b) を用いてその間説明してきた内容であるが、中部電力自身は報告書も修正せずいつさい文書にまとめてはいないし、また「影響確認用地震動」に対しては地震応答解析も実施せず、簡便な応答倍率法で発生値を算出し、余裕を確認したというに過ぎない。評価基準値との比較を示す中部電力の耐震評価結果表に至ってはわずか 1 枚のパワーポイントのみで、そこには「耐震設計上重要な主な施設」と称して、8 つの設備名だけが挙げられ、評価点もそれぞれ 1 点ずつしかない。それ以外の重要設備機器については、評価結果など 1 つとして示していない。8 設備とは、原子炉、格納容器、原子炉建屋、主蒸気配管、制御棒、炉心支持構造物、余熱除去ポンプ、同配管で、まさに原発の心臓部のみである。観測記録が基準地震動を超過したこれまでの例でも、被害が小さかった場合には、耐震評価のための地震応答解析を重要施設 (およそ 100 設備) のみに絞ることはあった。5 号機にしても、この日までの耐震評価ではこうした一覧表を示していた。しかし、この日の最強モデルではさらに「主な」重要施設として、それらのうちのたった 8 例ですませたのだった。

この「影響確認用地震動」では、水平動は 2.3 倍した結果、約 1454 ガルになったという。中部電力は過去に耐震補強を実施済みとしているが、それは 1000 ガルを想定して行ったものだ。それでほんとうに 1500 ガルまで耐えられるのか。一方、上下動に関してはわずか 186 ガルで、水平動に対して余りにも小さい。だがそれまでと違って、委員からはほとんど発言もなくパスしてしまった。構造 WG も後日開催されあっさり了承した。耐震バックチェックと異なり、原子力安全委員会にはまったく諮られなかった。

5 号機は、その運転再開にあたって、地元静岡県から、想定東海地震に耐えられると国が保証することを、地震後の運転再開条件とされていた。とすれば保安院は耐震評価結果まで確認しなければならないはずだが、基準地震動が決まらないのに、どうやって地震応答解析をするのかと思っていたが、こういう詭弁を使ったのである。筆者はすぐに地元の静岡県や立地・隣接 4 市へ赴き、担当に説明した。それぞれに理解は示したもの、

年が明けて開催された 4 市合同の浜岡原発安全等対策協議会では、保安院の説明を受け、ほとんど質疑を求める事もなく再起動を了承したのであった。これだけ無理を通したもの、5 号機は 3か月ほど発電したのち、3.11 原発震災を経験した政府の要請を受けて中部電力自ら運転を停止した。

その後、規制担当は原子力規制委員会に替わり、中部電力は新基準適合性審査のための申請を、浜岡原発 4 号機のみについて、2014 年 2 月に提出した。1 年後の現在、まだ審査中である。新たな基準地震動 Ss は、同じサイト内で 1200 ガル領域と 2000 ガル領域の 2 本立てとし、5 号機は後者の対象としているが、新規制基準への申請はまだである。

## 5. 地震・地震学と原発の設計用地震動評価

### 5-1 あらゆる地震タイプの事例で想定超

原子力発電所の設計用地震動評価について、兵庫県南部地震から東北地方太平洋沖地震に至る地震との関係を振り返ってみた。なんと、2003 年三陸南のスラブ内地震に始まって、プレート境界地震、内陸地殻内地震、活断層がないとされていた伏在断層による地震等々、地震の種類のすべてにおいて、設計用基準地震動 S1・S2 が超えられた事例が揃っているではないか。最大加速度値は超えていなくても、応答スペクトルの一部でのみ超えるというケースもある。原発サイトには 100 台 200 台といった数の強震計が設置され、地下深部から建物の各階、屋上にいたるまで様々なデータが把握されている。すると、いずれかのフロアの記録が設計で想定された応答を超えるという事例をキャッチすることもあるだろう。これほどの観測網は他に例がないと思われる。電力各社はそれらデータを公開することで地震学に寄与することができる。他の観測所と同様に、地震発生後ただちにデータ提供することを早急に実現してもらいたい。

原発で設計用地震動を超えた場合には、いずれの場合も被害調査の次にまず健全性評価・点検に目が行く。しかし地震学にとっては、どんな地震によってどのように超えられたのか、あるいはたとえ超えなかったとしても、地震の種類、規模や距離等を踏まえたときに妥当な記録といえるのかどうかを考察することは、一般的な強震動評価手法を検証するうえでも有効だろう。ところがデータは私企業のものであり、その分析は電力会社に委ねられてきた。そのため、地震被害調査における当たり前のこともなされていない。福島原発にあっては、原子炉施設の被害調査と同様で、高線量下のため現場にアクセスすらできていない。それどころか、事故対応のために現状保存すらされず、どんどん人の手が入ってしまった。柏崎刈羽原発や浜岡原発で判明した異常増幅の要因は、

