

(4) 応答スペクトル (大崎の方法) と断層モデルの双方で地震動評価を行うが、過小評価はそのまま

現行指針では「解放基盤表面の地震動の水平方向における最大速度振幅は、地震動の実測結果に基づいた経験式あるいは適切な断層モデルに基づいた理論値を参照して定めることができる。」とされ、基本的には経験式による大崎の応答スペクトルが用いられてきた。新指針(案)では、応答スペクトルと断層モデルを同時並列的に用いて地震動評価を行うことになり「震源が敷地に近く、その破壊過程が地震動評価に大きな影響を与えると考えられる地震については、断層モデルを用いた手法による地震動評価を重視すべきであるとの整理がなされた。」これは、大崎の方法による応答スペクトルの限界を間接的に認め、是正しているように見える。しかし、このような姑息なやり方ではなく、大崎スペクトルでは、直下地震や近距離地震、および震源の深いプレート間地震やスラブ内地震の地震動を過小評価していることをはっきり認め、その限界を明らかにすべきであろう。

断層モデルについても、アスペリティの位置・面積・応力降下量などによって地震動評価が大きく変わるが、その安全サイドに立った断層モデルのパラメータ設定法は確立されたとは到底いえない。結局、地震の発生が想定される断層の震源域内で起こる地震観測記録がなければ、断層モデルによっても地震動が過小評価されることは避けられない。

これらについて少し詳しく見てみよう。

大崎スペクトルが地震の応答スペクトルを最もひどく過小評価するといえるのは、活断層による直下地震または震央域外縁距離内の近距離地震、震源の深いプレート境界地震やスラブ内地震である。

の直下地震や近距離地震で問題となるのは「震央位置を活断層の真ん中に設定している」とことと「震央域外縁距離内で地震動をカットしている」とことである。

大崎の方法では、対象となる活断層の真ん中に震央を置き、地震規模に応じた震源深さの位置に震源を置き、震源距離を金井式に代入して原発敷地内解放基盤表面での最大速度や最大加速度を求めている。そのため、活断層の端が原発のすぐ近くまで来ている場合でも、震源が原発から遠くに設定され、地震動が小さく評価されるのである。今日では震源断層最短距離で距離減衰式が作成されていることから、大崎スペクトルを用いるのであれば、活断層からの断層最短距離

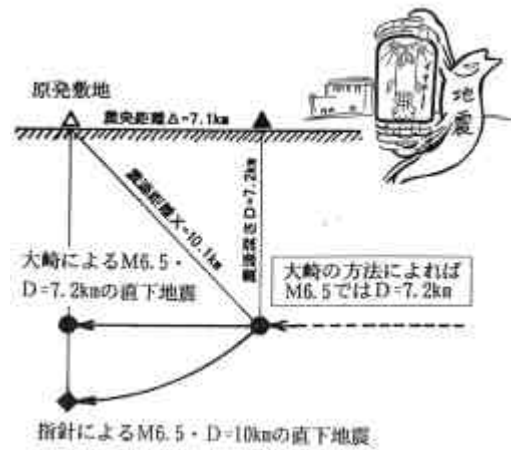


図13. 『M6.5の直下地震』の過小評価のしくみ

離による距離減衰式で地震動の大きさを求め、大崎スペクトルを算出すべきであろう。

また、原発の安全審査では、大崎スペクトルを求める際、「震央域外縁距離内では、解放基盤表面での地震動の最大速度は一定である」として理論的根拠なく最大速度をカットしているのである。この震央域外縁距離 NEARはマグニチュードMに対し次式で与えられ、M6.5で7.1km、M7で10km、M8では25kmにも達する。

$$NEAR = 10 \times 2.5^{M-7} \quad (7 \leq M < 8); 10 \times 2^{M-7} \quad (6 \leq M < 7)$$

現行指針では、どの原子炉設置許可申請書でも『M6.5、震源距離10km』に「直下地震」を想定しているが、原発の直下に想定するとは書かれていない。その秘密はこの「カット」にある。M6.5に対応する震源深さは、安全審査の手法では7.2kmであり、直下に想定するのであれば「震源距離7.2kmにM6.5の直下地震」を想定しなければならない。ところが、震源距離10kmにM6.5の直下地震」を想定しているのは、図13のように震源をM6.5の NEAR = 7.1kmの位置に置けば震源距離がちょうど10kmになるからである。このようにすることで理論的根拠なく地震動を「カット」している事実を隠そうとしたのである。

