

核施設と非常事態——地震対策の検証を中心に——

高木仁三郎 (原子力資料情報室 164 東京都中野区東中野 1-59-14 e-mail: cnic-jp@sh0.po.ijinet.or.jp)

私は耐震建築の専門家でも地質学の専門家でもないが、電力会社や政府の委員会に属する専門家の人たちが「原発は地震に対して絶対に安全」と断言することに、かねがね疑問を抱いてきた。新たな地震が起こるたびに従来の認識や対策方法の変更を迫られたりするような状況の下では、地震学も耐震建築学も未だ現象論的な経験学の領域を越えず、大自然相手ではそれも当然で、とても「絶対」などを主張できるものではないと考えられたからである。阪神大震災は、絶対を主張する専門家の過信の根拠のなさを天下に明らかにしたと思われたので、この大きな不幸が技術過信へのよい反省材料になるだろうと、報道に接しながら確信した。

ところがである。阪神大震災後に行われた、耐震設計に関するいくつかの討論(政府・電力事業者側との論争)に出席してみてわかったことだが、行政側にも事業者側にも原発の安全性を見直して、この大災害をよい教訓にするという姿勢が少しも見られなかった。いや、非公式には、私は現場の人たちから多くの不安や「安全神話」の過信に対する反省の声を聞いたが、それらは少しも公式の場に現れなかった。そのことにショックを受けた。

公式の場では、相も変わらぬ「原発は大丈夫」の大合唱である。たとえば、「通販生活」1995年夏号の討論¹⁾で、次のようなやりとりがあった。

小森(東京電力): ……建て前というかもしれませんが、設計とはそういうことです。われわれはちゃんとやっています。

田原(司会): じゃあ、神戸の高速道路や新幹線を設計した連中はバカだったということになるわけですか? 学者たちは、今になって、大丈夫というものはない。壊れない建物などないんだ。それでうまく壊れるためにはどうすればいいのかという議論になっているわけです。ところが、原発はいまだに壊れないの一点張り。そこがわからないんですが。

岸(東京電力): 基本的には、良い(筆者注: 壊れないの意)方はこれだ、悪い方はこれだと、仕分けはできてるわけですよ。

………

田原: いや、だから、(神戸の地震で)学ぶべき点はあったのか、なかったのか、どっちですか。

藤富(通産省): 今のところ、従来の安全設計のやり方を改善しなければいけないような問題はなかったと思っています。

「学ぶべきことは何もなかった」と言われると、そこか

ら先に議論は一步も出なくなるが、彼らの言い分を検討してみても、「原発だけは大丈夫」とはとても納得することはできない。また、彼らにとっては、「原発は壊れない」建て前になっているため、今のような機会を生かして、原発が被災した場合の緊急時体制や老朽化原発対策などを真剣に考えるという姿勢もまったくみられない。これは、筆者にはまったく不誠実な対応と考えられるが、本稿ではそれらの点も含めて原子力施設と非常事態の問題を考えてみたい。

耐震設計の考え方

原発の耐震設計審査指針については、別に詳しい説明があると思うので、基本的な考え方についてだけ多少触れておきたい。国の用いている原発の耐震設計指針は、基本的に原発の各種建物や配管等を、その重要度の高い順に A (As), B, C のクラスに分け、通常の建築物の耐震力のそれぞれ 3, 2, 1 倍の強度を持つようにする(機器配管類は 20% 増し)。想定する地震としては、古文書の記述やこれまでの地震の記録をもとに、その地域における「設計用最強地震」を設定する。さらに、とくに重要度の高い As クラスの機器配管系(格納容器、原子炉容器、制御棒など)については、「設計用限界地震」(起こるとは考えられないが万一のために想定する地震)に対しても機能を維持することができるようになる、というものだ。

問題となるのは、(1) はたして、上記のような最強地震や限界地震(規模と距離)が適切に設定され得るか、(2) そのような地震が起こったときの揺れが適切に評価されるか、(3) 地震時に予想される各種の衝撃や損傷に対して、実際の原発の安全機能がどこまで保証されているか、という点であろう。もちろん、これらの点は相互に関連している。