ほんとうに地盤だけの問題なのだろうか。駿河湾地震では、浜岡原発の設計用基準地震動を超えてはいないが、想定東海地震の震源域で起きた地震である。せめてこの 2 サイトの異常増幅は、学究的なフェアな立場で調査できないものか。過去の事例を振り返って、第三者によるそうした中立的な検証がなされていればと切に思う。

原発は余りにも巨大な利害と直結している。恣意的な調査や事業者に都合の良いまとめを排除することは容易ではない。敷地内活断層の認定についても、福島原発震災後の新規制体制の中で熾烈なせめぎ合いを見せており、新規制についてはここでは触れなかったが、電力各社は、厳しめの活断層評価を受け入れた場合、その後の地震動評価手法の中で調整し辻褄合わせをしているのではないか、という疑いを筆者は消せないでいる。既設炉の基準適合性審査にあっては、工事認可申請の段階で、例えば機器・配管等設備の地震応答解析において、減衰常数をはじめあらゆるテクニックを駆使して、評価基準値内に納めようとする工夫が凝らされ耐震余裕を切り詰めてはいないか。ここはまたその道の専門家に検証を委ねたい。

### 5-2 まとめ

#### ■原発が全機停止しているほんとうの理由

この 3 月末、首都圏から原発の電気が消えて 4 年目に入る。全国的にも 1 年半が経過する。この全基停止はいわば「免許停止」を受けたものだが、原発側の過失ではなく規制側の瑕疵による。未曾有の惨禍を経て、政府が従来の原子力規制における次の 3 点の瑕疵—①大規模な自然災害への対策が不十分、②過酷事故対策を規制の対象にしていない、③いったん設置許可した既設の原発等には、最新の基準への適合を求めない、を特に問題視し、「新規制基準は、これらの問題点を解消（規制委員会 HP）」するものとして原子炉等規制法を改正（12 年 6 月）し、新たに原子力規制委員会を設置した（12 年 9 月）のである。上記③については、法に基づく技術上の基準に適合するよう維持することを電力会社に課した。新增設時だけではなく、いったん許可された原発もつねに最新の技術基準に適合していないと違法な状態とされることとなったのだ（バックフィット）。とりわけ今回は①、②に係る新たな基準を満たさない限り今後の稼働（発電・売電）はできないため、現在はすべての原発が「免許停止状態」なのであり、許認可の再取得が求められている。

ところがこの審査内容が問題である。先頭を行く九州電力川内原発 1・2 号機は、設置変更申請に関する基準適合性審査が 9 月にパスしたことであたかも再稼働の許可が下りたように社会は受け止めている。だが耐震基準を例にとると、規制委員会の審査は基準地震動 Ss の認定までで、

耐震性は未確認なのだ。地震応答解析の評価結果は次の段階の工事計画認可申請書で提示され審査されることになっている（原子力市民委員会、2014）。さらに施工後の検査等々、まだまだ多くの審査をクリアしなければ、免許の復活はない。いわば受験票が受理されたか書類審査を通過しただけの状態で、筆記試験は現在実施中、実技・実地試験はこれからだというのに、合格扱いしているのである。

では、川内原発やそれに続く関西電力高浜原発等の審査において、基準地震動 Ss の認定までは妥当といえるだろうか。現実の地震により基準地震動が超えられた例をいくつも見てきたが、そこで炙り出された課題はまだ正式に取りあげられず、解決したとは言えない。規制委員会では、福島原発事故の誘因を津波と断定して、その地震動の評価手法にはほとんどメスを入れないまま審査にあたっている。

### ■ 地震学会としての発言

原発の建設と稼働に、その後の安全確保に、地震学の成果と地震学者が深く係わってきた。その結果、取り返しのつかないところまで来てしまった。もはや決断のときではないだろうか。川内原発の巨大噴火を巡る審査に関して、火山学会から発出された「巨大噴火の予測と監視に関する提言」（火山学会、2014）を横目に、地震学会にも大いなる期待を込めて社会への発信を求める。

**謝辞** 本稿に収録した図のうち、図 2 は藤田祐幸氏、図 10, 12 は河本和朗氏にかけて作成依頼したもので、今回掲載に快諾いただいた。また兵庫県南部地震直後に、市民に地震学の手ほどきをしてくださった生越忠氏始め良心的な研究者諸氏に心より感謝申し上げる。

