

志賀 2号建設差止裁判の金沢地裁判決に際して

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」)

「志賀原子力発電所 2号機建設差止請求事件」に対する金沢地方裁判所の判決 (以下「判決」)が3月24日下された。その主文は「被告 (北陸電力株式会社)は、志賀原子力発電所2号原子炉を運転してはならない。」というものであり、原告の勝訴である。

判決は「人格権」にその法的根拠を求め、耐震設計の想定を超えた地震動によって志賀 2号に事故が起こり、原告らが許容限度を超える放射線を被ばくする具体的危険があることを原告らに主張立証させ、耐震設計に関する主張立証への被告の反証が成功しなかったことをもって被ばくの具体的危険があると推認した。しかも、700km離れた熊本県の原告においても被ばくの具体的危険を推認したことは、原発重大事故による放射能災害の深刻さを認定するものでもあり、画期的である。

原告らの主張立証した志賀 2号の耐震設計の主な問題点は、直下地震の想定が小規模に過ぎる、考慮すべき邑知淵断層帯による地震を考慮していない、原発敷地での地震動を想定する手法である「大崎の方法」に妥当性がない等であり、これらすべてが認定された。金沢地裁が、国の安全審査を経ているかどうかではなく、「安全審査においてどこまでの事項が審査されたのかを個別具体的に検討して判断」という姿勢を貫き、耐震設計審査指針および安全審査そのものの問題点を具体的に認定したことは極めて重要である。判決には民事訴訟法に定める仮執行宣言が付けられていないため即時運転停止は執行されないが、司法によって志賀 2号の耐震性に関する国の安全審査が全面否定されたことの意義は極めて大きい。

この判決は、島根 1・2号運転差止裁判をはじめ耐震性を争点とする原発差止裁判に大きな影響を与えることになろう。また、運転中の原発についてもその耐震性を疑わせるに十分であり、原発の老劣化と相まって、これまで以上に、耐震性が原発閉鎖の一大争点となることは必至であろう。

裁判長は井戸謙一裁判官であり、昨年 5月30日

の住民基本台帳ネットワークシステムに関する判決においても「自己のプライバシー権を放棄せず原告が離脱を求める限りでは、住基ネットは憲法違反である」と断じた良心的な裁判官である。

北陸電力は3月27日、即刻控訴し、50日以内に控訴理由書を提出するとした。原子力安全・保安院も、国の地震調査委員会の断層評価と原発耐震指針とは考え方が異なっており「そのまま適用する必要はない」(佐藤均原子力発電安全審査課長 3月24日記者会見)と反発する一方、経済産業省は4月1日、「耐震安全審査室」を設けて対応に乗り出した。

原発の耐震性を巡る裁判での論争は今後、より一層全面的かつ専門的なものとなるであろう。その意味で、今回の判決について少し踏み込んだ検討をしておく必要があると思われる。

今回の判決は、提訴から7年に及ぶ原告の粘り強い裁判闘争の成果であることは言うまでもない。その前史を含めた現地での継続的な闘いがようやく実を結んだといえ、心から敬意を表したい。他方では、この闘いを有利に導いた次のような背景があることも忘れてはならない。

第 1に、1995年の阪神・淡路大震災を契機として、また、2000年の鳥取県西部地震、2004年の新潟県中越地震などマグニチュード7クラスの地震の多発により「直下地震」への恐怖と耐震防災への国民的関心が高まった。最近の姉歯設計事務所等による耐震強度偽装事件が耐震設計基準、耐震設計のごまかし、耐震工事の手抜き等に対する一層具体的な関心を国民に抱かせた。

第 2に、阪神・淡路大震災の5ヶ月後に制定された「地震防災対策特別措置法」に基づき、文部科学大臣を本部長として「地震調査研究推進本部」(以下「雅本」)が設置され、2005年3月に「全国を概観した地震動予測地図」が作成・公表された。これは、国や自治体の地震防災に役立てることを念頭に置いたものだが、これによる活断層の評価結果が原発の安全審査による評価結果と著しく異なるという異

常事態が生じている。その結果、安全性がより強く求められるはずの原発耐震設計では、自治体等の耐震防災で考慮される地震より小さい地震しか考慮されないという逆転現象が生じたのである。

第3に、昨年8月の宮城県沖地震で女川原発が3基とも自動停止し、敷地内岩盤での地震観測記録の「はざとり波」の応答スペクトルが安全審査で策定された限界地震動の応答スペクトルを短周期側で超え、震源が深いプレート境界地震では大崎の方法が全く役立たないことが明らかになった。また、女川3号の安全審査では断層モデルによって限界地震動を評価していたが、その断層モデルにおいても地震動を過小評価していたことが市民の追及によって明らかにされた。

