

新しい耐震設計審査指針(案)は、「自然の摂理」に耐えられるか？

長沢 啓行 (大阪府立大学大学院工学研究科
教授、専門は「生産管理システム」)

1. 事務局の手で強引にまとめられた新指針(案)

1995年に起きたマグニチュード7.3(M7.3)の地震による阪神・淡路大震災は大都市が直下地震に脆いことを明らかにし、「原発は直下地震に耐えられるか」と問いかけた。国は即刻、「既存原発の耐震安全性の確認」を実施し、現行指針で十分だと結論を出して居直った。ところが、その後も地震が多発し、2000年には鳥取県西部で伏在断層によるM7.3の大地震が起こり、原子力安全委員会は遂に重い腰を上げるに至ったのである。しかし、そもそも現行の耐震設計審査指針に問題有との認識がなかった国にとって急ぐ理由はなく、2001年7月に開始された指針改定の議論は遅々として進まなかった。このような中、2004年10月には伏在断層によるM6.8の新潟県中越地震が起き、2005年8月にはM7.2の宮城県沖プレート境界地震が起きた。この地震では運転中だった女川原発が3基とも自動停止し、敷地内岩盤での地震観測記録は安全審査で妥当とされた基準地震動の応答スペクトルを超えた。これを受けて今年3月に下された志賀2号建設差止判決は、現行の耐震設計審査指針による安全審査の誤りを指摘し、原子力安全委員会の怠慢を指弾した。

原子力安全委員会事務局は当初、確率論的安全評価(地震PSA)を指針へ全面的に導入しようと目論んでいた。しかし、ワーキンググループでの議論が思うように進まず、一応の「ワーキンググループ報告」を受け、2004年6月以降は事務局主導による「耐震指針検討分科会でのとりまとめ作業」に入った。その後1年程度は月1回のペースであったが、2005年後半には月2回のハイペースになり、今年に入ってから4ヶ月で9回のハイペースで最終案をとりまとめたのである。宮城県沖地震と志賀判決が原子力安全委員会の「威信」を失わせ、最終段階で、指針のとりまとめを急がせたとも言える。

しかし、評価の対象とする活断層の時代区分、基準地震動の策定法、確率論的安全評価による「残余のリスク」等に議論が偏り、宮城県沖地震と志賀判決で明らかにされた現行指針と安全審査の問題点、大崎の方法など耐震設計の方法そのものに関する見直しの具体的な議論はほとんど行われなかった。

2. 宮城県沖地震と志賀判決で対応を迫られる

昨年8月の宮城県沖地震は、安全審査での基準地震動の設定が甘すぎることを事実で示した。これを契機に、「大崎の方法ではプレート境界地震が過小評価される」ことが、20年前からの中規模地震の観測を通じてわかっていたことも明らかにされた。

これを受けて、金沢地裁は志賀2号建設差止判決で、直下地震や活断層帯の過小評価、大崎の方法など耐震設計の欠陥を指摘し、「安全審査に合格しているからといって、耐震設計に妥当性に欠けるところがないとは即断できない。」と断じ、「志賀原子力発電所2号原子炉を運転してはならない。」と断じた。

対応を迫られた原子力安全委員会事務局は、急ピッチで進めていた耐震設計審査指針のとりまとめ作業を一層強引に推し進めた。本来であれば、判決で指摘された点について、原子力安全委員会として反省し、釈明し、指針改定に反映させるべきところであるにもかかわらず、事務局による強引なとりまとめが正当化されるかのように振る舞い、根本的な問題点を残しながら4月28日、新指針(案)をとりまとめたのである。

3. 新しい指針案の問題点

新指針(案)は、「25年ぶりの大改定」であり、4年10カ月にわたり検討された。マスコミ等では「指針が高度化された」と歓迎する評価が支配的である。果たして、本当にそうであろうか。我々の目は節穴ではない。

「耐震設計審査指針が高度化された」と喧伝されている主な中身は、次の通りである。

(1)「M6.5の直下地震」が廃止され「震源を特定せず策定する地震動」に置き換えられた、(2)活断層の評価対象期間が延長された、(3)Aクラスの施設がAsクラス並みに扱われるようになった、(4)応答スペクトルに加えて断層モデルが併用されることになった、(5)基準地震動を超える「残余のリスク」が考慮されるようになった。