### 参考文献

- 東井怜、2012、「浜岡 ストップ！原発震災」、新泉社。
- 秋葉議員質問主意書への答弁書、1995、衆議院議員秋葉忠利君提出原子力発電所の地震・地盤に関する質問に対する答弁書、平成 8 年 2 月 13 日 内閣総理大臣 橋本龍太郎。  
[http://www.shugiin.go.jp/internet/itdb\\_shitsumon.nsf/html/shitsumon/134024.htm](http://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_shitsumon.nsf/html/shitsumon/134024.htm)
- 中部電力、2007a、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、耐震・構造設計小委員会(第 12 回) 配付資料 12-3,4 2007.4.4 p20。  
<http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g70612a13j.pdf>
- 中部電力、2007b、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に関する報告－基準地震動 Ss の策定について－、耐震・構造設計小委員会、地震・津波 WG (第 1 回) 配付資料、地震 W1-4, 2007.4.23.  
<http://www.meti.go.jp/committee/materials/g70531cj.html>
- 中部電力、2009、駿河湾の地震に対する浜岡原子力発電所における地震観測データの分析について、原子力安全・保安院第 34 回合同 WG 資料、合同 W34-2, 2009.8.27.  
<http://www.nsr.go.jp/archive/nisa/shingikai/107/3/034/34-2.pdf>
- 中部電力、2010 a、駿河湾の地震を踏まえた地震動増幅特性の検討状況について、原子力安全・保安院第 46 回合同 W 資料、合同 W46-1 2010.3.31.  
<http://www.nsr.go.jp/archive/nisa/shingikai/107/3/046/f0000002-46.html>
- 中部電力、2010 b、駿河湾の地震を踏まえた浜岡原子力発電所 5 号機の耐震安全性への影響確認（これまでの報告内容のまとめ）、原子力安全・保安院第 56 回合同 WG 資料、合同 W56-3 (合同 W55-5 改)、2010.11.16, p48.  
<http://www.nsr.go.jp/archive/nisa/shingikai/107/3/056/221116.html>
- 中央防災会議、2001、東海地震に関する専門調査会報告。  
<http://www.bousai.go.jp/jishin/tokai/senmon/pdf/siryoub2-2.pdf>
- 福島美光、1994、地震波の発生・伝播の理論を背景とした入力地震動の経験的予測、東京工業大学博士論文。
- 福島美光・田中貞二、1992、新しいデータベースを用いた最大加速度の距離減衰式の改訂、日本地震学会秋季大会講演予稿集, p116.
- 福島原発告訴団上申書、2014、12 月 9 日提出(福島原発告訴団ブログ 12.12)。  
<https://drive.google.com/file/d/0B6V4ZwGwBEaxVzJScGZJULLqUGc/view?usp=sharing>
- 原子力安全委員会、1995a、「平成 7 年兵庫県南部地震を踏まえた原子力施設耐震安全検討会結果について」及び「図表(1),(2)」第 44 回原子力安全委員会臨時会議 資料(1)。  
<http://www.nsr.go.jp/archive/nscazen/shidai/genan1995/genan044/genan-si044.htm>
- 原子力安全委員会、1995b、「指針策定前の原子力発電所の耐震安全性について」及び「図表 (1) (2) (3)」、第 44 回原子力安全委員会臨時会議 資料(2)、資源エネルギー庁。  
<http://www.nsr.go.jp/archive/nscazen/shidai/genan1995/genan044/genan-si044.htm>
- 原子力安全委員会、2008、平成 19 年(2007 年)新潟県中越沖地震の評価、2008.1.11、規制委員会 HP、地震調査研究推進本部からの報告等。  
<http://www.nsr.go.jp/archive/nscazen/taishinko>

