

第 2 章 地震津波工学に求められる原子力安全(仮)

2.1 原子力安全の基本

原子力安全の基本原則と深層防護…深層防護の第3層までの設計(DB)とそれを超えるBDBEのSAM領域の対応の考え方を提示し、コンセンサスを確立する。

(1) 原子力安全の基本的考え方

- IAEA の基本安全原則 SF-1 と調和する形で原子力学会標準委員会は「原子力安全の基本的考え方について」の第 I 編「原子力安全の目的と基本原則」を策定した。【添付 1 基本原則説明資料】
- 原子力安全の目的は「人と環境を、原子力の施設と活動に起因する放射線の有害な影響から防護すること」とした。
- この目的を受けて、10の基本原則を定めた。

カテゴリー1:責任とマネジメント

- 原則 1:安全に対する責務
- 原則 2:政府の役割
- 原則 3:規制機関の役割
- 原則 4:安全に対するリーダーシップとマネジメント
- 原則 5:安全文化の醸成

カテゴリー2:人及び環境の防護

- 原則 6:原子力の施設と活動の正当性の説明
- 原則 7:人および環境へのリスク抑制とその継続的取り組み

カテゴリー3:放射線リスク源の閉じ込め

- 原則 8:事故の発生防止と影響の緩和
- 原則 9:緊急時の準備と対応
- 原則 10:現存する放射線リスク又は規制されていない放射線リスクの低減のための防護措置

(2) 深層防護について

- 『基本原則』をより具体的な『技術要件』へ展開し、更にプラントの設計、運転、管理を実施していくことにつなげて始めて安全確保の流れが出来上がる。『技術要件』への展開には、深層防護が重要な概念。【添付 2 深層防護説明資料】
- 深層防護は、設備を多重に設けるとい物理的な措置ではない。それは概念である。従って、設備の対策も、運用上の方策も、管理の方法にも、この概念は適用できる。

(3) 設計基準とアクシデントマネジメント領域

- 設計基準は、原子炉の安全を達成し、シビアアクシデントを防止することを目的として定めた基準。設計基準で対象とする事象領域は、ハザード(内的でも外的でも)が想定でき、シナリオも更に影響も理解されている領域である。それゆえに、不確かさが小さく見積もれるので、設計妥当性の評価を行う際には、余裕を見込んで包絡させた事故シナリオを考えることが可能である。設計基準事象 (Design Basis Accident, DBA) は、設計基準のために想定した事象であり、LOCA(原子炉冷却材喪失事故)などがある。
- 設計基準を逸脱する領域は、設計基準で考えた事故シナリオに、多重故障が加わり、その組み合わせの種類が増える。深層防護でいう第4層であり、シビアアクシデントの緩和策が必要である。この意味でアクシデントマネジメント領域と呼ぶことができる。この領域の事象は複雑なシナリオになるため、DBA のような包絡シナリオを想定することが難しくなる。そこで、PRA に代表されるようなイベントを樹形図により描いていく方法が有効になる。ただし、PRA は、シナリオを描く過程でグルーピングを行い事故シーケンス解析の効率化を図る。これは単に計算時間や手間の短縮のためではなく、リスク上支配的な事故シナリオを見出し、対策をとるために PRA を実施する観点から、類似のシナリオをグループ化するものである。
- さらに事象が厳しくなると、環境への多量の放射性物質放出もありうる事態になる。たとえば、格納容器が破損しており、放射性物質の環境への大量放出が緩和できない場合に、サイト周辺の住民の避難などの緊急時対応をもって、その影響緩和とする領域である。深層防護で第5層にあたる。ここで防災対応には時間がかかるため、上記のシビアアクシデントにつながる可能性の段階で措置が開始されることから、第4層が進んでから第5層の対応を開始するわけではないことに留意いただきたい。

2.2 地震安全の考え方と対応

2.2.1 地震時の原子力安全の果たす役割 【添付3 地震安全説明資料】

- 原子炉の安全について整理。地震時の原子炉安全の確保の仕組みを分析。
- ①基準地震動の位置づけ、②深層防護概念に基づく安全確保、③地震安全評価体系、を確立した。
- 地震も含む「外的事象による原子力サイト・プラントへの影響」について考え方を整理する。地震時に発生する「影響」をリストアップする。その影響から進展する事故シナリオを明らかにする。

2.2.2 地震時の事象と対応

- 地震に付随する津波や地震による斜面崩壊などの事象の整理。【添付4 地震、津波による影響と事故シナリオの考え方】

- 今回の東北地方太平洋沖地震と津波での事態及び対応を中心に、提示された問題点、課題を添付に示す。【添付 5 東北地方太平洋沖地震と津波】

2.3 原子力発電に求められる性能基準

- ・法律体系についての展開とこれまで策定され使用されてきた指針類の位置づけ
 - ・地震や津波におけるプラント、および構成する SSC の重要度の考え方
 - ・基準地震動や基準津波の考え方
- 等を示す。

2.4 対象施設の種類

2.4.1 対象施設

本委員会では、原子力施設を対象施設とする。それには、実用発電用原子炉施設、研究開発段階発電用原子炉施設、加工施設、再処理施設、廃棄施設及び貯蔵施設が含まれる。(参照:表 2-1)