これらはいずれも「指針高度化」を語りながら、実は、原発の耐震設計を現行指針以上に強化するものではなく、むしろ耐震強度を大幅に引き下げる可能性すらはらんでいる。以下では、これらの一つ一つを具体的に検討し、問題点をえぐり出すことにしよう。

(1) 原発にとっても最も危険な直下地震が

依然として過小評価されている

新指針(案)では、「M6.5の直下地震」が廃止され、震源を特定せず策定する地震動」に置き換えられた。これによりM6.8程度の直下地震まで考慮されるようになったと報道されている(以下、特に断らない限り「M6.8」は「気象庁マグニチュード6.8」を意味し、「モーメントマグニチュード6.8 (Mw6.8)」と区別する際には「M6.8」と表す場合もある)。ところが、この地震動は、地表地震断層の現れなかった地震のうち、「事前に詳細な調査を行えば地震の発生と規模を評価できると考えられる地震」を除去し、震源近傍(20km以内)の岩盤でとられた地震観測記録に基づいて定められる。そのため、利用できる観測記録は極端に少ない。予知できない伏在断層によるM7クラスの地震の観測記録があればいいのだが、それは存在せず、用いられた地震観測記録はM6.6までのものでしかない。結果として、短周期側では、現行指針の「M6.5の直下地震」とさほど変わらない地震動になっている。

その具体的な策定手順は、(社)日本電気協会原子力発電耐震設計専門部会で検討され、日本地震工学会論文集(第4巻、第4号、pp.46-86、2004)に発表され、第17回耐震指針分科会でも紹介された。その概要は次の通りである。

まず、地震観測点の条件として、震源断層最短距離が20km以内であり、地震観測点の地盤が第三紀以前の地質分類に属し、未固結層が10m未満であり、未固結層の下に“Rock”が存在する硬質地盤であることとし、日本と米国で16地震に対する観測記録を収集している。国内では5地震(MJ6.2~7.3)、米国ではカリフォルニアの11地震(モーメントマグニチュードMw5.8~7.0)、計16地震であり、これらの疑似速度応答スペクトルが次頁の図3である。

これらの地震のうち、)短くても地表地震断層が現れた地震を除き、周辺の活断層や活褶曲構造などから起こりうると推定できる地震を除外する。その結果、鹿児島県北西部地震(1997年3月M6.6と5月M6.4の2地震)の地震動観測記録しか残らなかった。これだけでは余りにも説得力がないため、「事前に震源の位置と規模を評価できた可能性がある」として除外した地震のうちMJ6.5未満(Mw6.2未満)の7地震については、なぜか、図1および2のように「MJ6.8を境に断層パラメータのスケールが変わることから確実に事前に

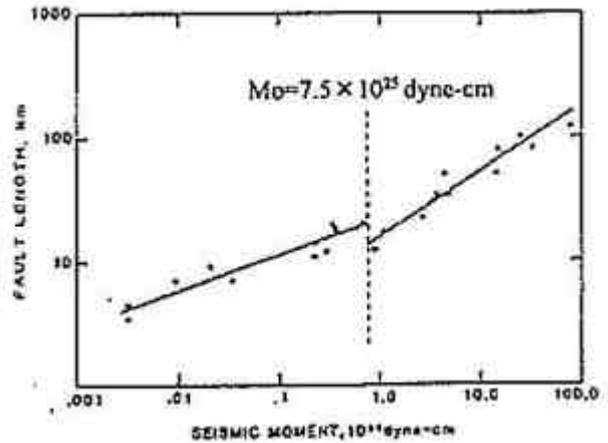
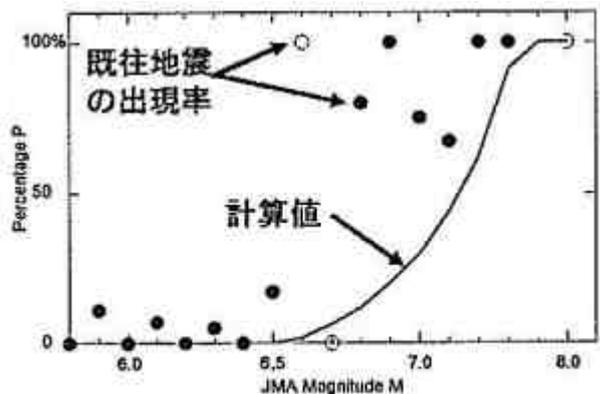