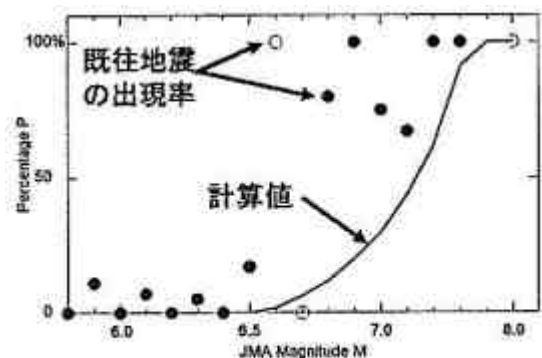
第4に、原子力安全委員会は、耐震指針検討分科会を設置して耐震設計審査指針の見直し作業を進めてきたが、議論がまとまらないまま、5年目に入っている。これに対し、若狭連帯行動ネットワーク(若狭ネット)など61団体112個人が5年前に連名で申し入れを提出し、耐震指針の問題点を具体的に列挙して抜本的な見直しを求めたところ、この申し入れと解説は第2回分科会(2001.09.20)の正式資料として配付された。しかし、昨年の分科会で直下地震を過小評価する動きが出たため、若狭ネットが文化振興財団を通じて分科会または原子力安全委員会からの講師派遣を依頼したところ、財団は原子力安全委員会事務局と相談の上、適当な講師がいないと断ってきた。そこで、若狭ネットが原子力安全委員会へ7月に急遽申し入れを行ったところ、分科会主査には渡されたが、委員への配布は事務局によって拒否された。8月の宮城県沖地震を受け、大崎スペクトルによるプレート境界地震に対する地震応答の大幅な過小評価を指摘した申し入れを9月に再度行ったところ、今度は分科会主査へ手渡すことさえ拒否された。原子力安全委員会は、国民不在の指針見直し作業を進める一方、耐震設計審査指針の問題点が実際の地震によって次々と明らかにされるのを横目に見つつ、何ら手を打とうとしなかったのである。今回の判決は、このような原子力安全委員会や原子力安全・保安院の姿勢に対する真っ正面からの痛烈な批判になったとも言える。

これらを踏まえて、今回の判決の耐震設計に関する主な内容を具体的に検討する。

1. 想定すべき直下地震の規模と応答スペクトル

判決は、現行の耐震設計審査指針では限界地震としてマグニチュード6.5の直下地震しか想定していない点について、現在の地震学の知見に従えば、対応する活断層が確認されていないから起こり得ないとはほぼ確実にいえるプレート内地震の規模は、マグニチュード7.2ないし7.3以上というべきである。」と正しく評価した。これは、下図の既往地震に関する地表地震断層の出現率を見れば一目瞭然である。この事実から、中央防災会議の第5回東南海・南海地震専門調査会(2002.6.12)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。」としたが、判決はこれと整合する。

そして、判決は、従来の調査よりはるかに綿密な活断層調査をした」との主張に対し、「震源断層が地表付近に到達していなければ、いくら地表や浅い地中を詳細に調べても地下深くの震源断層の存在を把握できないことを考えると、被告がした綿密な調査によっても活断層が見つからなかったからといって、地下にマグニチュード6.5を超える地震の震源断層が存在しないとまで断ずる合理的な根拠があるとは認め難い。」と断じた。地表からは見えない震源断層の存在を地震が起こる前に発見する技術的手段は現在のところ存在しない。だからこそ、中央防



武村(1998)のFig.8に加筆

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))

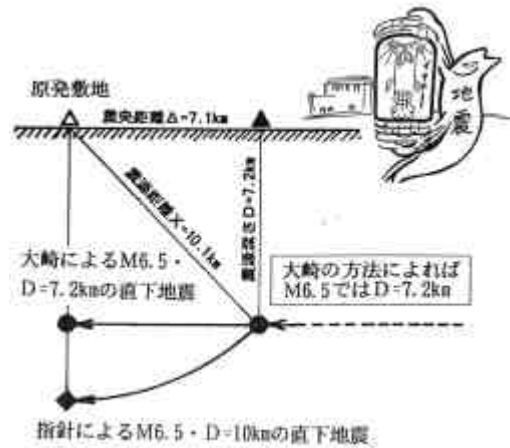
災会議は「活断層が地表で認められない地震規模の上限については、今後の学術的な議論を待つ必要もあるが、防災上の観点から、今回の検討では、M 6.5の最大であるM6.9の地震を想定する。」(第18回東南海・南海地震専門調査会2005.2.18)としたのである。一般建築物より強い耐震強度が求められる原発では、伏在断層によるこれ以上の直下地震を見逃すことは有り得ないと確信できる規模の直下地震、例えばM 7.3の直下地震を想定するのが当然であろう。これ以外に「合理的な根拠」は有り得ない。

この直下地震の設定がこれほど大きな争点になる理由は、日本のほとんどの原発で、耐震設計がこの直下地震によって決定されているからである。

判決では直下地震の規模の過小評価について明確に断じているが、その地震動が過小評価されている点については触れていない。具体的に言えば、この直下地震による地震動は、金井式で過小評価されているだけでなく、「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カットされているのである。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。

