

原子力発電所の耐震設計審査指針改訂の諸問題(第2回)

基準地震動を考える(1) および2007年新潟県中越沖地震

石橋彦彦

(2007年9月)

前掲(p.43-49)の第1回では、地震現象について基本的な解説をしたのち、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(2006年9月に改訂されたものを新指針、改訂前のものを旧指針とよぶ)の改訂の審議を振り返った。そこで指摘したおもな点は、(1)原子力安全委員会(安全委)に設けられた耐震指針検討分科会(分科会)における審議が全面公開だったことは評価できるが、重要な内容に関しては電力会社側の(社)日本電気協会の委員会等でお膳立てが済んでおり、しかも分科会の委員(終了時19名)の過半数がそれらの委員を兼任している、既存原発を不適格にしないような新指針が追求されたと思われ、(2)改正行政手続法にもとづいて一般からの意見募集がおこなわれたが、700件近い意見のなかの非常に重要なものも、「議論を煮し返さない」という言い言葉によって最終的に無視された、(3)意見募集期間中に明らかになった島根原発付近の活断層の見直し・審査ミスという重大な問題からも、何らの教訓も得ようとしなかった、ということである。これらの結果、新指針は、日本列島の原発の耐震安全性の向上につながらない懸念が強いことを述べた。

第1回が印刷中の7月16日に、マグニチュード(M)6.8の2007年新潟県中越沖地震が発生した。それによって柏崎市や刈羽村などを中心に大きな被害が出たが、東京電力柏崎刈羽原発も激しい揺れに襲われ、多くのトラブル・損傷が発生し、放射能漏れも生じた。この事態は、旧指針と従来の審査体制に致命的な欠陥があったことを実証したが、同時に、新指針の重大な不備もあらためて明らかになることになった。大自然が、分科会と安

全委の審議を痛烈に糾弾し、「議論を煮し返し」て新指針を再改訂すべきことを教えてくれたと言える。

今回は、新指針の具体的内容を概観し、基準地震動についてやや詳しく論じる。そして、柏崎刈羽原発の問題に照らして、新指針のどこをどう改めなければいけないかを述べる。また、それ以前の問題として、新指針がはじめから背負わされている根本的限界も指摘する。

なお、地震現象に関する基本的なことは第1回の解説を随時参照されたい。また、分科会の資料や通記録を引用するが、それらは安全委のホームページの「専門審査会等/過去の会議資料等」のメニューから迎れば閲覧できる¹⁾。

耐震設計審査指針の位置付け

まず、旧指針であれ新指針であれ、日本の原発の耐震安全性を確保するうえで耐震設計審査指針が宿命的にもっている限界をみておこう。そのためには、日本の原発建設の系統を知る必要がある(以下では、既存の55基の原子炉を念頭に置いて、2001年1月の中央省庁再編より前の体制にしたがって述べる)。

電力会社は、独自の調査や地元からの誘致によって原発建設候補地を選定すると、さらに調査をおこない、立地点周辺の自然環境と社会環境についての「環境影響調査書」を作成して通商産業省(通産省;現在は経済産業省)の環境審査を受ける。通産省は、審査の途中で第一次公開ヒヤリングを開いたりするが、審査を通過すると関係省庁より

び地方自治体と協議し、都道府県知事の建設同意を得て、内閣総理大臣を会長とする電源開発調整審議会(電調審;01年1月以降は総合資源エネルギー調査会電源開発分科会)に上程する。この審議会が認められると、その原発が電源開発基本計画という国家計画に組み込まれ、建設が決定する。既存の原発敷地内に新たな原子炉を増設する場合も同様の手続きを踏む。電調審にかかるとともに、用地取得と漁業補償が解決していることも重要な条件である。

原発の立地または増設が決まると、電力会社は通産大臣に原子炉設置許可申請書(増設ならば設置変更許可申請書)を提出する。この申請は、通産省による一次審査と原子力安全委員会および原子力委員会による二次審査にかけられる。つまり、原発の安全審査はダブルチェック体制でおこなわれ、自然条件、社会条件、工学的安全性、耐震安全性などを検討して、平常運転時はもちろん、事故を想定した場合の公衆の安全確保も十分に確認するとされている。審査が終了すると、通産大臣は内閣総理大臣の同意を得て(現在は、経済産業大臣が文部科学大臣の同意を得て)原子炉設置を許可し、工事計画の認可を経て着工となる。

しかし、いま運転中の55基が示すように、電源開発基本計画に組み込まれて国策となったものは必ず建設され、安全審査で不許可になることはなかった。東海巨大地震の震源域の真只中という、地震の点では地球上でもっとも危険地帯にある狭間原発5号機でさえ、電調審で増設が認められたあと安全審査をパスして建設された。

非常におかしいのは、電調審を通過するまでに、候補地周辺の地震発生状況が原発建設を許容できるものかどうか、合理的に審査する仕組みがないことである。環境影響調査書には地震関連の記載もあるが、科学的に突っ込んだ検討はなされない。