新指針(案)では『M6.5の直下地震』そのものを廃止し、これに代わる応答スペクトルを直接策定することにしたが、大崎スペクトルを求める際に震央域外縁距離内で地震動をカットすることについては、新指針(案)でも変わらない。

大崎スペクトルは、実際に起きた地震によってその過小評価が明らかにされている。1995年の兵庫県南部地震と昨年8月の宮城県沖地震がそれである。

1995年の兵庫県南部地震に際して震源断層上にあ

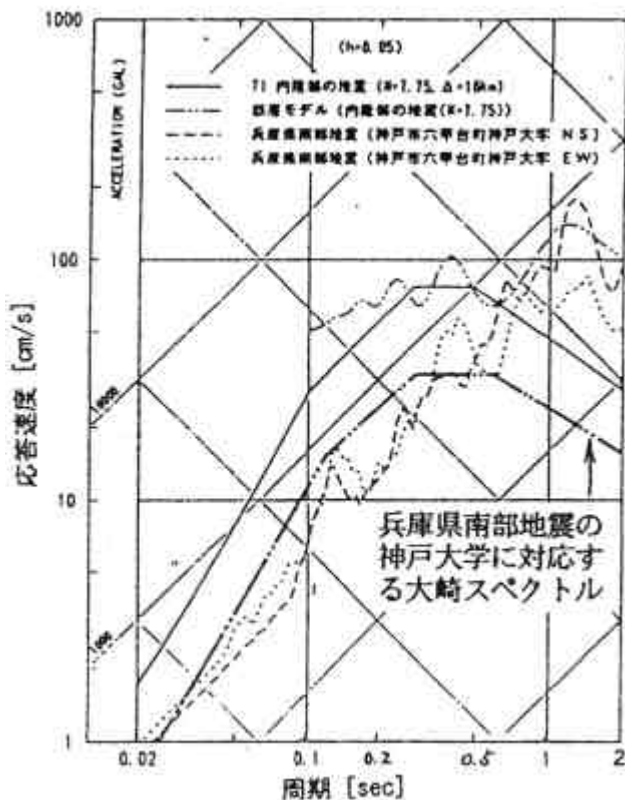


図14 .神戸大学での地震動の応答スペクトル

神戸大学で観測された地震動に対する応答スペクトルおよび大崎スペクトルは図14の通りである。周期約0.3秒以上で観測記録の応答スペクトルが大崎スペクトルを超えている。原発で安全上重要な建物・構築物や機器・配管の固有周期は0.03～0.4秒であるから、この短周期帯で応答スペクトルが過小評価されていると、原発の耐震性にとっては非常に問題だ。兵庫県南部地震では直下地震とはいえ卓越周期が大きかったため、0.03～0.3秒の短周期帯ではかろうじて大崎スペクトルが整合しているといえる。しかし、0.3秒以上でこれほど大きく応答スペクトルが過小評価されているのは、埋戻土等による増幅効果があるとはいえ、やはり問題である。

実線の山形は六甲・淡路島断層帯が活動したと仮定した場合のM7.75の想定地震に対する大崎スペクトルであり、上部にある断層モデルによる応答スペクトルもこの想定地震に対するものである。実は、この場合の大崎スペクトルは、神戸大学が震央域外縁距離内にあるため、地震動の最大速度がカットされ、応答スペクトルがやや小さく評価されている。M7.3の兵庫県南部地震の観測記録による応答スペクトルはM7.75の想定地震に対する応答スペクトルをも遙かに超えている。このように、近距離地震とりわけ震央域外縁距離内で、大崎スペクトルは、実際の応答スペクトルを過小評価