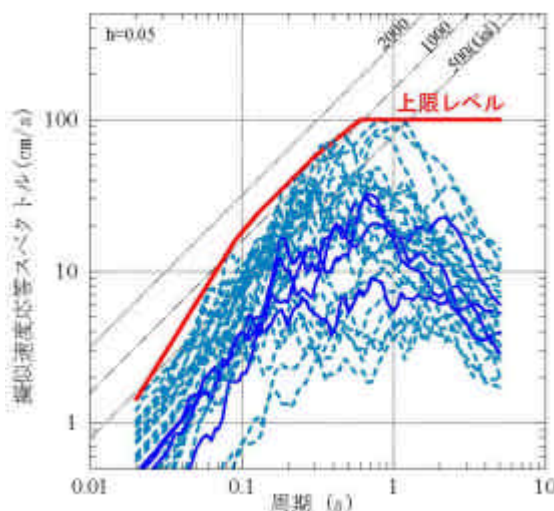
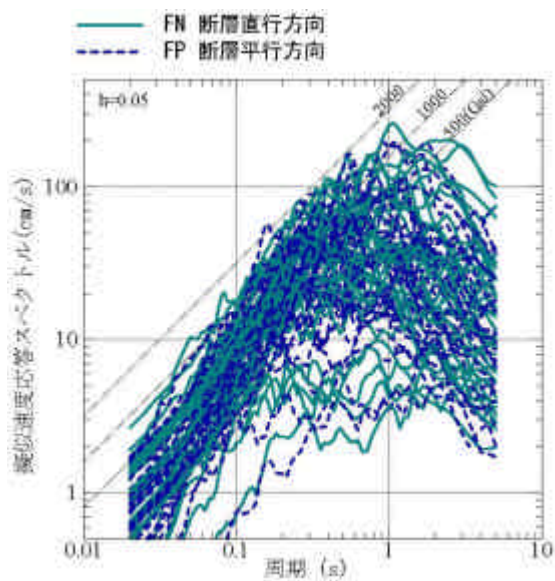
$$NEAR = 10 \times 2.5^{M-7} \quad (7 \leq M < 8), 10 \times 2^{M-7} \quad (6 \leq M < 7)$$

どの原発の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



こにある。M6.5の震源深さは、安全審査の手法によれば7.2kmであり、直下に想定するのであれば震源距離7.2kmでなければならない。ところが、上図のように震源をM6.5の NEAR = 7.1kmの位置に置けば震源距離がちょうど10kmになるのである。直下地震と言いながら、7.1km離れた地震なのである。

原子力安全委員会の耐震指針検討分科会では、この「直下地震」を廃止し、「震源を特定せず策定する地震動」として応答スペクトルを想定しようとしている。ここで問題なのは、「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(注:いわゆる「活断層による地震」)について得られた震源近傍における観測記録」でこれを作成しようとしている点である。その例が下図である。左図では、震源断層最短距離が20km以内の硬い地盤で強震記録がとれているカリフォルニア11地震(モーメントマグニ



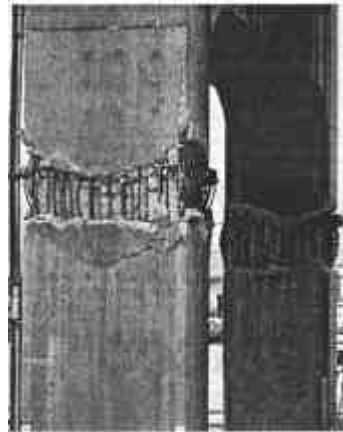
(左図)震源近傍の硬質岩盤で観測された水平動の疑似速度応答スペクトル

(右図)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特クトル、破線はスケー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地震の特クトル)

図の出典: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))

チュー (Mw5.8~7.0)と日本の5地震(気象庁マグニチュードM6.2~7.3)、計16地震を取り上げる。ここから、(1)短くても地表地震断層が現れた地震を除外し、(2)周辺の活断層や活褶曲構造からなどから起こりうると推定できる地震を除外し、鹿児島県北西部地震(1997年3月M6.6と5月M6.4)の強震記録だけを残す。この2記録だけでは説得力に乏しいため、震源を特定できるとして除外した地震のうちM6.5未満(Mw6.2未満)のカリフォルニア7地震については「確実に事前に震源を特定できるとは断定できない」との理由から除外するのをやめ、計9地震について応答スペクトルを描き、前ページ右図「上限レベル」のようにこれらを包絡する応答スペクトルを定めている。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、最も重要な0.03~0.4秒の短周期領域のうち0.15秒以下では現行の直下地震M6.5の応答スペクトルとほぼ同じである。報道では、M6.8までの観測記録を対象にするとのことだが、基本的な考え方は変わらない。これでは依然として直下地震を過小評価したままに終わる。

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目的なのだから、それにふさわしい方法をとるべきである。震源近傍での強震記録が極めて少ない現状に合わせ、想定すべき直下地震の規模を決め、それ以下の強震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るのが安全サイドに立つ方法ではないだろうか。M7.3の阪神・淡路大震災では、下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、阪神高速鉄道の2本の円柱形の鋼管柱も破断した。自