「原子炉立地審査指針」というものがある。立地条件として「大きな事故の要因となるような事象、例えば立地場所を極めて大きな地震、津波、洪水や台風などの自然現象が過去になかったこと

と」をうたっているが、驚くべきことに、この審査は国家計画として建設・増設が決まってからである。電力会社の原発建設計画を認めることのできるのは、安全への配慮ではなくて、用地・漁業

審議会と知事の意向という社会的問題だけである。私が電力会社の幹部技術者から聞いた話では、このような不合理な仕組みの背景には、地震の点でどんなに危なそうな場所でも、耐震設計・施工によって安全性が確保できるという基本的発想があるようだ。しかし、原発は超高度の安全性が求められること、大地震の実相はすさまじいこと、私たちが地震現象を完全に理解しているわけではないことを考慮すれば、いかに優秀な耐震技術だと自負していても原発建設は差し控えたほうがよいと考えられる場所があるはずである。現にドイツやカリフォルニアでは、そのような議論がもたらされて建設中止や閉鎖になった原発がある。日本にそのような発想がないということは、恐るべき技術過信と自然に対する侮りだと言えよう。

なお、以上の原発建設の手順は、民間企業の一発発所の建設が国策として推進されるという形だが、これは、第二次世界大戦時の国家総動員体制や敗戦後の統制経済時代の名残であり、先進国では日本だけがこんな社会主義的体制を今なお引きずっているという指摘がある。実際、電調審や電源開発基本計画というのは、電力不足が経済発展の支障となっていた1952年に制定された電源開発促進法にもとづく仕組みである。

安全審査は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」(原子炉等規制法)にもとづいておこなわれるものであり、原子炉立地審査指針を受けけるものとして、まず「発電用排水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」と「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」があるのだという。そして、耐震設計審査指針は安全設計審査指針の下位にあるにすぎない。

私は、地震学的に明らかにかたがた不適と考えられる場所の原発建設に歯止めがかからず、地震問題のすべりが耐震設計審査指針に押し付けられているようにみえることが疑問だったので、第10回分科会

(04年7月23日)で質問をした⁽⁹⁾。そこがはつきりしないと、耐震設計審査指針に何を盛り込むべきか、何を盛り込まないか、という基本的なことがわからなければならない。ところが驚いたことに、長いこと原子力安全を専門にしている委員から、その点は本当に重要なキーポイントだ(が明確になっていない)という趣旨の発言があった⁽¹⁰⁾。どうやら安全審査体系が、根本的な点で著しく不備であるらしい。

日本電気協会の JEAG4601

話を進める前に、(社)日本電気協会の役割も直視しておかなければならない。旧指針も新指針も、行政から独立・中立な安全委が制定したという説明は、第1回の文獻(2)に挙げた解説でも私の第1回でもしているが、実は現実離れた建前論と言わざるべきかもしれない。

日本の原子力開発は、国策として官・学・民の非常に緊密な協力のもとに進められてきたから、原発の耐震安全性の確保も、むしろ電力会社側を中心として官・学がバックアップする形で進んできたと言えそうである。具体的には、1960年前後からの東海・敦賀1号(ともに日本原子力発電)・福島第一1号(東京電力)・美浜1号(関西電力)の設計・検討が進むなかで、耐震設計の実際が先行していった⁽⁴⁾。そこで培われた知見を集約する形で、(社)日本電気協会の電気技術基準調査委員会原子力専門委員会が1968年に耐震設計分科会を設置し、電力会社の技術者とともに学者を集めて審議を進め、1970年に「原子力発電所耐震設計技術指針: JEAG 4601-1970」を完成させた。旧指針の原型が1978年に原子力委員会によって策定されるよりもずっと前のことである。

同協会は、1974年に通産省の依頼を受けるなとしてさらに幾多の検討を経て、1987年には上記 JEAG 4601 の改訂版⁽⁹⁾を作成した。これは、旧指針よりはるかに詳細で膨大なものである。しかも、一次審査に使われているという⁽⁶⁾。その改訂が、分科会における新指針の審議を見据えて分

科会と同時並行に進められていたようであり⁽⁶⁾、後述の「震源を特定せず策定する地震動」などに関して分科会の審議に先行していたほどであった。このような経緯からみれば、分科会の委員の過半が同協会の何らかの委員だったというのはある意味で当然であり、むしろ、以前そうであったように、日本電気協会が安全委の新指針策定を手助けしたと言えるかもしれない。

しかし、いかに現場の技術の蓄積に自負があったとしても、そのような「お手盛り」と「癒着」(規制側の厳正なチェックの欠如)がいずれ取り返しのつかない事態に至ることは、最近の多くの不祥事が示唆していたし、今回の和崎川羽原発の事態が明白に突き付けた。この際、もっとも襟を正すべきは、規制側の原子力安全・保安院と安全委、および規制側と電力側の両方に関与している専門家であることは言うまでもない。

新指針の概要

新指針は、1. はしがき、2. 適用範囲、3. 基本方針、4. 耐震設計上の重要度分類、5. 基準地震動の策定、6. 耐震設計方針、7. 荷重の組合せと許容限界、8. 地震随伴現象に対する考慮」の8節からなり、3.5.6.7節には、本文のほかに解説もついている。