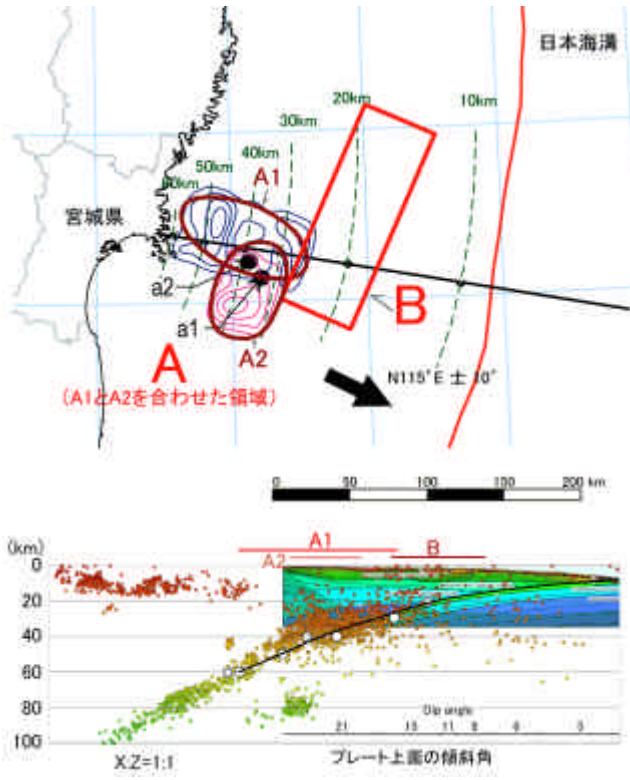
することになる。

兵庫県南部地震を含め震源近傍の硬質岩盤で観測された国内外の16地震の観測記録に対し、大崎スペクトルが、震央域外縁距離内で地震動をカットすることにより実際の地震動による応答スペクトルを過小評価していることについては、図9でも明らかである。

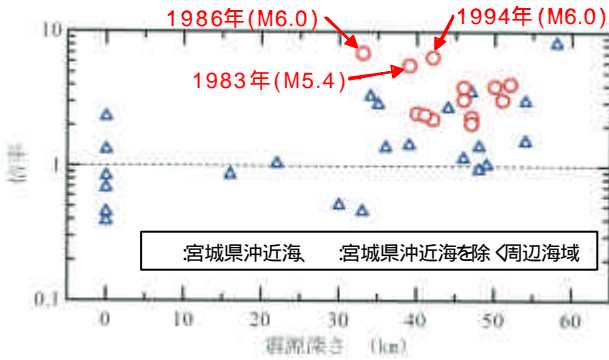
さらに、2004年10月の新潟県中越地震(M6.8、M6.5)や2003年7月の宮城県北部の地震(M5.5、M6.2)でも極めて強い短周期地震動が観測されている。残念ながら震源近傍の解放基盤表面相当の地下岩盤での観測記録がないため、大崎スペクトルの「妥当性」を検査することはできないが、長周期に卓越した兵庫県南部地震でも短周期側の応答スペクトルがギリギリであったことから、これらの場合では大崎スペクトルが応答スペクトルを過小評価していた可能性がある。

昨年8月の宮城県沖地震については、プレート境界地震(新指針(案)では「プレート間地震」)であり、活断層による地震(新指針(案)では「内陸地殻内地震」)とは様相が異なる。1970年代後半にはプレート境界地震やスラブ内地震(新指針(案)では「沈み込んだ海洋プレート内の地震(スラブ内地震)」)では短周期地震動が活断層による地震より強いことがわかり、1980年代には震源断層のアスペリテイにおける応力降下量が大きいほど震源近傍での最大加速度や最大速度が大きいこと、スラブ内地震のほうがプレート境界地震より応力降下量が大きいこと、また、次頁の図15のように、女川原発での地震観測記録から、プレート境界地震やスラブ内地震では震源深さが深いほど地震動が強く、短周期地震動が強いこともわかってきた。

次頁の図16は、図15に示された観測記録のうち「1994年の宮城県沖地震M6.0」の女川原発敷地内地下岩盤での地震動(はざとり波)の応答スペクトルおよびこれに対応する大崎スペクトルである。これより、周期0.5秒以下の短周期側で大崎スペクトルが実際の応答スペクトルを1/5～1/4に過小評価していることがわかる。この傾向は、地震の規模が大きくなって変わらず、昨年8月の宮城県沖地震(M7.2、 $\Delta=73\text{km}$ 、 $X=84\text{km}$)のはざとり波に対する大崎スペクトルは、図17のように実際の応答スペクトルを1/9～1/4に過小評価していた。実は、2003年5月の三陸南スラブ内地震(M7.1、 $H=72\text{km}$ 、 $\Delta=48\text{km}$ 、 $X=87\text{km}$)のはざとり波についても、図18のように大崎スペクトルは実際の応答スペクトルを同様に過小評価していたのである。