「衝撃座屈」とみられる破壊もコンクリート橋脚などで起こった＝神戸市内で、谷村真治・大阪府立大教授提供



阪神高速鉄道の鋼管柱

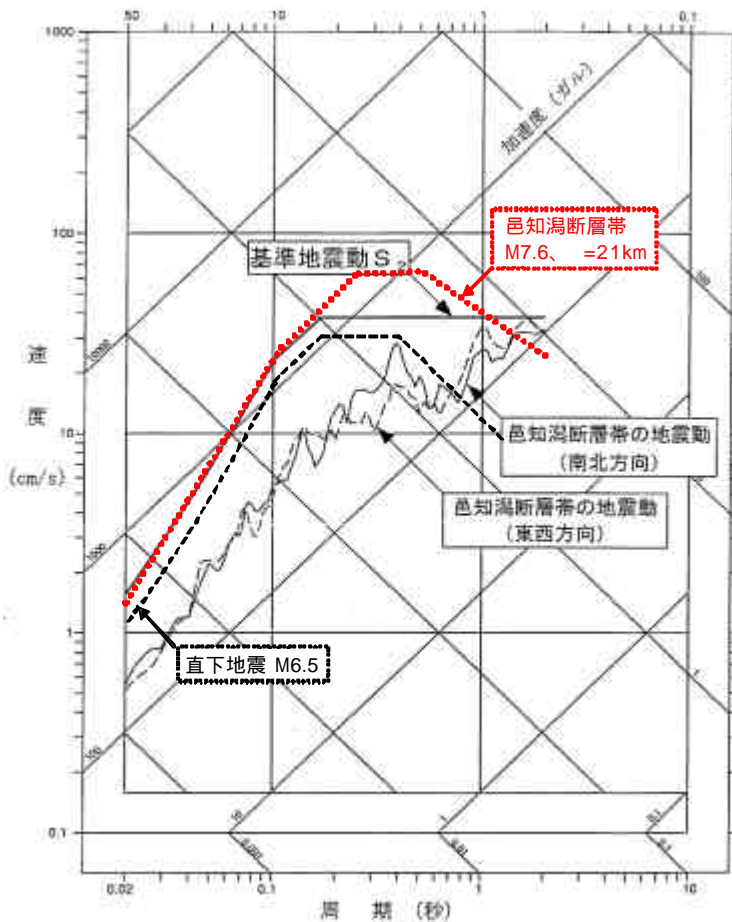
然の驚異を過小評価することは許されない。

また、阪神・淡路大震災では鉄筋コンクリート柱の衝撃座屈が多く見られた。ところが、現行の耐震設計ではこれに対する対策が全く検討されていない。直下地震の強烈な衝撃波による衝撃破壊の危険についても耐震性の評価を行うべきであろう。

2. 活断層の震源断層としての評価

判決は、推本が邑知瀧断層帯を長さ44km、M7.6程度の地震を起こしうる一連の断層帯と評価した点について「評価内容に不備があるとは認められない。」と断じ、邑知瀧断層帯の最新活動時期(約3200年前以後9世紀以前)から判断して、「耐震設計審査指針を前提としても、邑知瀧断層帯は考慮すべき活断層ということになる。」と断定した。そして、「基準地震動S2の応答スペクトルを設定する過程で邑知瀧断層帯による地震を考慮していれば、本件原子炉施設におけるS2の設計用模擬地震波の最大速度振幅は24.1カインよりも遙かに高くなっていた可能性が大きいというべきである。」としている。判決では、解放基盤表面での地震動の最大速度振幅についてしか言及していないが、邑知瀧断層帯を震源断層とするM7.6、 $L=21$ kmの地震による大崎スペクトルは次ページに示す通りであり、基準地震動S2による応答スペクトルを周期0.11秒以上で超えている。つまり、判決は正しい判断を下したと言える。

次ページの図には、北陸電力が邑知瀧断層帯を断層モデルで同定して求めた応答スペクトルも描かれている。この応答スペクトルの値は、原発にとって



志賀 2号の標準地震動S2と邑知潟断層帯による地震の大崎スペクトルおよび北陸電力の断層モデルによる応答スペクトル

邑知潟断層帯と志賀原発

標準地震動の設計用応答スペクトル値 (h=0.05) $T_A \sim T_E$ 周期(s) S_V 速度応答スペクトル値(cm/s)

	A		B		C		D		E	
	T_A	S_V	T_B	S_V	T_C	S_V	T_D	S_V	T_E	S_V
S1-D	0.02	1.19	0.10	17.60	0.16	27.30	0.39	27.3	2.00	27.30
S2-D	0.02	1.55	0.10	23.00	0.17	38.00	0.60	38.0	2.00	38.00
邑知潟断層帯	0.02	1.425	0.107	24.98	0.278	63.94	0.520	63.94	2.00	24.79
	0.02	1.385	0.107	24.45	0.277	61.93	0.523	61.93	2.00	24.12

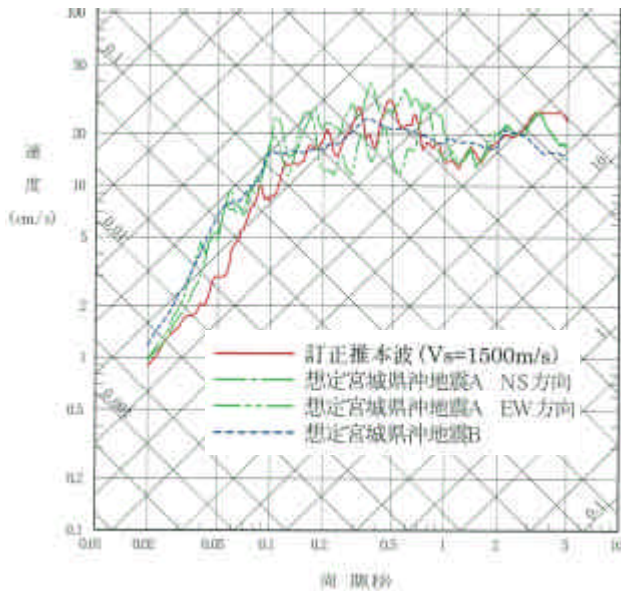
$V_{max}=23.0\text{cm/s}$
 $V_{max}=22.4\text{cm/s}$

注: 邑知潟断層帯による地震の応答スペクトルは、M7.6、=21kmとし、大崎の方法で求めた。この場合、断層長さは45.7kmになるため、参考として下段に断層長さを44kmとした場合(M7.57)の応答スペクトルを求めた。