図1. 国内地震の地震モーメントと断層長さの関係 (第17回耐震指針検討分科会2005.4.22、震文第17-4号、独立行政法人原子力安全基盤機構・Shimazaki(1986)に加筆)



武村(1998)のFig.8に加筆

図2. 地表への地震断層出現率

(第17回耐震指針検討分科会2005.4.22、震文第17-4号、独立行政法人原子力安全基盤機構・Okada(1985)の方法を用いて地震規模別にアスペリティの深さ位置のパラメータ解析を行い、地表の最大相対変位が基準値5cmを超える(地表断層が出現する)確率を算定し、武村(1998)の既往地震の出現率と比較した結果ほぼ整合する(香川ほか(2003c)) (○は一つのデータ、●は二つ以上のデータによる)

震源を特定できるとは断定できない」との理由を付けて、記録の少なさを補う方針とした。こうして、次頁の図4のように、9地震に対する疑似速度応答スペクトルを描き、これらを包絡する応答スペクトルを「上限レベル」として描いた。今後新しい地震観測記録が得られない限り、これが新指針(案)の「震源を特定せず策定する地震動」として用いられることになる。

この地震動の策定に使われた地震動観測記録は次の通りである(Xshは震源断層最短距離を表す)。

< 国内3地震 >

1997年鹿児島県北西部地震

(3月MJ6.6, Xsh=9km ; 5月MJ6.4, Xsh=14km)

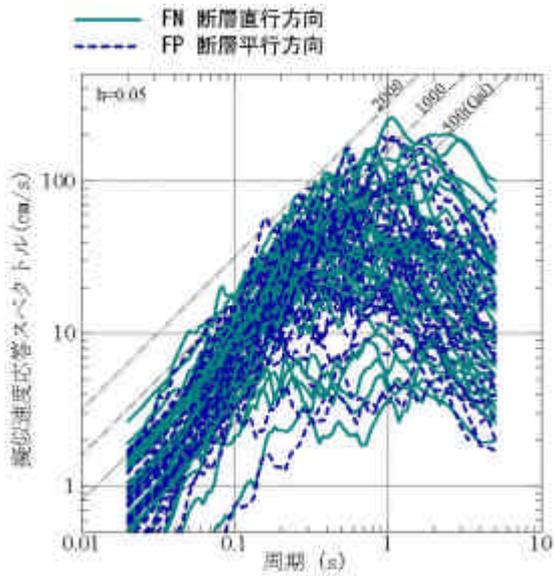


図3.震源近傍硬質岩盤で観測された水平動の疑似速度応答スペクトル

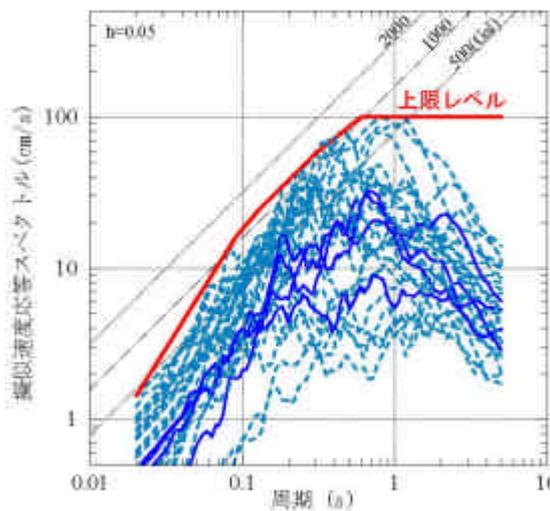


図4.震源を事前に特定できない地震による震源近傍の観測記録の水平動応答スペクトルとその上限レベル(実線は1997年鹿児島県北西部地震の鶴田ダムの上限レベル)