「1. はしがき」は、本指針の目的が、発電用軽水型原子炉の安全審査において耐震設計方針の妥当性の判断の基礎を示すことだと記し、旧指針を全面的に見直したものであることを述べている。末尾には、「なお、本指針は、今後の新たな知見と経験の蓄積に応じて、それらを適切に反映するように見直される必要がある」と書かれている⁽⁶⁾。

私は、意見募集期間中に明白になった活断層調査の問題は、前回述べたとおり「新たな知見と経験」だったから、指針決定前であられたのだから、「見直される必要がある」と主張したのだが、逆用しなかった。けれども、2007年新潟県中越沖地震の発生と、それによる柏崎川羽原発の激しい地震動とトラブルは非常に顕著な「新たな知見と

経験」だから、新指針はそれを「適切に反映するように見直される必要がある」。

「2. 適用範囲」は、本指針が発電用軽水型原子炉に適用されること、しかし、その他の原子力施設にも参考になることを述べている。

「3. 基本方針」は、「耐震設計上重要な施設は、(中略)施設の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による地震力に対して、その安全機能が損なわれることがないように設計されなければならない」と規定している。これは、旧指針の「基本方針」と同じ考え方であるが解説に記されているが、後述するように、耐震設計の基準とすべき地震動が旧指針の S₁・S₂ の二本立てから S₃ 一つになったので、旧指針より具体的な表現になった。ただし、「弾性設計用地震動 S_d」⁽¹⁰⁾ というものが新たに導入されたことに伴う考え方が続けて書かれている(この点は次に詳しく述べる)。

旧指針は、「建物・構築物は原則として剛構造とするとともに、重要な建物・構築物は岩盤に支持させなければならない」と規定していたが、免震構造(地震の揺れを受け流すような柔らかい構造)の導入と第四紀層(最近約170万年間に堆積した若い地層)への立地を念頭に置いて、この規定は削除された。岩盤支持の部分は、「建物・構築物は、十分な支持性能をもつ地盤に設置されなければならない」に変わった。ここで、重要な建物・構築物だけではなくて、すべての建物・構築物になったことは注目すべきである。なお、私は、旧指針の岩盤支持は地震動が小さくなる意義が含まれていたはずだから(原発は岩盤に設置されるから地盤の揺れが表層地盤の2分の1から3分の1になって安全だと、随所で宣伝されていた)、「建物・構築物は、設計荷重に応じた十分な支持性能と、耐震設計にとって良好な地震動増幅特性をもつた地盤に設置されなければならない」と書くべきだと提案したが⁽¹¹⁾、採用されなかった。

この節の解説に「残余のリスク」の存在について「記載されたことが、新指針の大きな特徴

だが、これについては次回に述べる。

私は、地震現象に関して立地審査指針が満足されているかどうかを審査する場がないという、前述の現行審査体系の重大問題を実質的に解決するために、基本方針に、「原子炉施設は、直下に過去または将来の類似大地震の震源域が存在すると高い確度で判断される場合、その場所への設置を避けなければならない」と明記することを提案した⁽¹²⁾。下位指針であっても、「耐震設計」という概念を広義にとらえて、狭義の耐震設計技術を適用する場所の選定も含むと考えば、このような規定を盛り込むことは可能ではないかと考えたのである。(当然のことながら)問題にされなかったが、これは指針体系全体において今後の最重要課題だろう。

「4. 耐震設計上の重要度分類」は、基本的考え方は旧指針と同様で、原子炉施設の耐震設計上の重要度を、地震によって発生する可能性のある放射線の環境への影響の観点から分類したものである。ただし、旧指針では A, B, C の3クラスに分類し、さらに A クラスの中でとくに重要なものを As クラスとしていたものを、実質的に A クラスの施設をすべて As クラスとした。旧指針との違いははつきりさせるために、呼び方が S, B, C になった。なお、意見募集にかけられた原案では、違いを際立たせるために I, II, III という呼称を用いていた。しかし、これに対しては、構造設計における機器区分でクラス 1, 2, 3 が使用されており、それとの混同でヒューマンエラーが起りかねないから、アルファベットのほうがよいという提出意見が複数あり、S・B・C という具体的な提案もあった。私は、それを取り入れることを強く主張し、これはまさに「議論の煮し返し」だったが、賛成する委員もいて採用された。

「5. 基準地震動の策定」については次節で述べる。それに続く「6. 耐震設計方針」は、重要度分類のクラス別に耐震設計の基本方針を示し、また耐震設計に用いる地震力の算定法を記したもので、5節と並んで新指針の心臓部分だと言える。とくに「弾性設計用地震動 S_d」が新たに導入さ