重要な周期0.4秒以下で大崎スペクトルの1/3~1/4にすぎない。これは判決が言及しているとおり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こと、原発周辺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が困難であることによる。このことは、次ページに図示したように、昨年8月の宮城県沖地震の女川原発での観測記録に基づき、推本の策定した想定宮城県沖地震の断層モデルに対し統計的グリーン関数法から経験的グリーン関数法へ計算方

法を変えただけで、短周期側の応答スペクトルが2~3倍増えたことでも明らかである。具体的に次ページの図を見ると、統計的グリーン関数法による訂正推本波($V_s = 1500\text{m/s}$)に対し、経験的グリーン関数法による「想定宮城県沖地震AのNS方向またはEW方向」の応答スペクトルが2~3倍大きくなっていることがわかる。

たとえ推本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、



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)



1 中野西地点 2 西野地点 3 三河川上流地点 4 西郷ヶ谷地点 5 志野観音地点 6 北立山寺地点
7 橋本地点 8 瓦屋地点 9 栗原海地点 10 江崎橋地点 11 蟹巻橋地点 12 石田橋地点
A-1 互射活断層性深層断層
A 〇 文庫10 〇 文庫8 〇 文庫10 〇 文庫17 〇 文庫13 〇 文庫11 〇 文庫9
● 断層帯支那の北東部と南西端 (六甲山地南縁-淡路島東岸区間の両端を結ぶ) ● 高津島東岸区間の北東部と南西端
○ 1955年の余震断層帯
断層の向きは文庫1、2、3、4、5、6、7に基づき
震源は震土動断層性行断層帯(30000) (新巻山) (新巻) (新巻) (新巻) (新巻)

最初はレシビに従うものの、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ビ」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。その意味で、判決の判断は全く正しい。

したがって、邑知瀧断層帯をめぐる問題は、「邑知瀧断層帯の中には更新世中期前半に活動を終了したと判断される断層があることから、邑知瀧断層帯全体を一連のものとして評価する必要はない。」との被告の主張に対する判断が正しいかどうかにかつて帰着される。実は、これは、どの原発でも国・電力会社と住民が争ってきた問題であり、古くて新しい問題である。それが今日注目されるのは、今回のように地震防災を扱う政府の2つの機関の間で活断層の評価が真っ二つに割れているからである。文部科学省を本部長とする地震調査研究推進本部は国民に対する地震防災の観点から活断層を評価し、邑知瀧断層帯の長さを44km、M7.6程度の地震が起こりうると評価した。他方、原子力の安全規制を担う内閣府の原子力安全委員会と経済産業省の原子力安全・保安院および規制される立場の電力会社は邑知瀧断層帯の中の石動山断層だけを、しかも、その長さを8kmと評価し、M6.3の地震だけを想定すればよいとした。

判決は、活動度や再来期間の異なる3つの断層

が連動した濃尾地震(1891年)、東側隆起の野島断層と西側隆起の六甲断層帯が連動した兵庫県南部地震(1995年)等の例を引き、「邑知瀧断層帯を構成する各断層に、活動時期や隆起活動の相違があつても、それだけでは邑知瀧断層帯の各断層が一括して活動する可能性を否定できるとは考え難い。」と断じ、明確に推本の立場を支持した。

判決では詳しく触れていないが、この判断の妥当性を評価する際には、推本による六甲・淡路島断層帯の評価がとりわけ重要である。推本は、六甲・淡路島断層帯(右横ずれ逆断層)を断層の分布形態や過去の活動時期の違いなどから、「北西側が相対的に隆起する長さ約71kmの六甲山地南縁-淡路島東岸区間」と「南東側が相対的に隆起する長さ約23kmの淡路島西岸区間」の2つに区分している。阪神・淡路大震災をもたらした兵庫県南部地震では、後者の淡路島西岸区間約23kmと前者の一部である明石海峡～西宮市の約30kmが地下で動いたと評価している。そして、淡路島西岸区間については断層から生じうる最大規模(以下「固有規模」)の地震と見なして「最新活動」とみなしたが、六甲山地南縁-淡路島東岸区間については、地殻変動量が小さく全域に及んでいなかったため、固有規模の地震よりひとまわり小さい地震とみなし、「最新活動ではない」と評価している。つまり、六甲山地南縁-淡路島東岸区間では、野島断層のように「顕著な地表地震断層」を生じることがなく、地表面をいくら綿密に調査したところで今回の活動を裏付ける「明瞭な痕跡」

は残っていない。そのため、推本は、このように「ひとまわり規模の小さい地震は、地表に明瞭な痕跡を残さないことが多いため、先史時代の活動履歴を調査することは極めて困難である」と結論付けている。活動時期が大きく違う断層でも一連のものとして活動することが否定できない根拠はここにある。たとえば地表の調査で「邑知潟断層帯の中には更新世中期前半に活動を終了したと判断される断層がある」と判明したとしても、地下では活動を終了しておらず、石動山断層と連動していた可能性は否定できない。そして、長さ44kmの邑知潟断層帯に固有規模の地震が起こることも否定できないのである。

また、8kmの石動山断層が単独で活動した場合にはM6.3の小さな規模にしかならないが、この規模では地表地震断層が出現することはほとんど有り得ない。それが単独で平均活動間隔1200～1900年で活動し、何度も地表地震断層を出現させた主張するのは、今日の知見からみて非常に無理がある。