クトル、破線はスケリングの観点から確実に事前の震源を特定できるとは断定できないと判断したMj6.5(Mw6.2)以下の7地震のスペクトル) (出典 加藤・宮腰・武村・井上・上田・壇:日本地震工学会論文集、第4巻、第4号、pp.46-86(2004))

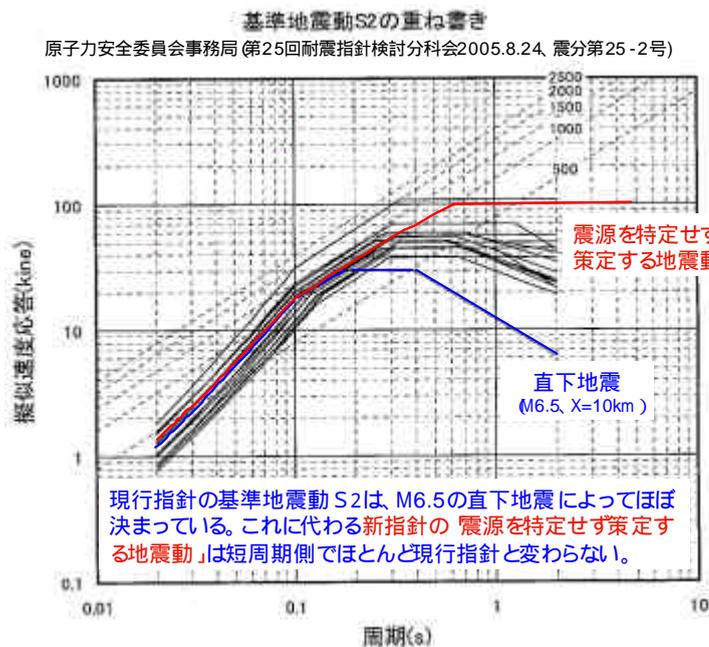


図5.現行指針による基準地震動S2の重ね書きと「震源を特定せず策定する地震動」の対応関係

(直下地震を下回っているのは直下地震以外の地震動S2-Dであり S2は直下地震とS2-Dの大きい方の値で定められている)

- 震源を特定せず策定する地震動を S2が超える原発: 周期0.03 ~ 0.4秒で
- ~ 2倍 : 浜岡
 - ~ 1.3倍 : 志賀、敦賀、伊方
 - ~ 1.2倍 : 大飯、美浜、柏崎刈羽

原子力安全委員会事務局 (第25回耐震指針検討分科会2005.8.24、震分第25-2号)

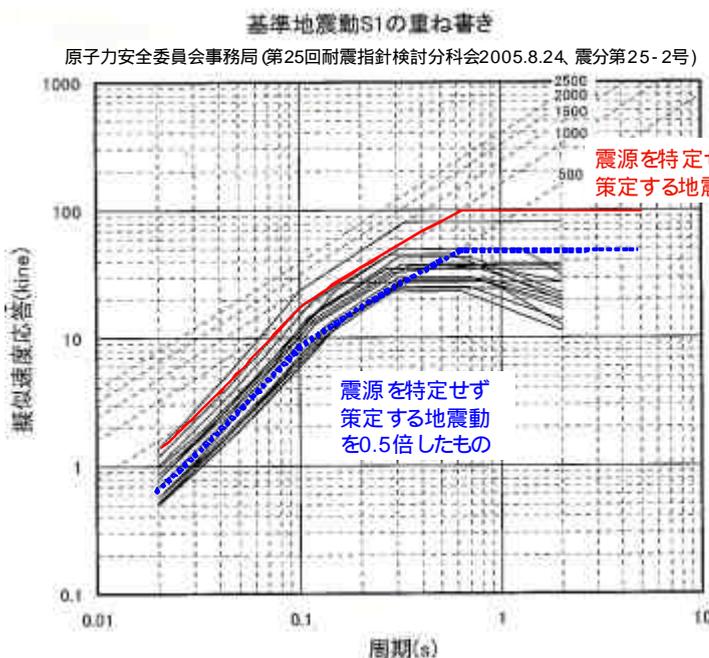


図6.現行指針による基準地震動S1の重ね書きと「震源を特定せず策定する地震動」の対応関係

現行指針の基準地震動S1は廃止され、弾性設計用地震動Sdに置き換えられるが、SdはSsの0.5倍を下限として策定される。仮に、Ssが現行指針のS2と大差なければ、「震源を特定せず策定する策定する地震動」が事実上Ssに等しくなり点線のようにその0.5倍にSdが設定されるとすれば、多くの原発で弾性設計が大幅に緩和されることになる。