そして、原発の耐震性について現在不安の声があがっているのも、阪神大震災を経験した現在、専門家の説明を聞いても上記のような点でなかなか納得できるものがないからである。たとえば、今日のような知識の水準では、ある地域で最大限どんな地震や揺れが想定されるかについて、「絶対」というような確かさで予想ができるとは、誰ももとうてい思わないであろう。

表 1 に、いくつかの原発の設計用最強地震と限界地震の最大加速度(単位: ガル 1 gal = 1 cm/s²) ないし最大速度(カイン 1 kine = 1 cm/s) を示すが(初期の安全審査では地震動はガル表示であったが、最近ではカイン表示。一部では両方の数値があげられている)、これらは神戸で実際に観測された加速度や速度に比べてはるかに小さく、原発はほんとうに大地震に耐えられるのかという疑問を強めざるを得

表1 原子力施設の設計用地震動。

施設名	最強地震の地震動		限界地震の地震動	
	加速度 (gal)	速度 (kine)	加速度 (gal)	速度 (kine)
東海	100		150	
東海第二	180		270	
敦賀1	245		368	
敦賀2		26.0		37.0
福島第一 1~6	176		265	
福島第二 1・2	180		270	
福島第二 3・4		12.1		17.1
柏崎・刈羽 1	300		450	
柏崎・刈羽 2~5	300	15.6	450	22.0
浜岡 1・2	300		450	
浜岡 3・4	450	43.3	600	53.9
志賀 1		14.8		21.8
美浜 1・2	300		400	
美浜 3	270		405	
高浜 1・2	270		360	
高浜 3・4		16.1		21.8
伊方 1・2	200		300	
伊方 3		18.0		24.5
玄海 1・2	180		270	
玄海 3		9.0		13.5
もんじゅ		13.8		18.2
六ヶ所再処理	230		375	

(参考) 阪神大震災での観測値。

観測場所	加速度 (gal)	速度 (kine)
大阪ガス (神戸市中央区)	833	-
神戸海洋気象台	818	92
神戸大工学部 (岩盤上)	東北	270
	東西	305

ない。また同じ敷地にあっても、浜岡原発のように 1, 2 号炉と 3, 4 号炉では想定地震力に大きな差があるというのは、整合性という点だけからも、とても人を納得させ得るものではない。

阪神大震災の時に神戸で観測されたような揺れは地表面のもので、原発が立っている岩盤上の揺れは2分の1から3分の1なので、表1のような設計で大丈夫だ、という説明が国や電力会社によってよくなされる。確かに地表面で揺れが増幅することが多いが、個々の地震によってかなりの差があり、確定的なことは言えないのが実情だ。こういふと、実際に阪神大震災の時に、福井の各原発での揺れの観測値は、周辺地域の岩盤でない地表面の揺れに対して、3分の1程度だったということが必ず引き合いに出される。しかし、その程度の乏しい経験を一般化してしまうのはおそろしいことだ。仮に2分の1ないし3分の1だったとしても、表にある初期の原発は神戸で経験したような激しい揺れに耐えられないことになる。