A1:1978年宮城県沖地震(M7.4、 $\Delta=65\text{km}$ 、 $H=40\text{km}$)
 A2:1936年金華山沖地震(M7.5、 $\Delta=62\text{km}$ 、 $H=40\text{km}$)



日本電気協会の手法から求まる岩盤表面上の応答スペクトルと観測記録の比の大きさ(周期0.1秒以下の比率の平均)と震源の関係(東北電力報告05.12.14)



図15 .宮城県沖周辺でのプレート境界地震

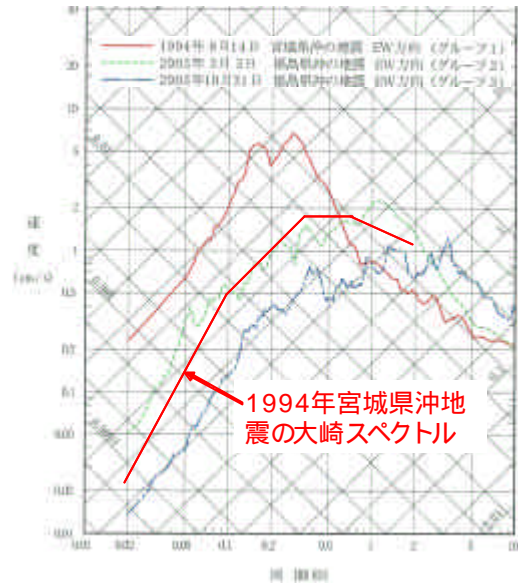


図16 .1994年宮城県沖地震の女川原発観測記録と応答スペクトル(EW方向、M6.0、 $\Delta=83\text{km}$ 、 $H=42\text{km}$)

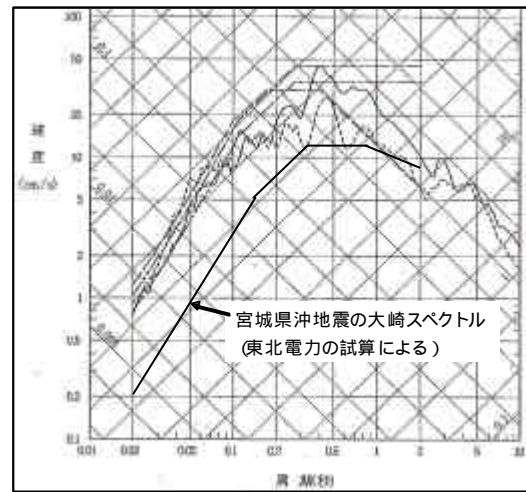


図17 .2005.8.16宮城県沖地震によるはざとり波の応答スペクトルと、対応する大崎スペクトル

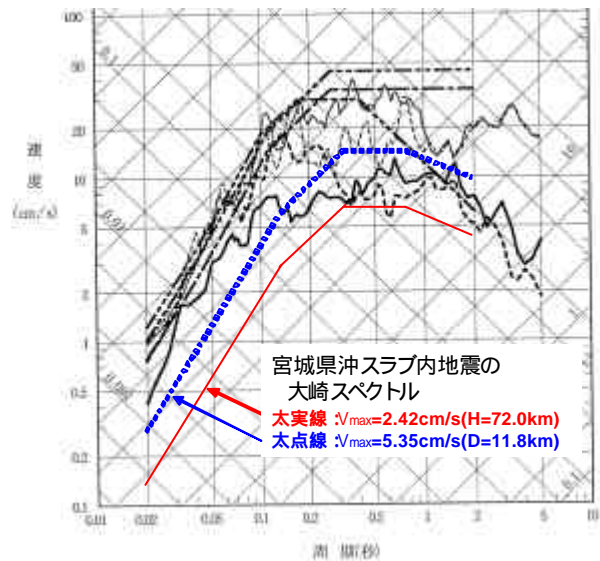


図18 .2003.5.26三陸南スラブ内地震によるはざとり波の応答スペクトルと、対応する大崎スペクトル

プレート境界地震やスラブ内地震に対する大崎スペクトルの求め方は、活断層による地震とは異なり少しこみ入っている。まず、活断層による地震に対する大崎の方法に従って大崎スペクトルを求めた後、プレート境界地震やスラブ内地震では震源が深い分だけ地震動の最大速度を金井式で小さく算定し直し、その分だけ応答速度を小さく計算し直しているのである。図18のスラブ内地震における太点線が活断層による地震に対応した大崎スペクトルであり、その下の太実線がスラブ内地震に対する大崎スペクトルである。つまり、安全審査ではプレート境界地震やスラブ内地震の応答スペクトルを一層過小に評価しているのである。ただし、このことは、指針にもどこにも書かれておらず、原子炉設置許可申請書に計算結果の図だけが載っているのである。