れた点が重要であり⁽⁴⁾、その意義と算定法が解説に書かれている(次回で触れる)。次の「7. 荷重の組合せと許容限界」は、耐震設計の基本方針の妥当性の評価に当たって考慮すべき荷重の組合せと許容限界について、基本的考え方を示している。最後の「8. 地震隣接現象に対する考慮」は、旧指針にはなかった項目である。これに関しては地震学的に大きな問題があり、分科会の審議の不足さを如実に反映している面もあるので、次回にやや詳しく論じる。

基準地震動の策定

新指針の大きな目玉の一つは、耐震設計の基準とする地震動と、そのものになる地震に関し、考え方と実際の設定作業の両面が根本的に変わったことである。旧指針では設計用最強地震による基準地震動 S_1 と設計用限界地震による基準地震動 S_2 ($S_1 < S_2$) の二本立てになっていたものが、基準地震動 S_s 一本になった。なお、旧指針では、耐震重要度が A クラスの施設は S_1 に耐え(地震の揺れが終って地震力がなくなれば変形が元に戻るという「弾性変形」の範囲内に収まる)、As クラスの最重要施設は S_2 に対して(弾性範囲を超えて永久的な「塑性変形」が生じてても)安全機能を保持できるように設計することを求めている。

S_s 一本になったのは、分科会の議論のなかで、地震学の委員が、ある原発敷地において考えるべき地震動とそれをもたらす地震の上限(旧 S_2) を高次元化したものは地震学的に検討できるが、弾性範囲内に収める弾性設計にはこの程度でいいだろうというようなか中途半端な地震動(旧 S_1 に対応)と地震は、必然性をもって設定するのが地震学的に困難だと主張したことによる。工学の委員からは、弾性設計が耐震設計の基本になるところから、分科会の終盤に至るまで、何とかして旧 S_1 相当の地震動の想定手法を考えてほしいという要望もあったが、結局、前述のように「弾性設計用地震動 S_1 」を設けるということで決着した。一部には不満が残ったと思うが、理学と工学が時間をか

けて議論した成果の一つと言えらるだろう。ただし、 S_s と S_d の具体論になると多くの重大な問題を残している。

さて、新指針は、「(原子炉施設の)耐震設計において基準とする地震動は、(中略⁽⁵⁾)施設の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ものとして策定しなければならぬ。(以下、この地震動を「基準地震動 S_s 」という)」と規定している。そして、この S_s を、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」と「震源を特定せず策定する地震動」の2種類について、敷地の解放基準表面における水平および鉛直方向の地震動として策定することと定めている。ここで「解放基準表面」というのは、基準地震動を策定するために仮想的に設定する自由表面のことである。基準(地震波の)S波速度が700 m/秒以上の硬質地盤で著しい風化を受けていないもの(表面で、表層や構造物がなく、著しい高低差もなくほぼ水平に相当な起伏がない)を指していると考えた面のことである。解放基準表面の考え方は基本的に旧指針を引き継いでいるが、旧指針ではS波速度が明示されておらず、JEAC4601に書いてあるだけだった。それが新指針では、解説に明記された。また、旧指針は、鉛直方向の基準地震動(上下動)を策定することを規定していないが、新指針では、最近の地震観測記録の充実や強震動予測手法の進歩を踏まえて、上下動も個別に策定するように明記された。

2種類の基準地震動策定方針の具体的内容は、分科会でずいぶん意見を述べて議論したが、決定されたものはそれぞれに大きな問題を残している。このうち「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」については、活断層の問題も含めて次回に論じたい。本稿では、「震源を特定せず策定する地震動」について述べる。その前に、応答スペクトルについて説明しておく。

(1) 応答スペクトル

まず、ある一つの地震動(地面の揺れ)は、3種

類の見方できらえることができる。第1は、地面が何 cm 動いたのか、第2は、1秒あたり何 cm/秒の速さで動いたのか、第3は、1秒あたり何 cm/秒の速度変化で動いたのかであって、それぞれ、変位、速度、加速度という。この3種類とも、揺れている間中、時々刻々に違った値をとるが、一つの地震動の間の最大のもの、最大変位(速度、加速度)という。速度と加速度の単位としては、従来、カイイン(kinc=cm/秒)とガル(Gal=cm/秒²)がよく使われている⁽⁶⁾。地震動の加速度が、地震力に直結することから長年重視されてきたが、最近、地震動の速度が地震被害に関係することが注目されている。

地震動を考えると、応答スペクトルという概念が重要である。あらゆる構造物は、大きさや重さやガッチリさの度合などによって、自然に揺れるときの周期(周期=ひと揺れる時間)である「固有周期」がさまざまな周期の揺れを含んでおり、ある特定の固有周期の構造物に対する影響は地震動によって異なる。そこで、地震動の性質を知るのに、固有周期が連続的に異なる無数の構造物を地面に並べたと仮定して、それぞれがどれほど応答するか(それぞれの構造物の最大変位や最大速度や最大加速度がいくつになるか)を見るのが便利である。これは、実際に無数の構造物を並べなくても、地震動の観測記録があれば、そこから計算で求めることができる。そうやって、横軸に周期を目標としてグラフに表わしたものを、変位(速度、加速度)応答スペクトルという。

