

地震による東電福島第一原発事故についての考察 (2011/3/20)

宮崎慶次

- M9.0 と云う想定を上回る巨大地震での激震災害の中での出来事である。止むを得ぬ面もあるが、原子力関係者としては、その様な言い訳は許されるものではない。津波の評価が甘かったのは大きな反省点である。
- 地震動としては400ガル程度で、基準地震動 $S_s = 600$ ガル以内(想定内)であり、原子炉は制御棒が挿入され、核反応は停止した。安全上重要な機器の損傷もなかったと考えられる。
- 外部電源が喪失(停電)したので、当初は非常用ディーゼル発電機(D/G)が起動して、非常用冷却系(ECCS)の一つである高圧炉心スプレー(HPCS)が作動し炉心を冷却していたようだ。
- 津波が想定を大幅に超えたため非常用D/Gの燃料(軽油)タンク及び冷却系(海水ポンプ)が破損して運転できない状態となり、結果的に全交流電源喪失となってしまった。沸騰水型炉(BWR)ではこのような場合、重大な炉心損傷または炉心溶融に至る確率が高い。電源車による電力確保とD/Gの回復に努めることが大切であるが、早期にそれが出来ないと代替注水手段がある。
- BWRには原子炉自体で発生する蒸気で駆動するタービン・ポンプで高圧でも水を炉心に注入できる原子炉隔離時冷却系(RCIC)を備えている。(1号機は非常用復水器で自然循環冷却:RCICなしか?)。いずれにせよ、RCICのタービンの冷却側は格納容器内の圧力抑制プール(ドーナツ状)の水が最終的な熱の放出先(ヒートシンク)となるので、時間が経つと水温が上昇し高圧となる。崩壊熱除去系のポンプは非常用で使用不能。
- 代替注水手段は、旧通産省時代から国が検討してきたAM(アクシデント・マネジメント:苛酷事故対策)の一環として、消火系を利用して濾過水タンクから原子炉容器内(炉心)や格納容器に注水し冷却するもので、注水配管を追設した。また、原子炉の水位が下がると自動的に減圧弁(ADS)が働いて原子炉内の圧力が働いて水が入るようにAM対策した筈である。また、手動で操作することも出来る。
- 格納容器についても、過圧により破損しないようにラプチャー・ディスク(膜破断弁)を設け強化した配管を追設した。元弁さえ開いておけば格納容器の過圧損傷はない(膜破断で自動的に放出)。放射能はプールの水でかなり除去できる。フィルターを通すか否かは後段の弁で選択できる。
- ADSや格納容器のベント弁は空気圧で操作するが、制御用電磁弁などのD