3月の志賀判決は大崎の方法が実際の地震動に対する応答スペクトルを過小評価しており、これに基づく安全審査は無効だと判断した。原子力安全委員会や経済産業省原子力安全・保安院は1980年代後半から大崎スペクトルに問題があると知りつつ放置してきたのであり、その責任は重いと言わざるを得ない。新指針(案)でも大崎の方法による応答スペクトルの問題点に何も言及せず、断層モデルと併用すれば問題が解決されるかのようにしているのは大問題である。

断層モデルについても、断層モデルのパラメータの設定法、とりわけアスペリティの位置と応力降下量および破壊方向の設定の仕方によって応答スペクトルが大きく変わる。断層モデルで想定された震源域内での中小地震に対する原発敷地内岩盤での過去の地震記録がなければ、これらを正確に設定することは困難である。このことは、図19に示したように、昨年8月の宮城県沖地震の女川原発での観測記録を用いて、推本の策定した想定宮城県沖地震の断層モデルを再評価した結果をみれば明らかである。すなわち、訂正推本波($V_s = 1500\text{m/s}$)が、推本が当初算定(統計的グリーン関数で試算)した応答スペクトルであり、想定宮城県沖地震AのNSまたはEW方向の応答スペクトルが、地震観測記録により再評価(経験的グリーン関数で再計算)した結果である。短周期側で後者の応答スペクトルが前者より2~3倍大きくなっていることがわかる。

推本の断層モデル策定のレシピに従ったとしても、断層モデルのパラメータ設定を変えれば、応答スペクトルの値を都合良く小さくすることは比較的容易なこと

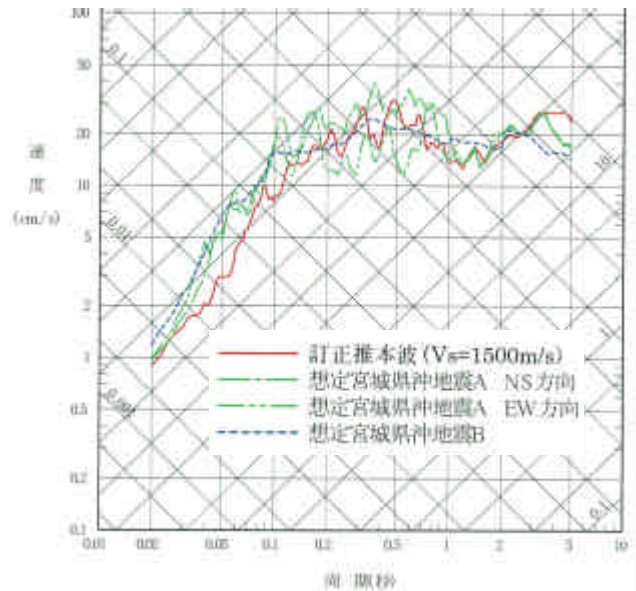


図19 訂正推本波の応答スペクトルと想定宮城県沖地震AおよびBの応答スペクトルの比較(東北電力2005.12.22追加報告)

である。実際のところ、推本自身が断層モデルの同定に際し、最初はレシピに従うものの、観測記録をうまく再現できない場合には、観測記録に合うよう断層モデルのパラメータを大きく変えているのである。例えば、想定宮城県沖地震そのものが、「海溝型地震の強震動評価のレシピ」からかなりはずれた断層モデルになっている。結局、地震観測記録がなければ断層モデルといえども正確な地震動評価を行うことはできないのである。安全審査ではこのことを率直に認め、安全サイドに立った地震動評価を行うべきである。