観測された実際の地震動ではなくて、想定する地震動がどんな性質であるのかも、応答スペクトルを与えることによつて示すことができる。また、応答スペクトルを与えられれば、いくつかの仮定を置くことによつて地震動の波形(時間とともにどう揺れるかという時刻歴波形)を計算することもできる。

図1が速度応答スペクトルの一例である。こ

の内容については次項で説明する。

(2) 「震源を特定せず策定する地震動」の問題点
強い揺れをもたらす可能性のある地震をすべて「敷地ごとに震源を特定」できれば、話は比較的簡単なのだが、事前に予測できない大地震が発生して激しい揺れをもたらすことが、現実各地で起こってきた。そこで「震源を特定せず策定する地震動」という考え方がどうしても必要になる。

旧指針は、基準地震動 S_2 の評面に $M6.5$ の直下地震を加えることを求めている。これは、それより大きな地震は必ず活断層で発生し、いつばう活断層は考慮しているから、 $M6.5$ の直下地震を念のために考えれば大丈夫だという理屈による。私は、1997年以來⁽⁴⁾、これはまったく間違いで、活断層が認められなくなっても $M7$ クラスの内陸地帯内地震(やや沖合の地震も含む)が起こりうるとを主張していた。2000年鳥取県西部地震($M7.3$)はそれを実証し、旧指針の直下地震のマグニチュードをもっと大きくすべきだという批判が強くなった。「震源を特定せず策定する地震動」は、この問題に答が出るということを目を凝らしていた。

分科会では、早い段階で、この地震動については地下の地震のマグニチュードを与えるのではなく、敷地の揺れ(地震動)そのもので規定しようという合意ができた。その理由は、地下の地震のマグニチュードを条件にすると、そのような地震を地下のどこに想定するのかわからず、震源過程をどのように仮定して地震動をいかに評価(計算)するかといった問題が非常に複雑で、場合によっては規定がないに等しくなってしまうからである。日本では、とくに1995年兵庫県南部地震以降、震源近傍の強い地震動を良好に記録する観測網が整備され、内陸地帯内の大地震も相当数発生して長い記録が蓄積されているので、海外のデータも含めて、それらを参照するのが実証的であろうということになった。

そういう方針のもとで具体的にいかに規定するかについては、何回も審議を重ねられたが、最終

例示として出されたもので、これに従うことを新指針が求めているわけではないが、基本的考え方は完全にこれを踏襲しており、唯一の模範解答的なものなので、実質的に指針そのものになっていると言える。しかし、この検討結果は、以下のよように、論弁に近い論法によって地震動レベルを低く抑えたもので、非常に問題である。

加藤ほか(2004)⁽⁶⁾は、日本とカリフォルニアで発生した41個の内陸地殻内地震について、活断層などの地質学的調査によって事前に震源を特定可能かどうかを検討し、30地震は可能だと判断した。残りの11地震のうち9個は、震源近傍の硬質地盤上の強震記録があって応答スペクトルが求まるので、それらすべてを包絡する上限レベルを「震源を事前に特定できない地震」による震源近傍の地震動の応答スペクトルとして提示した。

図1の太線が、解放基盤表面に相当する岩盤上の水平動の速度応答スペクトルである(μ は揺らさる構造物の減衰定数)。加速度応答は速度応答に対して図の斜線で示したような関係にあり、また極短周期の応答加速度は地震動そのものの最大加速度を示すので、この速度応答スペクトルで与えられる地震動の最大加速度は450 Galになる。

ここで重大な問題は、多くの大地震を、震源を事前に特定可能として排除して、それらの強震動記録を上限レベルの算定に使わなかったことである。この判断は、地震が起こったあとの「答がわかっていない」大甘なもので、将来の地震に対しては予測学としてまったく非現実的である。まして、原発建設の際には事前の特定は極力避けられるだろう。2000年鳥取県西部地震(M7.3)も除かれたが、多くの地震研究者は、この地震の場所と規模を事前に正しく予測することは不可能だったと考えている。同じく排除された1994年ノースリッジ地震(M6.7)も同様である。このような判断の結果、図1の応答スペクトルを得るのに使われた地震はM6.6以下でしかない。震源近傍の記録がない1984年長野県西部地震(M6.8)も間接的に参照されたので、旧指針のM6.5がM6.8に引き上げられたという報道も多かったが、それは間

違いである。図に旧指針のM6.5直下地震による基準地震動の速度応答スペクトルを示したが(最大加速度375 Gal)、原券において重要な短周期領域において、提案された地震動はほとんどレベルアップしていないことがわかる。もし、41個の地震で震源近傍の強震記録のあるものを全部使えば、最大加速度は1000 Gal近くになる。

私は、活断層が認められなくてもM7級の内陸地殻内地震が起こりうるのだから、大地震がないことを初期設定としてオプショナルに地震を付加(考慮)していく形の基準地震動策定法を根本的に改めて、いかなる敷地であれ直下でM7級の内陸地震が起こりうることを初期設定にすべきだと主張した⁽⁷⁾。最終案に対しては、「震源と活断層を関連付けることが困難な」という条件を削除し、「過去の内陸地殻内の地震」の震源近傍の観測記録をすべて参照するように変えるべきだと提案した。多くの提出意見もそれを要求していたのだが、それが、地震動レベルが高くなりすぎたためか、分科会では完全に否定された。しかし、後述のように、7月16日の新潟県中越沖地震では450 Galをはるかに超える地震動が原券を襲った。