震源を特定せず策定する地震動を S1が超える原発: 浜岡のみ

震源を特定せず策定する地震動を0.5倍したものをS1が下回る原発: 周期0.03 ~ 0.4秒では一部だけ

1998年岩手県北部地震(MJ6.2, Xsh=13km)

< 米国 6地震 >

1966年Park field (Mw6.2, Xsh=13km)

1978年Santa Barbara (Mw5.8, Xsh=11km, 13km)

1979年Coyote Lake (Mw5.8, Xsh=5km, 13km)

1984年Morgan Hill (Mw6.2, Xsh=3km, 6km, 12km)

1987年Whittier Narrows (Mw6.0, Xsh=15km, 17km)

1991年Sierra Madre (Mw5.6, Xsh=10km)

地震動観測記録のあるマグニチュード7クラスの地震、すなわち、1995年兵庫県南部地震(MJ7.3, Xsh=9km)、2000年鳥取県西部地震(MJ7.3, Xsh=0.2km)および1994年Northridge (Mw6.7, Xsh=5~20kmの9観測地点)の記録は都合よくはずされた。

第17回耐震指針検討分科会では「地表地震断層の有無にかかわらず M7.3までの地震観測記録を使うべき」との意見が出された。これは同分科会でも指摘されたように「地表地震断層の現れた地震より、地表まで破壊が突き抜けなかった震源断層のほうが短周期地震波が強い」という事実から見れば、しかも、地震観測記録が極めて少ないという現状から判断して当然の主張であった。しかし、この意見は次のような的はずれの主張によって葬り去られた。「地表まで現れなかった震源断層を特に集中的に解析することにより安全側の評価になっている」という主張(=地震観測記録が数多く利用できるときにのみ成り立つ一般論)や、「詳細な調査で断層が特定できなかった場合は保険としては必要だが、保険を既往最大にすると電力事業者は何もなくていいということになるから最小限の要求に留めて電力会社に最大限の調査を求めるべきだ」という主張(=調査によっても震源になりうる断層を見逃す可能性を認識しつつ調査へのインセンティブを与えたいという警意の期待)である。

結果として、M6.6以下の地震しか考慮せず、「近傍」ではあるが「直下」の地震観測記録でもないため、原発にとって最も重要な0.03~0.4秒の短周期領域のうち約0.2秒以下では現行指針の「直下地震M6.5」の応答スペクトルとほぼ同じである。0.2~0.4秒では直下地震以外の地震による応答スペクトルで事実上カバーされているため、基本的には「震源を特定せず策定する地震動」によって、従来からの基準地震動が変更される部分はほとんど存在しない。このことは前頁の現行指針による基準地震動S2の重ね書きと「震源を特定せず策定する地震動」の対応関係の図5を見れば一目

瞭然である。この図で、M6.5の直下地震を下回っている領域にある実線は直下地震以外の地震動S2-Dの応答スペクトルの一部であり、S2は直下地震とS2-Dの大きい方の値で定められていることに注意しなければならない。図5によれば、現行指針のS2が周期0.03~0.4秒の範囲で一部でも「震源を特定せず策定する地震動」を超えている原発は、浜岡(約2倍)、志賀、敦賀、伊方(約1.3倍)、大飯、美浜、柏崎刈羽(約1.2倍)であり、これら以外のサイトではS2の応答スペクトルが「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトルを下回っている。つまり、新指針(案)の「震源を特定せず策定する地震動」が大半の原発で現行指針の地震動S2を包絡するものになっているのだ。このことから、「M6.5の直下地震」およびそれに置き換わる「震源を特定せず策定する地震動」が、耐震設計審査指針においていかに重要な位置を占めているかがわかって