(5) 基準地震動 S_s を超える地震の発生、それによる原発重大事故の危険を「残余のリスク」で容認した

今回の指針改定では、確率論的安全評価PSAによる耐震設計の全面的な導入が図られた。しかし、検討の過程でその手法は未だ未確立であることがはっきりしたため、時期尚早として見送られた。ところが、これが「残余のリスク」という形で解説の中で導入された。

この「残余のリスク」とは、基準地震動を超える大地震によって原発重大事故が起こり、土地・森林・湖沼・河川・大気や動植物等の自然が放射能で汚染され、農地・建物・水など経済的財産が放射能汚染で使えなくなり、人々が急性放射線障害で死に、ガン・白血病や「原爆ブラブラ病」に一生苦しめられるリスクのことである。これまでは限界地震を超えるような地震は考えられないという決定論的な立場で耐震設計が行われて

きたが、新指針(案)ではこのような確率論的な立場が部分的に導入されたのである。これは耐震設計審査指針の大きな転換と言える。

それは、地震による原発重大事故のリスクを国民に受認するよう迫る危険なものであり、定期検査の部分的オンライン化や2年までの長期連続運転の容認など原発の保守管理活動に対する安全規制緩和を確率論的安全評価によって正当化しようとする動きと軌を一にしている。

それは、国民に受認させる原発重大事故のリスクを「安全目標」として定め、このリスクの増分がある範囲内に収まっておれば耐震強度の引き下げや保守管理活動への安全規制緩和を行ってもよいというものである。このような方向への安全規制の転換を許してはならない。

現行指針は、基準地震動S1およびS2について決定論的立場から次のように記している。

< 基準地震動 S1 >

基準地震動S1の決定に際して考慮すべき地震は、工学的見地から起こることを予期することが適切と考えられる地震である。すなわち、歴史的証拠から過去において敷地又はその近傍に影響を与えたと考えられる地震が、近い将来再び起こり敷地及びその周辺に同様の影響を与えるおそれがあると考えことは妥当であると思われる。また近い将来敷地に影響を与えるおそれのある活動度の高い活断層による地震を考慮することも必要である。これらのうち敷地の基盤に最大の地震動を与える地震を設計用最強地震とし、これが現実に起こることを仮定して建物・構築物及び機器・配管に基準地震動S1を与えるものとしたのである。」

< 基準地震動 S2 >

基準地震動S2の決定に際して考慮すべき地震は、地震学的見地に立てば設計用最強地震を超える地震の発生が否定できない場合があるので地震学上設計用最強地震を上回る地震が比較的近い時代に発生したことがあると判断される場合、さらに工学的見地からの検討を加えて、これが将来再び起こると仮定したものである。しかし地震地体構造の見地及び過去の地震の発生状況からすると、それぞれの地震発生区域ごとに地震の上限があるとみなすことができるのでそのような地震の規模と発生域を敷地周辺の活断層及び地震地体構造に基づいて考えることは可能である。これ

ら地震のうち敷地の基盤に最大の地震動を与える地震を設計用限界地震とし、それが起こると仮定して建物・構築物及び機器・配管の基準地震動S2を与えたのである。」

この記述によれば、最強地震は現実に地震によって超えられるかも知れないが、限界地震は地震の上限であり、これが現実に超えられるとは考えられていない。しかし、昨年8月16日の宮城県沖地震では、女川原発の限界地震による基準地震動S2の応答スペクトルが現実の地震動によって超えられた。本来なら、このようなことのないように限界地震による基準地震動S2を極めて大きく設定し、残余のリスクなど問題にならないようにしなければならない。ところが、新指針(案)では、S2に代わる基準地震動Ssを超えるリスクがあることを「容認」する立場を解説の中で次のように鮮明に打ち出したのである。

< 残余のリスク >

地震学的見地からは…策定された地震動を上回る強さの地震動が生起する可能性は否定できない。このことは、耐震設計用の地震動の策定において、『残余のリスク』(策定された地震動を上回る地震動の影響が施設に及ぶことにより、施設に重大な損傷事象が発生すること、施設から大量の放射性物質が放散される事象が発生すること、あるいはそれらの結果として周辺公衆に対して放射線被ばくによる災害を及ぼすこと(のリスク)が存在することを意味する。したがって、施設的设计に当たっては、策定された地震動を上回る地震動が生起する可能性に対して適切な考慮を払い、基本設計の段階のみならず、それ以降の段階も含めて、この『残余のリスク』の存在を十分認識しつつ、それを合理的に実行可能な限り小さくするための努力が払われるべきである。」