さらに、原発の耐震設計では、上下方向の地震動(縦揺れ)を水平方向の地震動の2分の1までしか考慮していないが、これも阪神大震災の経験から見直しが要請される点

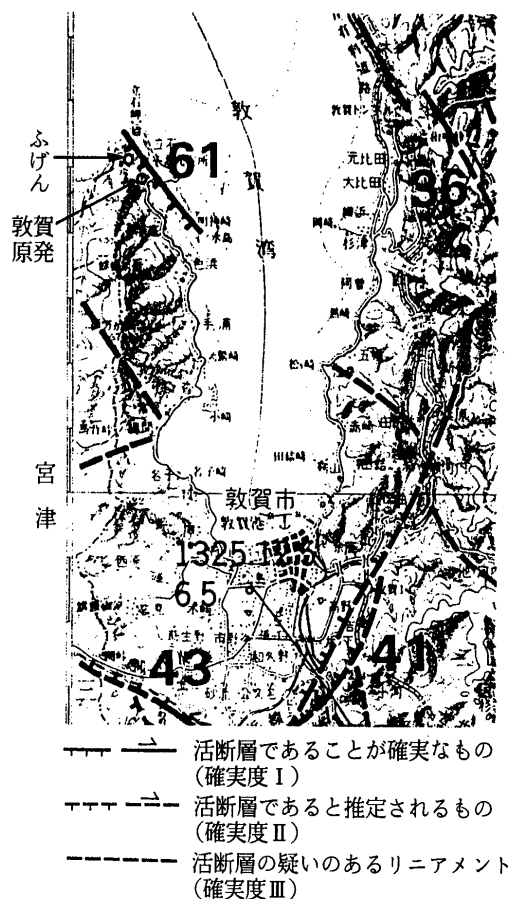


図1 敦賀原発と浦底断層(『新編 日本の活断層』(東京大学出版会, 1994)より)

だ。とくにこの点は、高速増殖炉「もんじゅ」の耐震設計との関連で懸念される。高温の液体ナトリウムを一次、二次の冷却系に使用する「もんじゅ」は、配管構造が複雑をきわめ、現在の振動解析がどれだけ実際の地震時の揺れを予測しうるか、大いに疑問である。

活断層について

阪神大震災は、活断層に沿った直下型の地震ということとよく話題を呼んだ。それに対して、原発は一般に活断層のない場所を選び、しっかりした岩盤の上に建設することになっているから、阪神大震災の例は当てはまらない、というのが国や事業者側の主張で、前述の「原発は安全」の根拠になっている。しかし、活断層の有無についても、柏崎・刈羽、敦賀、六ヶ所(核燃料サイクル施設)などではとかく論議があるところで、たとえば、敦賀原発の敷地内を通る浦底断層は、『新編 日本の活断層』²⁾においても確実度 I の活断層とされている(図1)。

また、阪神大震災の後から活断層が多く発見されたことからみても、活断層がどれだけの実証で発見されるかについても大いに疑問が残るところで、「活断層がない所」が選ばれているというより、「活断層がまだ知られていない所」という方が正しい。

ちなみに、現在の設計指針においても、万が一を考えて

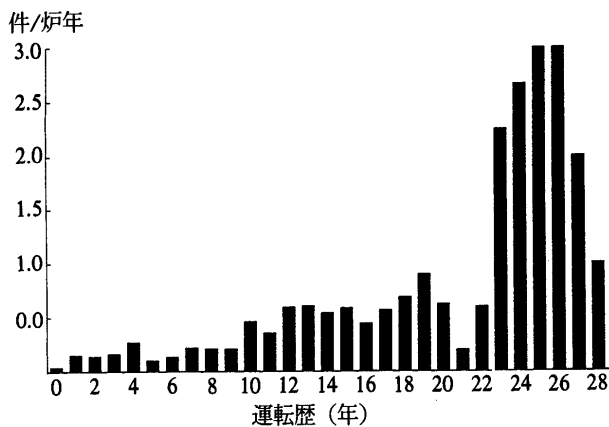


図2 運転歴による原発の事故・故障発生率。

マグニチュード 6.5 の直下型地震が想定されている。しかし、なぜ 6.5 に設定すれば足りるのかの説得力ある言い分は、ついぞ聞けない。阪神大震災は震源深さ 13 キロメートル、マグニチュード 7.2 であった。実際に、原発の安全審査で採用されている金井式にしたがって、阪神大震災規模の地震が原発の敷地直下で起きた場合の最大加速度を計算してみると、硬い岩盤上でも条件によっては 600 ガルを超える。このような地震の発生源となる活断層が隠れていないとはとても断言できない。

老朽化と地震

さて上のような耐震設計そのものの問題とは別に、気になる問題がいくつかある。一番大きな問題は、老朽化した原発が増えてきているということだ（原子力の専門の世界では「高経年炉化」という言葉を使うが、辞書にない日本語なので私は使わない）。図 2 に届出のあった原発の事故・故障の原子炉当たりの年発生率を、原発の運転歴に対してプロットしたものを示す。