新指針(案)のように、「地震観測記録だけから震源を特定せず策定する地震動」を求める方針をとる場合には重大な落とし穴がある。それは、「地震観測記録が震源から観測点までの地盤に固有の影響を受けること、原発にとって重要な短周期地震動は距離による減衰が著しいこと(20km圏内の上記地震観測記録では距離補正が行われていないことも問題である)、逆断層の場合には上盤効果(逆断層の上側の地層では地震動が大きいという効果)を無視できないこと、地表地震断層が現れる場合でも、兵庫県南部地震のように震源断層のごく一部しか現れない場合が多く、活断層や活褶曲等による断層評価だけでは地震の規模がM7クラス以下へ過小評価される場合があることである。「震源を特定せず策定する地震動」としては伏在断層による直下地震の応答スペクトルを設定することが重要なことから、それにふさわしい方法をとるべきである。震源近傍での地震動観測記録が極めて少ない現状に合わせて、想定すべき直下地震の規模をM7.3と定め、それ以下の地震動観測記録に基づく応答スペクトルをすべて包絡させ、さらにアスペリティが深さ3~5km程度と比較的浅く地表に向かって破壊が進む最悪の場合を断層モデルで評価し、これらをすべて包絡するように直下地震の応答スペクトルを想定すべきではないだろうか。

日本電気協会原子力発電耐震設計専門部会は「震源を特定せず策定する地震動」の設定に用いた地震観測記録が余りに少ないことにさすがに気が引けたの

か、Mj6.8の長野県西部地震に関する震源断層最短距離 X_{sh} が20km以遠のダムサイトでの地震動観測記録を0.3kmへ距離補正した応答スペクトルを図7のように示し、震源を特定せず策定する地震動」の枠内に収まっていると主張した。また、Mj6.8の新潟県中越地震のKiK-net湯ノ谷(震源断層最短距離約20km、GL-110m、 $V_s=780\text{m/s}$)でははざとり波の応答スペクトルを図8のように示し、これも震源を特定せず策定する地震動」の枠内にギリギリのところまで収まっていると主張した。一部のマスコミは、これらを根拠に「Mj6.8まで考慮した」かのように報道している。しかし、長野県西部地震はかなり遠方の観測記録であり、短周期地震動の減衰が大きく、湯ノ谷はギリギリ20kmだが、逆断層の下盤側に相当するため、上盤側の観測記録によれば上盤効果でもっと地震動が大きいはずであると、分科会で委員からも批判されている。また、約20km離れているが、長野県西部地震の場合とは異なり、0.3kmへの距離補正はされていない。この距離補正を行えば「震源を特定せず策定する地震動」を超えることは間違いない。

したがって、新指針(案)で「M6.5の直下地震」を「M6.8の直下地震まで拡張した」という一部マスコミの報道は国民の目を欺くデマ宣伝にほかならない。正確には、国民の原発耐震性強化の期待に反し、新指針(案)では「現行指針とほとんど変わらない程度の直下地震しか考慮していない」のである。

ちなみに、内閣総理大臣を会長として全閣僚・指定公共機関の長・学識経験者で構成される中央防災会議は、内陸部で発生する被害地震のうち、M7.3以下の地震は、活断層が地表に見られていない潜在的な断層によるものも少なくないことから、どこでもこのような規模の被害地震が発生する可能性があると考えられる。(第5回東南海・南海地震専門調査会2002.6.12)とし、活断層が地表で認められない地震規模の上限については、今後の学術的な議論を待つ必要もあるが、防災上の観点から、今回の検討では、M6台の最大であるM6.9の地震を想定する。(第18回東南海・南海地震専門調査会2005.2.18)としている。原発の耐震設計ではこれより小さな直下地震しか想定しないというのでは国民の合意は得られないであろう。少なくとも現時点では、M7.3までの地震観測記録を全て包絡する応答スペクトルとして「震源を特性せず策定する地震動」を定めるべきであろう。