このような『残余のリスク』の導入が現行指針とは相容れないものであるにもかかわらず、新指針(案)では基本方針は同じだと次のように偽っている。

< 現行指針の基本方針 >

発電用原子炉施設は想定されるいかなる地震力に対してもこれが大きな事故の誘因とならないよう十分な耐震性を有していなければならない。また、建物・構築物は原則として剛構造にするとともに、重要な建物・構築物は岩盤に支持させなければならない。」

< 新指針(案)の基本方針 >

耐震設計上重要な施設は、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震工学的見地から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。さらに、施設は、地震により発生する可能性のある放射線による環境への影響の観点からなされる耐震設計上の区分ごとに、適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられるように設計されなければならない。

また、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。」

< 新指針(案)の基本方針の解説 >

耐震設計においては、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』を十分な考慮をもって適切に策定し、この地震動を前提とした耐震設計を講ずることにより、地震に起因する外乱によって周辺の公衆に対し、著しい放射線被ばくのリスクを与えないようにすることを基本とすべきである。

これは、旧指針の「基本方針」における「発電用原子炉施設は想定されるいかなる地震力に対してもこれが大きな事故の誘因とならないよう十分な耐震性を有していなければならない」との規定が耐震設計に求めているものと同等の考え方である。」

現行指針は、「著しい放射線被ばくのリスクを与えない」という考え方をとってはならず、「想定されるいかなる地震力に対してもこれが大きな事故の誘因とならない」ことを求めている。ところが、新指針(案)は、「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」ことを求めている。つまり、「想定することが適切な地震動」に限定して耐震設計を行うこととし、これを超える可能性が最初から想定されているのである。この観点からは、「想定される最大限の地震動」に対して耐震設計を行うのではなく、「どの程度のリスクまでなら許容できるのかをあらかじめ定め、そのリスクを容認することを前提として想定する適切な地震動」に対して耐震設計を行えばよいと

いうことになる。ここに確率論的安全評価の考え方が持ち込まれているのだ。これまでのように「起こりうる」と考えられる最大限の地震動として基準地震動を策定するのではなく、「原発震災のリスクをある程度許容し、「超過確率を参照」しながら「適切に」基準地震動 S を策定すればよい」といふ観点になっているのである。これはもはや「同等の考え方」ではない。「残余のリスク」を積極的に許容する新指針(案)の考え方に基づけば、浜岡など巨大地震の切迫している一部の原発を除いて、新指針(案)で策定される基準地震動 S が現行指針の S2 をかなり超える大きな地震動として設定し直される可能性は乏しいと言わざるを得ない。

しかも、解説 (3) では、「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』については、それぞれ策定された地震動の応答スペクトルがどの程度の超過確率に相当するかを把握しておくことが望ましいとの観点から、それぞれが対応する超過確率を安全審査において参照することとする。」と明記され、「残余のリスク」は安全審査で参照され、審査の対象とされている。これは、安全審査の中へ確率論的安全評価の考え方をなし崩し的に取り込んでいくことを宣言しているに等しい。「残余のリスク」が今後策定されるかもしれない「定量的安全目標値」より小さければ、基準地震動 Ss をもっと小さく設定してもよいという議論にもつながりかねない。

将来起こりうる地震動が S を超えることは絶対に容認できない」という声を明確にあげていかない限り、安全審査の基本的立場が「S を超える地震動を積極的に容認する」ものへ変質していくのは避けられない。その道程はすでに始まっている。しかし、原発震災のリスクを容認するような安全審査を国民は決して望んではいないであろう。

なお、現行指針にあった「剛構造」と「岩盤支持」の要件は新指針(案)では免震構造の技術的進歩を理由として削除されたが、これが中小原発の地下立地や海上立地に道を開くことにならないよう監視していかなければならない。

我々は、地震のことをまだほんの少ししか知ってはいない。確率論的安全評価ですべてわかったかのように振舞うのは思い上がりである。阪神・淡路大震災のあと、地震学者が総懺悔して示した自然の驚異への畏敬の念を片時も忘れてはならない。

(2006年5月10日作成、5月20日一部改訂 図6も修正)