図は一つの目安に過ぎないが、運転歴の長い原発では事故・故障の発生率が増えるという傾向がはっきりとわかる。これらの事故・故障は、もちろん直ちに外部環境に大きな影響を与えるものではないが、近年、福島 II-3 号炉の再循環ポンプの大破損（1989 年 1 月）とか美浜 2 号炉の蒸気発生器伝熱管破断（91 年 2 月）というような、大型の事故も目立つようになってきた。また、これまでになかったような老朽化に起因すると考えてよい、原子炉容器本体や炉心構造に関連した大型の損傷もみられるようになった（たとえば、沸騰水型炉では福島 I-2 でみられた炉心シュラウドの大きな亀裂、加圧水型炉では海外で多く認められ、日本でも発生が懸念される原子炉上部貫通管の溶接部の亀裂など）。

老朽化によって、材料や機器の性能の劣化が進行すると、地震の問題は別にしても、次のような 2 点でとくに安全上の問題が生じる。その第 1 は、小さな事故・故障が重なり合って、大きな事故に発展するような機会が多くなることだ。第 2 に問題となるのは、定期検査で発見されないよう

な部分の損傷や亀裂、劣化が生じるという点だ。これは、LBB (leak before break = 破断の前の漏れの段階で見つける) の安全原則からの逸脱を意味しており、深刻な問題だ。91 年の美浜 2 号炉の蒸気発生器伝熱管破断など、この典型例である。

さて、原発にこのような老朽化が進行している状態で地震に遭うとどうなるか。冒頭で述べてきたような耐震設計時の条件を満たす性能と比べると、実炉でははるかに劣化していると予想されるから、設計・施工にまったく問題がなくとも、実炉の耐震性は大いに疑わしい。仮に破断寸前まで配管や機器の溶接部分の亀裂が発見されない状態にあったときに地震が起これば、一気に破断する可能性も大きいだろう。耐震設計の有効性を大形模型を用いた振動試験で実証していると言われる多度津工学試験所（原子力発電技術機構）の試験でも、老朽化した装置が試験されているわけではない。

老朽化原発が大きな地震に襲われると、いわゆる共通要因故障（一つの要因で多くの機器が共倒れる事故）に発展し、冷却材喪失事故などに発展していく可能性は十分ある。また、地震の時に原発がうまく止まるかという問題もある。現在はなるべく運転を維持したいという立場から、原発は一般に、震度 5 程度の揺れでは自動停止しないよう、運転条件が設定されている。これはとくに沸騰水型原発では問題で、1987 年 4 月に福島 I-1, 2, 3 が、そして 93 年 11 月には女川 1 が地震によって停止したが、これは振動をキャッチしての停止ではなく、中性子束が異常に上昇したことによるものだった。振動によって炉心の冷却水中の気泡（ボイド）が除去され、減速効果が増したことによるものだが、原子炉が停止したからよいと言ってはいられない。もし、制御棒がうまく挿入されないような事態が重なれば、暴走事故にもなりかねないのである。

原発の非常時対策は？

以上、耐震設計に関連して私の見方をごく概略的に述べてきたが、原発の地震に対する安全性について大きな疑問・不安が残る。最大限控えめにみても、「原発は地震に対して大丈夫」という言い方は、上述のような疑問や不確かさに対して、すべてを楽観的に解釈した場合にのみ成り立つものだろう。

しかし、そんな楽観論の積み重ねの上に築いてきた砂上の楼閣が音を立てて崩れたのが、阪神大震災の実際ではなかったか。その教訓に学ぶとすれば、「安全神話は成り立たない」ことを前提にして、原発が地震に襲われて損傷を受けた場合の対策を考えておくのが現実的ではないだろうか。国や電力事業者は、「原発は地震で壊れない」ことを前提にしてしまっているため、そこから先に一步も進まず、地震時の緊急対策を考えようとしな。たとえば、静岡県による東海大地震の被害想定に、浜岡原発が事故を起こす

ことは想定されていない。逆に、浜岡原発の防災対策では、地震で各種の動きや体制がとれなくなるようなことはいっさい前提としていない。ただでさえ、地震時の防災対策にも、原発事故時の緊急対策にも不備が指摘されているから、これらが重なったら対応は不可能になるだろう。