以上の点から判断して、判決が邑知潟断層帯を限界地震として考慮すべきであると判断したことは極めて正当であると言える。

3.大崎スペクトルによる地震応答の過小評価

判決は、松田式、金井式及び大崎スペクトル並びにこれらを総合した大崎の方法は・・・限界も明らかになってきており、他方、これらの手法による予測を大幅に超える地震動を生じさせた地震が現に発生したのであるから、現時点においてはその妥当性を首肯し難い。そうすると、これらの手法に従って原子力発電所の耐震設計をしたからといって、その原子力発電所の耐震安全性が確保されているとはいえない」と断じている。この結論は正しいと言えるが、その根拠は不十分であり、さらに補強すべきであると考えられる。

3-1 松田式について

判決は、松田教授自身が平成10年松田論文で、松田式の資料となった地震を厳選し、そのマグニチュードや断層の長さを改訂した上で、活断層の長さから地震の規模が予測できるのは、マグニチュード6.8から8.0までの地震に限るとの前提で、 $\log L = 0.72M - 3.92$ という関係式（以下「修正松田

式」という）を発表したことから、「松田式を用いるのであれば、マグニチュード6.8以上の地震について上記の修正松田式を採用するのが妥当であり、地震の規模の限定なく、従前の松田式を用いるのは、想定される地震の規模を小さく予測してしまう危険があるというべきである。」としている。確かに、修正松田式によれば、活断層の長さが10kmでM6.5からM7.0に、20kmでM7.0からM7.2に地震規模がやや大きく評価されるが、80kmでは逆にM8.0からM7.6へ過小評価される。M7.3の兵庫県南部地震では野島断層の9kmしか出現しなかったため修正松田式でもM6.8にしかならない。いずれにしても過小評価であることは否めない。

松田式は元々、「活断層の長さ」から地震規模を推定する目的で作られた式ではあるが、修正松田式が発表された直後に、原子力安全委員会はこれらを検討し、「地表地震断層の長さ」を「震源断層の長さ」に置き換えてみれば旧来の松田式が妥当であると結論付けている。すなわち、地表地震断層の長さだけでなく、海域へ延びた断層部分や余震記録など地震学的に推定される震源断層の長さを考慮して地震の規模を推定すると旧来の松田式が妥当であるというのである（原子力安全委員会1999.2.18、原子炉安全専門審査会1999.2.10）。耐震指針検討分科会の第14回地震・地震動WG（2004.3.3）でも「松田式(1975)は震源断層の長さど地震規模との平均的な関係を示すものである。」と結論付けている。バラツキをどのように評価するのかについて検討の余地は残るが、平均的な意味ではこの判断を覆す根拠は今のところ存在しない。

問題は、「活断層の長さ」を「震源断層の長さ」へどのように変換するのかにあると思われる。現時点で最も妥当だと思われる方法は、(1)活断層が発見されれば、それはM7クラスの地震による活動の結果であると判断すること、(2)複数の活断層が存在する場合には、活断層の隆起の方向・活動度・再来期間等が違っていても、推本のように一連の断層帯として評価すること、(3)とくに活断層調査で地震活動がすでに終了していると判断される場合でも固有規模に至らない地震として周辺の活断層に連動している可能性を無視しないことである。この方法であれば、多くの地震学者が同意することであろう。現在の原発の耐震設計においては、活断層に対するこ

のような評価は全くなされておらず、電力会社は「10km未満の活断層が単独で活動する」と平気で主張し、国の安全審査をそのまま通っている。

松田式を「震源断層の長さから平均的な地震の規模を推定するために用いる」ことは妥当だとして、地震の規模のバラツキをどのように考えるかである。地震の規模を横軸に、震源断層の長さを縦軸にとり、回帰直線を描き、周囲のバラツキを評価するとしても、現時点で統計的に意味のあるデータが集積しているとは必ずしも言えない。このような場合には、安全係数の考え方をし、設計用基準地震動の応答スペクトルを高めに設定することで考慮する以外にないと思われる。

3-2 金井式について

判決は、「金井式の距離減衰の発想そのものは正当であるし、これ自体が経験式であるから、地震の規模、震源断層との距離等の面において、その元となったデータの特性と類似する一定範囲の地震動については妥当な結論が得られる可能性が高いと思われるが、その適用の限界は慎重に見定めるべきである。」としている。現に、震源を点ではなく震源断層の線または面と見なし、生じた地震に対して断層距離を用いた距離減衰式が種々提案され、多用されている。金井式は点震源と見なせるほど震源から離れた位置での距離減衰式としては妥当性を否定し得ないが、震源断層に近づけば近づくほどその妥当性が失われる。

判決は触れていないが、安全審査に金井式が適用される場合の最大の問題点は、対象となる活断層の真ん中に震央を置き、松田式で推定される地震規模に応じた震源深さの位置に震源を置き、この震源に対して金井式を適用していることである。これにより、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、金井式で地震動が小さく評価されるのである。このような地震動の過小評価を回避するためには、金井式の適用をやめ、震源断層と地震動に関する最新の知見を取り入れた距離減衰式に置き換えることであろう。