C電源バッテリーが8時間は持つ設計。今回はやはり8時間程度で消耗するとともに空気圧も低下して弁操作が不能となったようだ。

- 私見であるが、炉心内の水位が十分確保されているうちに原子炉を早期に減圧し、格納容器をベントして早期に減圧するべきであったし、そうすれば、代替注水手段が成功していただろう。運転者は初期ならば極く微量とは云え放射能を外部に放出する早期ベントを躊躇するのは理解できる。しかし、炉内圧力は通常70気圧以上あるので減圧が遅れると消火ポンプでは注水できなくなる。1～3号機とも代替注水手段に失敗している原因について、AMの手順書がどうなっているか検証が必要である。AMの重要性を再検討。
- 炉内の状態がどうなっているかは検討がつかない。被覆管ジルコニウム合金の融点は約1800℃であるが、その前に1300℃程度になるとH₂Oによる酸化（発熱）しH₂が発生する反応が進むので、事故でも1200℃以下になるように規制している。二酸化ウラン燃料の熔融温度は2800℃である。空焚き状態が長く続くと熔融も否定できない。
- 燃料被覆管が破損すると、まず、気体の放射性物質が出る。キセノン類は量が多いが半減期が短い。問題となるのはヨウ素（I-131）でβ線とともに比較的強いγ線（1.3MeV）などの放射線を出す。また、沸点が約670℃のセシウム（Cs-137 半減期約30年、β線、0.66MeVのγ線）も一部放出されるが、水に溶ける（CsOH）ので多量には出ない。
- 燃料が熔融すると閉じ込められている多量の放射能が放出される。水があっても炉心熔融プールができると水があっても冷却不十分で熔融貫通の可能性がある。BWRの底部には制御棒の案内管が多数あるので貫通の可能性もあるが、コンクリートまで貫通することはないだろう。（独 KfK 実験）
- BWRの格納容器は運転中はN₂ガスが封入されているので、H₂が出ても格納容器内での水素爆発の可能性は無い。
- TMIのようになるかもしれないが、チェルノブイリのようにはない。チェルノブイリ事故の場合は、事故の原因が核暴走で、水蒸気爆発と水素爆発を起こしている。格納容器がなく建屋が崩壊、更に数日間にわたる黒鉛火災で高温となり火炎に伴う上昇気流で多量の放射性物質を広範囲に拡散させた。
- PWRでは、全交流電源喪失時にも、原子炉冷却水の自然循環冷却で崩壊熱除去が可能である。関電、九電、四電、北電などが採用しているWH型では蒸気発生器の位置が原子炉容器より高い位置にあるのと2次系は放射能を含まないのと水の保有量が多いので対応が多様かつ容易である。
- 燃料プールでの水素爆発については、不可思議な点が多く、現状では憂慮すべき問題である。停電すればポンプなしでプールを冷却すべきことは自明で

ある。何故早めに正規の給水管のバイパスや消火用ホースをプールに引くための注水の準備をしなかったのか。

- 崩壊熱は炉停止直後に約7%になるが、1時間後で1.3%、1ヶ月で0.1%となる。電気出力100万kWの場合、熱出力は300万kWである。1月として、これを水の蒸発潜熱（大気圧で2260kJ/kg）で冷却するには約毎時5トンの注水が必要となる。11月に炉停止とすれば4ヶ月で、出力も78万kWで、NHK-TVで阪大山口教授が言っていたように毎日50トンが正しいのだろう。だとすると、10日経っても1400トンのプール水は半分以上あって燃料は露出しないのに何故に水素爆発が生じたのか不思議だ。米国の専門家からはプールの内張りが破損しての水漏れ説も出ているようで心配だ。4号機より3号機の注水を優先させているのもよく分からない。今後の推移を待ち、東電職員や政府、消防、警察、自衛隊の関係者の必死の努力が報いられるよう祈願している。
- 通常電源は確保できれば冷温停止（原子炉95℃以下、プール50℃）の持続の可能性が高まる。海水をかぶってもポンプの損傷の可能性は低いし、電気系統が問題だが、モータも誘導電動機なら絶縁不良の可能性は低い（整流子なら別）。半導体を使用した速度制御などはないと思うので。
- 現在の安全審査（保安院はご意見を聴く会）は、A基本設計、B気象、C地震と分かれており、AとBは時折合同部会を行うが、Cは独立している。今後はABCの合同部会も必要。因みに、大間原発の基本設計部会の審査では、主査の裁量で耐震や津波についても聴聞したが、三陸沖よりも津軽海峡を抜けるチリ沖地震の津波の影響の方が大きいとのシミュレーション結果を見せられ納得した。今回の地震を踏まえて再検討が必要だろう。
- 大きな課題としては、原子力安全委員会、原子力安全・保安院などの組織一元化や緊急時の対応・指揮系統の検討などがあるが現段階での私見は差し控えたい。

以上

以上は、2000年まで阪大で原子炉工学と原子力発電、原子炉安全工学（院）の講義を担当し、美浜2号機、もんじゅ、美浜3号機、原発運転差し止め裁判などでマスコミにコメントしてきた経験に基づいての見解です。