仮に、原子炉容器や1次冷却材の主配管を直撃するような破損が生じなくても、給水配管の破断と緊急炉心冷却系の破壊、非常用ディーゼル発電機の起動失敗といった故障が重なれば、メルトダウンから大量の放射能放出に至るだろう。もっと穏やかな、小さな破断口からの冷却材喪失という事態でも、地震によって長期間外部との連絡や外部からの電力や水の供給が断たれた場合には、大事故に発展しよう。その場合、住民はきわめて限られた制約の中で、避難等をしなくてはならなくなる。現行の原子力防災指針では、一定の事故段階でコンクリート製の建物などへの住民避難を前提としている—それすら住民参加型の訓練が行われていない状況では実現性に疑問が残る—が、地震でそれらの建物が使えなくなることなどは、想定していない。

さらに、原発サイトには使用済み燃料も貯蔵され、また他の核施設も含め日本では少数地点への集中立地が目立つ（福島県浜通り、福井県若狭、新潟県柏崎、青森県六ヶ所など）が、このような集中立地点を大きな地震が直撃した場合など、どう対処したらよいか、想像を絶するところがある。しかし、もちろん「想像を絶する」などとは言っていないから、ここから先をこれから徹底して議論し、非常時対策を考えていくべきであろう。

この論文は主に原発と地震に関して問題点を指摘し、今後の議論への材料とすることを目的としているが、若干の提案をしておけば、まず一番気になる老朽化原発（東海、敦賀1、美浜1、福島1が運転開始25年以上になる）に関して、どのような原則で、いつ廃炉にしていくかについて、具体的に議論すべき時に来ていると思う。とくにこのところの東海原発の稼働状況は悪く、いつ廃炉にしてもおかしくないと考えますが、現実には廃炉のための基準といったものもなく、ずるずると故障続きのまま（図2の運転歴25年以上のデータは、この炉の状況を反映している）運転が継続されている。

さらに、防災体制についても、地震を想定した、現実的な原発防災を、今すぐにでも具体的に検討すべきだと思う。その中で、たとえば、事故時の避難場所の確保を建物の耐震性も併せて考えることや、現在地域の保健所に置かれているだけのヨウ素剤を各戸配布することなども検討するこ

とを提案したい。

他の緊急事態は？

少し地震の問題に紙数を費やしすぎたが、阪神大震災は、核施設の他の緊急事態への備えのなさについても、大きな警告を発しているように思われる。考えられる事態とは、たとえば、原発や核燃料施設が通常兵器などで攻撃されたとき、核施設に飛行機が墜落したとき、地震とともに津波に襲われたとき、地域をおおうような大火に襲われたときなど、さまざまなことがあげられる。それらの時には、上に地震に関して議論してきたようなことが、多かれ少なかれ当てはまる。

これまでもこれらの問題の指摘はあったが、そのような事態を想定して原発の安全や防災対策を論じることは、「想定不適当」とか「ためにする論議」として避けられてきた。しかし、最近、阪神大震災だけでなく、世界のさまざまな状況をみるにつけ、考えうるあらゆる想定をして対策を考えていくことが、むしろ冷静で現実的な態度と思われる。

その点からすれば、これまでの原子炉の安全原則とされる多重防護（ないし深層防護=defense in depth）の概念は（それが適切に実施されているかどうかは別として）、あくまで施設内部の事象が外に広がらないための護りであった。しかし、上に述べた事象は、施設にとってまったく外部的な要因に対する護り、いわば外から内への護りの問題であり、新しい設計概念や安全評価を要請している。この点が、今、教訓化されるべきことと思う。

そして、そのような外部的事象によって引き起こされる緊急事態がどのようになり、それにどのように備えができるかできないかもきちんと、国や事業者の側が議論を提起すべきであろう。公衆は、それらの点も含めて、改めて核エネルギーの選択の妥当性を判断しなくてはならない。

参考文献

- 1) 藤富正晴, 岸 清, 小森明生, 荻野晃也, 高木仁三郎, 田原総一郎 (司会): 通販生活 1995年夏号 (カタログハウス社, 1995)—徹底検証, 大震災! どうなる原子力発電所.
- 2) 活断層研究会編: 『新編 日本の活断層』(東京大学出版会, 1991) p. 71.

非会員著者の紹介: 高木仁三郎氏は1938年群馬県生まれ。1961年東大化学卒。日本原子力事業 NAIG 総研, 東大原子核研究所助手, 東京都立大助教授を経て, 現在, 原子力資料情報室代表。専門は核化学, 科学論。