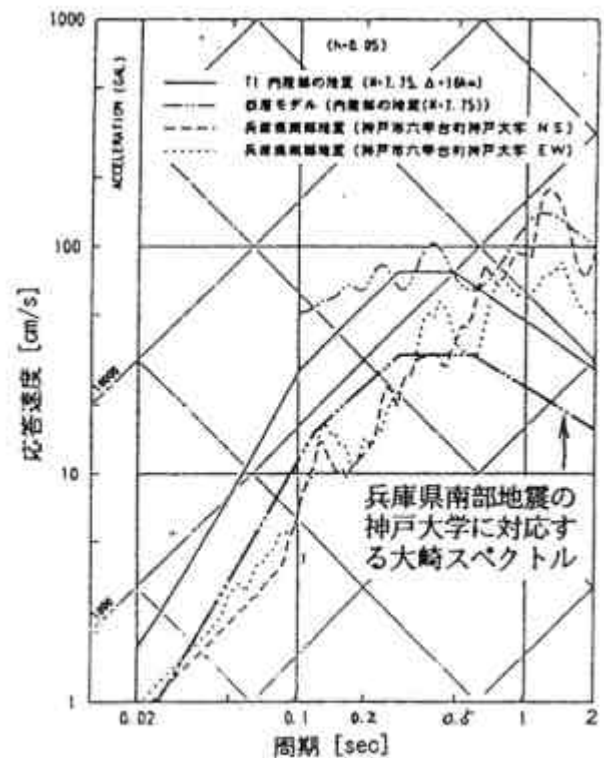
判決は、推本が断層モデルで地震動を評価している点を挙げているが、断層モデルの妥当性を十分検証できる原発敷地(予定地)内での地震観測記録なしには、これが必ずしも妥当とは言えない。

3-3 大崎スペクトルについて

判決は、「大崎スペクトルの値は、当該地震動において大崎スペクトルを超える応答速度が生じないというのではないし、データが限られていることによる限界もあり得るというべきである。」としており、基本的にはその通りである。地盤の違いによる地震動のバラツキを一つのスペクトルで表現しようとするところに元々無理がある。大崎スペクトルが地震動による応答スペクトルの上限を与えるものであればその役割を十分果たすといえるが、必ずしもそうならないところに問題がある。

大崎スペクトルが応答スペクトルを最も大きく過小評価するといえるのは、(1)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、(2)震源の深いプレート境界地震やスラブ内地震である。くしくも、判決は兵庫県南部地震と昨年8月の宮城県沖地震を取りあげているが、これらはそれぞれ(1)と(2)のケースに相当する。

1995年の兵庫県南部地震に際して震源断層上にある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下図の通りである。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ことがわかる。原発で安全



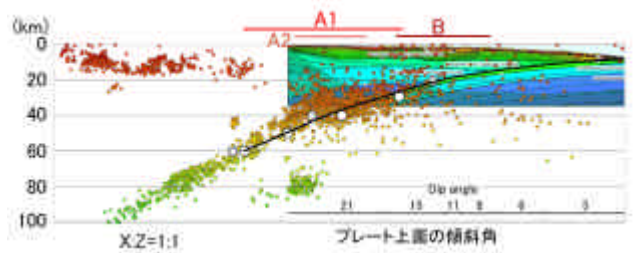
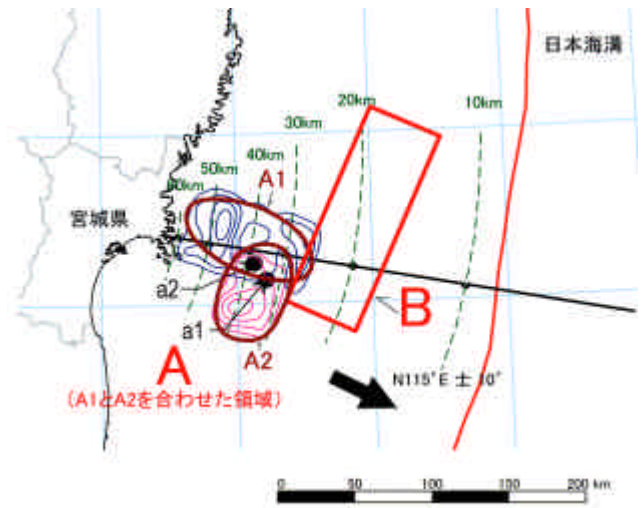
図A. 神戸大学での地震動の応答スペクトル

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である。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、上記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。原発では重要機器の固有周期が0.03～0.4秒であり、0.4秒付近の機器への影響は否定できない。

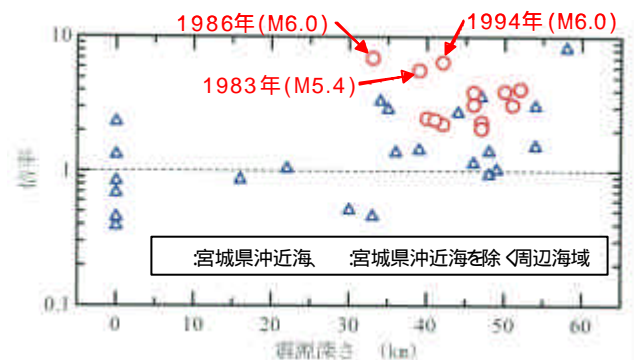
実線の山形は六甲・淡路島断層帯が活動したと仮定した場合のM7.75の想定地震に対する大崎スペクトルであり、上部にある断層モデルによる応答スペクトルもこの想定地震に対するものである。実は、この場合の大崎スペクトルは、神戸大学が震央域外縁距離内にあるため、地震動の最大速度がカットされ、応答スペクトルがやや小さく評価されている。このように、近距離地震とりわけ震央域外縁距離内では大崎スペクトルは実際の応答スペクトルを過小評価することになる。