- jo/houkoku\_j.htm  
 原子力安全・保安院, 2008, 新潟県中越沖地震により柏崎刈羽原子力発電所において大きな揺れが生じた要因とそこから得られる知見について, 平成 20 年 5 月.
- 原子力安全・保安院, 2010, 駿河湾の地震において 5 号機の観測記録が他号機に比して大きかったことの要因分析等に係る審議状況の整理について(案), 原子力安全・保安院 第 56 回合同 WG 資料, 合同 W56-4, 2010.11.16.  
<http://www.nsr.go.jp/archive/nisa/shingikai/107/3/056/56-4.pdf>
- 原子力市民委員会, 2014, 川内原発審査書案に対する総合的意見, 2014 年 8 月 4 日.  
[http://www.ccnejapan.com/20140804\\_CC\\_NE\\_01.pdf](http://www.ccnejapan.com/20140804_CC_NE_01.pdf)
- 浜岡原発運転差止訴訟最終準備書面, 2007, 2007.3.19, 原告側準備書面 (28) p 16, p 25.  
[http://www.geocities.jp/ear\\_tn/hamadoc/Gsyomen28-070319.pdf](http://www.geocities.jp/ear_tn/hamadoc/Gsyomen28-070319.pdf)
- 北陸電力, 2007, 能登半島地震を踏まえた志賀原子力発電所の耐震安全性確認について(報告)  
 原子力安全・保安院第 2 回構造 WG 資料 構造 W2-2(1), 2007.5.24, p8, p36.  
<http://www.meti.go.jp/committee/materials/g70612cj.html>
- 今村議員質問主意書への答弁書, 1995, 衆議院議員今村修君提出「平成七年兵庫県南部地震を踏まえた原子力施設耐震安全検討会」の報告書に関する質問に対する答弁書, 平成 7 年 12 月 22 日 内閣総理大臣 村山富市.  
[http://www.shugiin.go.jp/internet/itdb\\_shitsumonan.nsf/html/shitsumon/134011.htm](http://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_shitsumonan.nsf/html/shitsumon/134011.htm)
- 入倉孝次郎, 1995, 兵庫県南部地震の強震動と被害の関係, 土質工学会・阪神・淡路大震災報告会講演概要集.
- 石橋克彦, 2014, 地震列島・日本の原子力発電所と地震科学, 日本地震学会モノグラフ(本号)
- 石橋克彦, 1997, 原発震災--破滅を避けるために, 科学, 67, 720-724.
- 地震調査研究推進本部, 2005, J-SHIS, 地震ハザードステーション, 期間: 30 年, 条件: 最大ケース, 地図タイプ: 3% の確率で一定の揺れに見舞われる領域図, 表示内容: 工学的基盤の最大速度, 基準日: 2005 年 1 月 1 日.  
<http://wwwold.j-shis.bosai.go.jp/>
- Kanai, K., and T. Suzuki, 1958, Expectancy of the maximum velocity amplitude of earthquake motions at bed rock, Bull. Earthq. Res. Instit., 46, 663-666.
- 加藤研一・宮腰勝義・武村雅之・井上大榮・上田圭一・壇一男, 2004, 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—地質学的調査による地震の分類と強震観測記録に基づく上限レベルの検討, 日本地震工学会論文集, 4, no.4, 46-86.
- 火山学会, 2014, 巨大噴火の予測と監視に関する提言, 2014.11.2.  
<http://www.kazan.or.jp/doc/kazan2014/images/teigen.pdf>
- 大崎順彦, 1984, 原子力発電所設計用の基準地震動に関するガイドライン - 主として大崎スペクトルについて -, ORI 研究報告 84-01, (株)大崎総合研究所
- 衆議院予備的調査, 2002, 東海地震の強震動予測に基づく主要施設の耐震安全性に関する予備的調査(細野豪志君外 44 名提出, 平成 14 年衆予調第 3 号)についての報告書(平成 14 年 7 月 25 日災害対策特別委員会命令)平成 14 年 10 月衆議院調査局; 下記より『平成 14 年版「国会の動き』における「予備的調査』』参照.  
<http://homepage3.nifty.com/s1mashi/study-memo/yobiteki.html>
- 添田孝史, 2014, 「原発と大津波 警告を葬った人々」, 岩波新書.
- 東北電力, 2005a, 女川原子力発電所における宮城県沖の地震時に取得されたデータの分析・評価および耐震安全性評価について(報告), 原子力安全・保安院 第 1 回耐震・構造設計小委員会資料 1-5, 2005.11.29, 図 1, 図 10.  
<http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g60113b07j.pdf>
- 東北電力, 2005b, 基準地震動の応答スペクトルを超えることとなった要因分析・評価結果について, 原子力安全・保安院第 1 回耐震・構造設計小委員会資料 1-5 別紙-3, 2005.11.29, p3-88.  
<http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g60113b10j.pdf>
- 東京電力, 2008a, 柏崎刈羽原子力発電所における平成 19 年新潟県中越沖地震時に取得された地震観測データの分析及び基準地震動について, 原子力安全・保安院第 9 回合同 WG 資料, 合同 W9-1-2, 2008.5.22.  
<http://www.meti.go.jp/committee/materials/g80522aj.html>
- 東京電力, 2008b, 「柏崎刈羽原子力発電所における平成 19 年新潟県中越沖地震時に取得された地震観測データの分析及び基準地震動に係る報告書(概要)」5 月 22 日プレスリリース別添資料.  
[http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu08\\_j/images/080522a.pdf](http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu08_j/images/080522a.pdf)
- 柳田邦男, 2012a, 圧殺された「警告」, 「原発事故 失敗の本質」文藝春秋 2012.5 月号.
- 柳田邦男, 2012b, 保安院「消せない罪」, 文藝春秋 2012.6 月号.