2007年新潟県中越沖地震と柏崎刈羽原発の損傷

7月16日10時13分頃に発生した2007年新潟県中越沖地震(M6.8;死者11人,重軽傷者約2000人,住家全半壊約2300棟)によって、世界最大の電気出力をもつ東京電力柏崎刈羽原発(821.2万kW,沸騰水型原子炉7基)では、運転中の3・4・7号機と起動操作中の2号機の原子炉が停止し(1・5・6号機は定期検査で休止中)、全機と構内各所で数多くの損傷・トラブル・被害が発生した。この事態は、国内はもとより世界中を驚かせたが、地元の良い良識ある人々が以前から強く懸念していたこと⁽⁸⁾、起こるべくして起こったものである。私も、東海地震による中部電力浜岡原発の「原発震災」⁽⁹⁾を警告しつつも、柏崎刈羽原発も危険性が高いことを指摘していた⁽¹⁰⁾。それは、地震の起こり方と原券そのものの特徴の

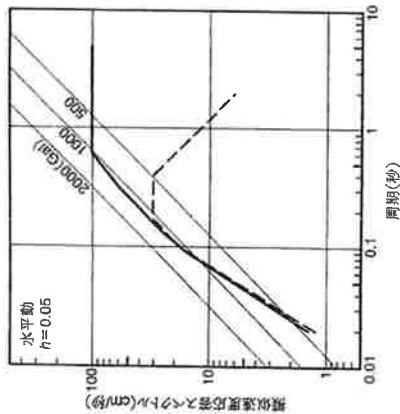


図1 「震源を特定せず策定する地震動」の例として提示された速度応答スペクトル(本資料)。文献(16)より作成。破線は、旧指針でM6.5の直下地震による基準地震動 S_v の速度応答スペクトル。

的に、「震源と活断層を関連付けることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に数地の地盤物性を加味した応答スペクトルを設定し、これに地震動の継続時間、振幅包絡線の経時的変化等の地震動特性を適切に考慮して基準地震動 S_8 を策定することとする」という文章になった。

この背景には、原発を建設する際には敷地周辺の詳細な活断層調査がおこなわれ、活断層を見落とすことは絶対がない;すなわち、過去の内陸地殻内地震のうち活断層と関連付けられるものが震源近傍にもたらした地震動は、各敷地において「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」として評価できる;したがって、念のために想定する地震動は、活断層と関連付けることができないう過去の内陸地殻内地震の記録だけを参照すればよい、という考えがあった。第1回で述べたように、この考え方に沿って、(社)日本電気協会原子力発電所設計専門部会がまとめた「震源を事前に特定できない地震の考え方と地震動の策定」という大部の資料が、分科会の第10回地震・地盤動アキンググループ会合(08年7月28日)と第17回分科会(05年4月22日)に提出され説明された⁽¹¹⁾。この検討結果は、加藤ほか(2004)⁽⁶⁾の論文にもまとめられている。この資料はあくまでも

両面から言えることだった。

この場所は日本海東縁変動帯の中の信越褶曲帯/羽越褶曲帯に位置し、周辺には歴史的大地震が多く、活断層も密に分布しているのに、原券の近くでは歴史地震が知られていないから、大地震発生の可能性が高いと考えられた。2004年に原券の南東で新潟県中越地震(M6.8)が発生したが、それによって原券付近はさらに大地震の空白域が強調され、危険性が高まりこそすれ低下したとは思われなかった。

いっぽう、柏崎刈羽原発の地盤は、日本の原券の中で最劣悪の部類に属する。ここは非常に若い砂丘砂層なので、約40mも掘り下げた西山層という泥岩層を原子炉の支持地盤としている。しかしこの地層も、上部の堆積時期は第四紀(約170万年前以降)で、とうてい固い岩盤とはいえず、S波速度は500 m/秒にすぎない、S波速度が700 m/秒の解放基盤表面相当になるのは、海面下100~200m以深である(号機によって異なる)。

分科会の席上、原券の耐震問題に長年たずさわってこられた長老の柴田君委員が「(解放基盤表面は)1981年に現行の指針が出たとき、ある解釈を地震学の方と一緒に工学の立場でやっただけです。そのときの解釈と現在の解釈とで違う、非常に差がある。柏崎が終わるところからのようにも見受けまされども」と意味深長な発言をしている⁽¹²⁾。