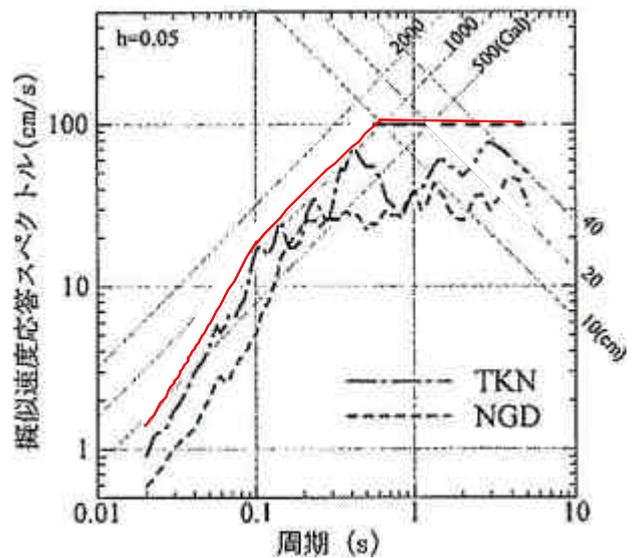


図7.長野県西部地震(1984、Mj6.8)のダムサイトTKN($X_{sh}=22.7\text{km}$)とNGD($X_{sh}=33.6\text{km}$)での観測記録を $X_{sh}=0.3\text{km}$ へ距離補正した応答スペクトルの「震源を特定せず策定する地震動」との比較

(社)日本電気協会原子力発電耐震設計専門部会(第17回耐震指針検討分科会2005.4.22、震分第17-3号)

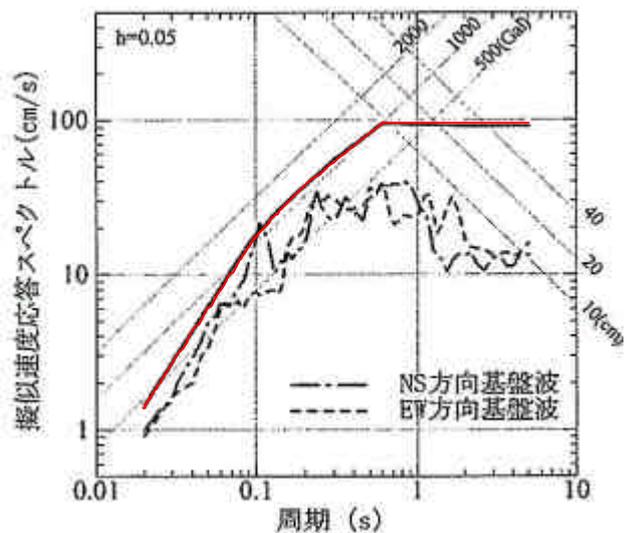
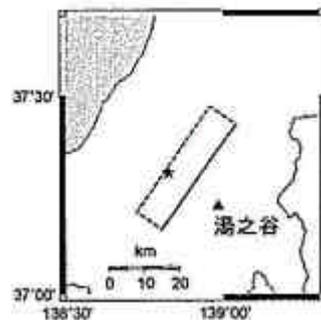


図8.新潟県中越地震(2004.10、Mj6.8)のKiK-net湯ノ谷(震源断層最短距離約20km、GL-110m、 $V_s=780\text{m/s}$)でははざとり波の応答スペクトルとの比較



実は、図3そのものがM7.3までの震源近傍の硬質岩盤で観測された水平動の疑似速度応答スペクトルなのである。したがって、これを包絡するように「震源を特定せず策定する地震動」をつくれれば、国民も一応、