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)では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」を検討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、プレート境界地震であり、活断層による地震(最近は「内陸地殻内地震」と呼ばれる)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では短周期地震動が内陸地殻内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ィ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、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。



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



「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)



女川地点の検討に用いたプレート境界地震全地震(37地震)の震央分布と東北日本における低角逆断層型地震の西縁位置(Igarasih et al.(2001)による東北電力報告05.12.14)

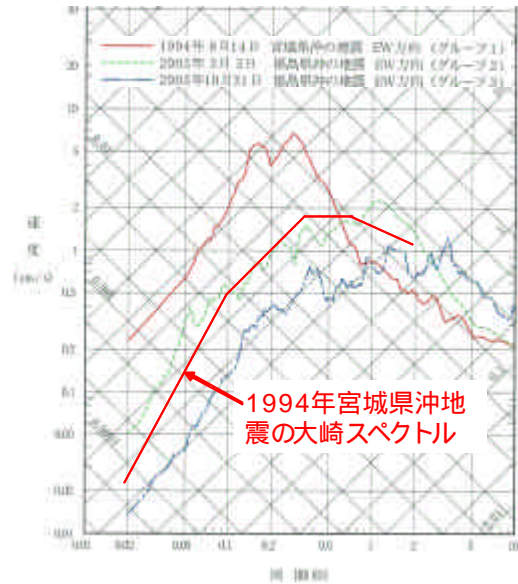
日本電気協会の手法と観測記録の比(周期0.1秒以下)
 小、●中、○大

右図は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(はぎとり波)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、 $\Delta=73\text{km}$ 、 $X=84\text{km}$)のはぎとり波に対する大崎スペクトルは、右中図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、 $H=72\text{km}$ 、 $\Delta=48\text{km}$ 、 $X=87\text{km}$)のはぎとり波についても、右下図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。

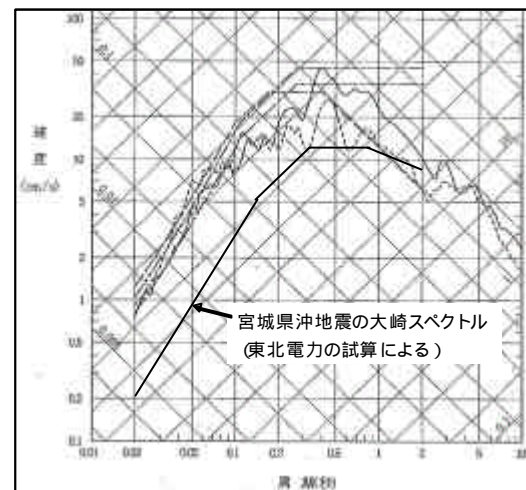
ただし、プレート境界地震やスラブ内地震に対する大崎スペクトルの求め方には注意を要する。活断層による地震に対する大崎の方法に従って大崎スペクトルを求めた後、プレート境界地震やスラブ内地震では震源が深いだけ地震動の最大速度を金井式で小さく算定し直し、その分だけ応答速度を小さく計算し直している。右下図のスラブ内地震における太点線が活断層による地震に対応した大崎スペクトルであり、その下の太実線がスラブ内地震に対する大崎スペクトルである。つまり、安全審査ではプレート境界地震やスラブ内地震の応答スペクトルを一層過小に評価しているのである。

女川原発の安全審査では、限界地震による基準地震動S2を作成する際、このような方式で大崎スペクトルを求めているが、奇妙なことに、最強地震による基準地震動S1を作成する際には、プレート境界地震であるにもかかわらず、活断層による地震に対する大崎スペクトルをそのまま求めている。このことが、判決における若干の「混乱」を招いている。

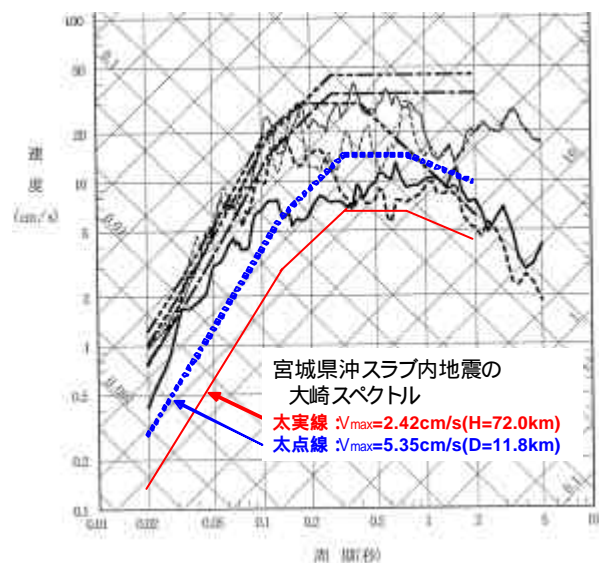
判決は、「活断層による地震」と「震源の深いプレート境界地震およびスラブ内地震」とで大崎スペクトルが違った求め方で算定されていることについて明確に区別し得ていない。しかし、いずれにしても、大崎スペクトルが実際の地震動に対する応答スペクトルを過小評価しているという判断は正しい。原子力安全委員会や経済産業省原子力安全・保安院は1980年代後半から大崎スペクトルに問題があると知りつつ放置してきたのであり、その責任は重いと言わざるを得ない。(2006年4月10日記)



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、 $\Delta=83\text{km}$ 、 $H=42\text{km}$)



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



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