柏崎刈羽原券における地震の揺れは、基準地震動 S_8 が450 Galであるのに対して、解放基盤表面相当の1号機地下(深さ約250m)で993 Gal(東西成分)、設計時応答加速度が273 Galの1号機原子炉建屋基礎版上(地下5階)で680 Gal(東西成分)、同じく167 Galの2号機原子炉建屋基礎版上(地下5階)で606 Gal(東西成分)など、至るところで想定をはるかに超える値を記録した(いずれも最大加速度)。しかし、今回の事態そのものは、良識ある多くの人々が懸念していたことなのだから、「想定外」という言葉を使うべきではない。それを使う者は、自らの愚さと無能さをさらけ出しているようなものである。

部で大地震が発生して、それも一連のものと考えられたが、中越沖地震のあと8月2日に起こったサハリン南部の地震(気象庁のM6.4)も無関係ではないのではなからうか。このような状況で、若狭湾・泊・玄海・島根という日本海側の原発付近での大地震発生が懸念される。もちろん、太平洋側の原発もそれぞれに地震学的な問題をかかえている⁽⁹⁾。

今回の地震と原発事故を受けて、原発安全行政の抜本的改革を、審査制度、組織、基準、指針類の全般にわたって断行すべきである。前述の立地審査指針に關係する不備、日本電気協会と規制側の懸着なども根本的に改め、「大地震の震源域」が予想される付近には原発を建設しないという合理的な常識が実現されるようにしなければならぬ。新指針について現在の規定に則して言えば、「震源を特定せず策定する地震動」を全国一律に高めて、「今回の地震動を含む既往最大の地震動」によって「警告が発生しないこと」を原発の大前提にすべきだろう。今回の事態を不幸中の幸いとして、国会での徹底的な審議もおこなって、原発事故の回避に活かさなければならぬ。

文獻と注

- (1) <http://www.nsc.go.jp/semon/shidai/taisinbun.htm>
- (2) 吉岡洋: 原子力の社会史——その日本の展開, 朝日新聞社(1999)
- (3) 分科会第10回速報記録 pp.10~18
- (4) 柴田謙: 日本地震工学会誌, No.5, 10(2007)
- (5) (社)日本電気協会電気技術調査委員会: 原子力発電所耐震設計技術指針 JIAG 4601-1987(1987)
- (6) 分科会第35回(06年1月17日)において、日本電気協会原子力企画委員会耐震設計分科会土木構造部検討会主査を兼ねる衣笠委員が、JIAG4601は一次審査に使われていると述べた。同氏は、このとき、JIAG4601改定案及び電気協会原子力企画委員会耐震設計分科会委員等「参考資料第3号」として配付した「中立的・公開性・信頼性が確保されており、分科会における指針改訂に合わせた改訂版の準備が進んでいるので、原子力発電所の地盤、地盤に関する安全審査の手引き」の改訂はそちらに任せればよいと述べた。これに対しては、協会の耐震設計分科会委員を務める柴田委員が反色はんで、参考資料の配布は不適切だとして徹底的に要求するという一層も

多くの場所で著しい地盤変形が生じ、かなりの陥没や構造物が地盤の隆起・沈降で損傷したり変圧器の火災につながったりしたが、このことは、[十分な支持性能をもつ地盤に設置されなければならぬ]ことをすすべての建物・構築物に要求されるように改訂された新指針⁽²⁾に明白に違反している。第二の理由は、原発にもっと近い場所で大規模な地盤変動が頻発する可能性を否定できないことである。1891年濃尾地震(M8.0)と1909年師川地震(M6.8)、1896年陸羽地震(M約7.2)と1914年秋田仙北地震(M7.1)、1925年北但馬地震(M6.8)と1927年北丹後地震(M7.3)など、隣接地域で内陸地帯内地震が頻発した例は少なくない。しかも、この地域は、活断層帯で活断層も多数ある。第三の理由は、今回の激しい地震動によって、原発の施設・機器・配管の脆弱性を失っていると考えられることである。弾性変形(地震力による変形)が、力がなくなるとともに元に戻るような変形の限界をはるかに超える基準地震動 S_h 以上の揺れに襲われたのだから、核暴走や炉心溶融といった過酷事故こそ起こらなかつたものの、燃料集合体を含む炉心にも損傷が生じていたり、多くの重要な機器・配管類に塑性変形(外力がなくなっても元に戻らない変形)が生じている可能性がある。弾性限界をはるかに超える地震力を受けた金属材料は、外観上はわからなくても、内部が変質して強度が落ちている恐れもある。全原子炉を停止し、核燃料を全部抜き取り安全性を厳重に管理したうえで、実大規模実験を実施された貴重な試験体とみなして、部材を切り出し出して顕微鏡観察に供するなどのあらゆる検証に活用することを検討すべきであろう。

なお、上記の第二に関して付言すると、作業仮説として提案している「アムールプレート東縁変動帯」⁽²⁰⁾が、1995年兵庫県南部、2000年鳥取県西部、04年新潟県中越、05年福岡県西の方沖、07年能登半島、07年新潟県中越沖という各地震(いずれも東西ないし北西-南東の圧縮力による)の連続にみられるように活発化していると考えられる。兵庫県南部地震の4カ月後にはサハリン北