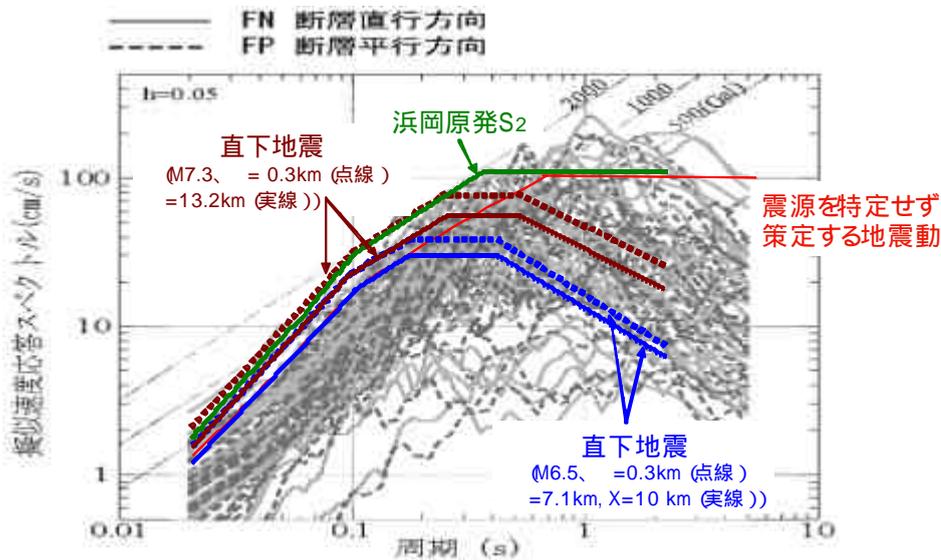


図9. 図3の疑似速度応答スペクトルと「M7.3およびM6.5の直下地震」の大崎スペクトル(点線は震央域外縁距離で地震動をカットしない場合)および「浜岡原発の基準地震動S2の応答スペクトル」との関係

納得するかもしれない。ところが、図9のように、観測記録が最も大きな浜岡原発の基準地震動S2をも超えてしまう。これらを包絡するほど大きな応答スペクトルが設定されると、全原発で耐震設計をや「直さなければならぬ。ほとんどの原発で運転停止を余儀なくされる。---- それがわかっていたからこそ、このような地震動を策定しなかったのだ。耐震指針検討分科会では、まさに「結論ありき」の検討しかしていないのである。

図9には、参考のため、「M7.3の直下地震」に対する大崎スペクトルも描いておいた。大崎スペクトルでは震央域外縁距離内で地震動をカットしており、応答スペクトルはこの領域内では変わらないとされている。この震央域外縁距離は地震規模に応じて長くなり、M6.5で7.1km、M7.3では13.2kmになる。したがって、「M7.3の直下地震」の大崎スペクトルはいわゆる直下地震ではなく、震央距離で13.2km離れた位置での地震である。このような「地震動のカット」を行わないで、応答スペクトルを求めると点線ようになる。このようにカットなしの大崎スペクトルのほうが短周期側で観測記録によく合っていることがわかって、それでも、一部は超えられ、長周期側では過小評価になっている。ただし、これらの観測記録は、いわゆる直下地震のものもあるが、震源断層最短距離で0.2~20km離れた位置での観測記録であり、距離補正をすれば地震動がもっと大きくなる可能性もある。

また、直下地震で問題となる鉛直地震動や衝撃破壊については現行指針どおり過小評価されたままである。M7.3の阪神・淡路大震災では、右写真のように芦屋浜シーサイドタウンにある約40cm四方・肉厚5cmの中空箱形鋼鉄柱416本中53本が破断し、阪神高速鉄



阪神高速鉄道の鋼管柱

道の2本の円柱形の鋼管柱も破断した。これらの破断で特徴的なのは「鋼材の延性的挙動の痕跡がなかった」ことである(日本建築学会:「1995年兵庫県南部地震災害調査速報」p.81(1995.3))。巨大な水平地震動によるせん断破壊または鉛直地震動による衝撃破壊の可能性はあるが、破断原因をめぐる決着は付いていない。

また、阪神・淡路大震災では、上写真のように鉛直地震動によると見られる鉄筋コンクリート柱の中間部での衝撃座屈も多く見られた。

ところが、現行の耐震設計では、直下地震による鉛直地震動は水平地震動の半分しか考慮されず、強烈な衝撃波による衝撃破壊に対する対策は全く検討されていない。新指針(案)でもこの点は変わらず、耐震指針検討分科会でも全く検討すらされなかった。自然の驚異を過小評価することは許されない。