今回は、むしろ運がよかつたと思わなければならぬ。もし、震源域がもう少し南西に寄って主要部分が原発直下にあつたり、すなわち北東で発生した1964年新潟地震のM7.5と同程度の地震規模だつたり、さらに7基全部が運転中だつたりすれば、核燃料炉心溶融・核暴走などの過酷事故が起こって大量の「死の灰」がばらまかれ、今回よりも甚大な地震被害に見舞われたであろう柏崎市や刈羽村を覆い、さらに新潟市までも包んで、広域が全滅するような「原発震災」に至つたかもしれない。気象条件によっては、首都圏の水源地を致命的に汚染し、さらに首都圏を「死の灰」が直撃することもありえた。

東京電力が、徹底および陸上の活断層の見逃しや過小評価をおこなない、安全審査がそれにお墨付きを与えたことが問題になっている。これは、もちろん、それに関わつた専門家の責任も含めて厳重に追及しなければならぬ。しかし、今回の地震の震源層⁽²¹⁾が、海底や地表で認識できる活断層に直結するのかもしれない、そうとは限らない。さらに、事前に海底/内陸活断層が完璧に把握できたとして、今回の地震の震源層モデルと原発サイトの地震動が正確に予測できたかということ、具体的に認識できるのは地表付近に限られていて、地震の本体に関わる地下深部については解明がほとんどを占めるから、諸説が紛糾して非常に厄介だと思われ、正確な予測は疑問である。すなわち、活断層調査はたいへん重要ではあるが、それがすべてではなく、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」を過信するのは不適當である。むしろ、活断層調査を含む変動地形的調査を入念・的確におこなつて過去の地震活動の程度(活発さ)を完全に把握し、「震源を特定せず策定する地震動」を万全にすることこそが重要であろう。現在の日本社会とマスメディアは、阪神・淡路大震災のあと⁽²²⁾と同じように、活断層に皮相的に囚われすぎている。

柏崎刈羽原発は永久に閉鎖すべきである。第一の理由は、前述のように、そもそも地盤が原発立地にまったく適さないことである。原発敷地内の

あった(分科会第35回速報記録 pp.45~53)。本文で述べたような歴史的経緯によって、ある意味では「公私同相」が常態化して、専門家が疎痺している一例だと考えらる。

- (7) 軽水型とは、減速材・冷却材として軽水(普通の水)を使う原子炉。日本の商用発電炉はすべてこのタイプである。
- (8) 事務局の原案は、「さらに、本指針は、今後の新たな必要と経験の蓄積によって、必要に応じて見直しされる必要がある」だつたが、「必要がないから見直しがない」というのでは困るといふ私の修正意見(審分第28-4号、分科会第28回速報記録 pp.28~29)が採用された。
- (9) 中略の部分には「敷地周辺の地質・地質構造並びに地震活動性等の地震学及び地質学的見地から」というおわりにくい修飾句がある。
- (10) 秋山麻: 日本地震工学会誌, No.5, 29(2007)
- (11) 分科会第37回(06年2月8日)の審分第37-3号
- (12) 分科会第38回(05年12月15日)の審分第38-3号
- (13) 日本を含む多くの国で使用が義務づけられている国際単位系(SI)では、m/秒やm/秒²を使うべきだが、地震学では慣例的にkineやGalが用いられている。本書p.1-5、初出は石橋克彦: 科学, 67, 720(1997)
- (14) 本書p.1-5、初出は石橋克彦: 科学, 67, 720(1997)
- (15) 審議W第10-2号; 審分第17-3号
- (16) 加藤研一ほか: 日本地震工学会論文集, 4, No.4, 46(2004)
- (17) 分科会第17回(05年4月22日)の審分第17-6号
- (18) 立石雅昭: in 地震と原子力発電所, 藤井揚一郎編, 新日本出版社(1997) p.160; 武本利幸: 原子力資料情報要選集, No.389, 5(2006); 地震条件が悪いことと活断層を震源と取付がごまかしていることは、地元の民衆が長年におわたつて問題にして訴訟にもなっている。新潟地裁と東京高裁は、原発推進の国策に抵触した形で住民救済の判決を出し、現在最高裁で審理中である。
- (19) 石橋克彦: 週刊金曜日, No.280, 14(1999); 石橋克彦・村田光平: 世界, No.741, 218(2005)
- (20) 分科会第16回(05年3月31日)速報記録 p.36
- (21) 本稿執筆の7月末の段階では、南東傾斜が北西傾斜かという基本的なことを含めて、震源断層モデルが複数提案されて確定していない。地震の性質や観測データの制約から、確定できるかどうかは定かたではない。ちなみに、1964年新潟地震(M7.5)は、観測が非常に不十分な時代だったということが大抵だが、いまだに確定していないし、直轄関係する海防省断層も不明である。
- (22) 石橋克彦: 阪神・淡路大震災の教訓, 岩波書店(1997)
- (23) 名倉善樹ほか: 第12回日本地震工学会シンポジウム論文集(CD-ROM), 43(2006); 前田洋介: 日本地震工学会誌, No.5, 4(2007)
- (24) 石橋克彦: 地震ニュース, 490号, 14(1995)