2.5 施設の概要(例)大飯 3, 4 号

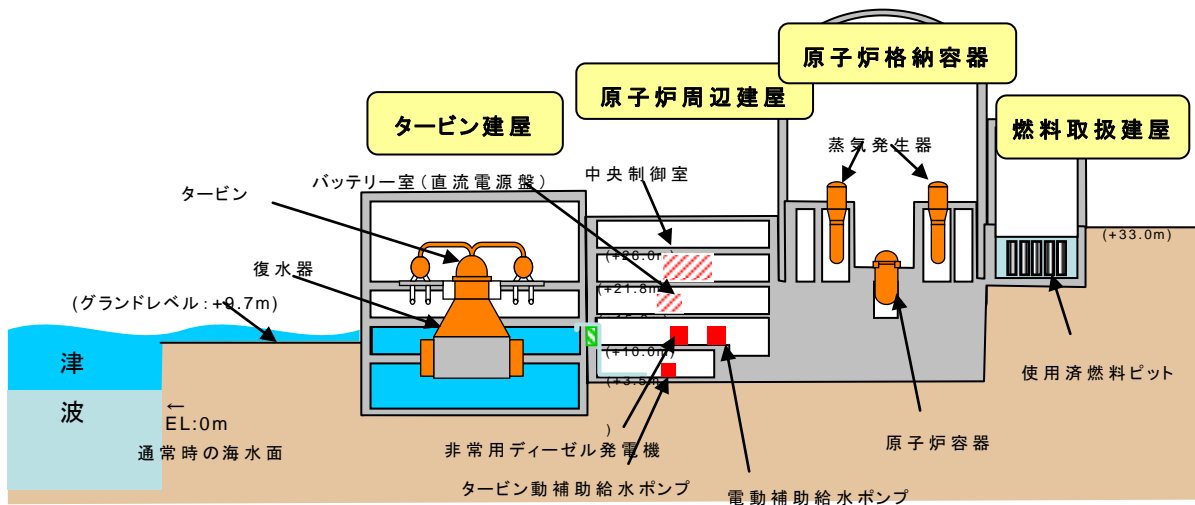


表 2-1 我が国の原子力施設

分類	設置者名	施設名
実用発電用原子炉施設	北海道電力	泊発電所
	東北電力	女川原子力発電所、東通原子力発電所
	東京電力	福島第一原子力発電所、福島第二原子力発電所 柏崎刈羽原子力発電所
	北陸電力	志賀原子力発電所
	中部電力	浜岡原子力発電所(1,2号機は廃止措置中)
	関西電力	美浜発電所、大飯発電所、高浜発電所
	中国電力	島根原子力発電所(3号機建設中)

	四国電力	伊方発電所
	九州電力	玄海原子力発電所、川内原子力発電所
	日本原電	東海第二発電所、敦賀発電所、東海発電所(廃止措置中)
	電源開発	大間原子力発電所(建設中)
研究開発段階発電用原子炉施設	日本原子力研究開発機構	高速増殖炉もんじゅ、原子炉廃止措置研究開発センター(ふげん 廃止措置中)
加工施設	グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン	グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン
	三菱原子燃料	三菱原子燃料
	原子燃料工業	熊取事業所、東海事業所
	日本原子力研究開発機構	人形峠環境技術センター
	日本原燃	ウラン濃縮工場
再処理施設	日本原子力研究開発機構	東海研究開発センター核燃料サイクル工学研究所
	日本原燃	再処理事業所(建設中)
廃棄施設	日本原燃	濃縮・埋設事業所* ¹
	日本原子力開発機構	東海研究開発センター原子力科学研究所
	日本原燃	再処理事業所
	日本原子力研究開発機構	大洗研究開発センター
貯蔵施設	リサイクル燃料貯蔵株式会社	リサイクル燃料備蓄センター(建設中)

以上

東北地方太平洋沖地震と津波

(1) 地震への対応

設計のための地震動の大きさとしての基準地震動や、最大津波の大きさの想定は、学术界、学会で議論してきたものである。その結果、すべての規制に携わってきた人、学識経験者や技術者の合意に基づき、その基準を定め、評価に適用してきた。だが、実際の最大津波は想定したよりはるかに大きなものであった。この巨大な津波をもたらした地震動の規模についても、想定をはるかに超える地殻変動だったということである。

地震動については、実際に発生した地震の大きさは既に把握している通りである。地震では太平洋側で稼働中の 12 基全てのプラントの制御棒全数が問題なく挿入され、停止モードに入ったことが確認されている。福島第一の 2, 3 号機、女川 1, 2, 3 号機では、一部の地震動が基準値を超えてはいたが、異常や損傷は認められていない。基準地震動に対する余裕の大きさは、既に中越沖地震での柏崎刈羽 N P P (Nuclear Power Plants) でも十分に確認されてきた。今回の地震でも、最も近地の地震であった女川 N P P でも、その健全性は十分に確認されている。もちろん、福島各 N P P でも、地震により安全上問題となるようなふるまいは、データ上は認められなかった。また、国会事故調では配管の損傷によるというデータは認められないものの、“可能性はないことはない”との見解が示されたが、政府事故調では配管の損傷はないとされている。解析等からの評価結果からも原子力安全・保安院の意見聴取会で配管の損傷がなかったことが示されている。

しかし、重要な点は基準地震動を超えているという点である。過去に、女川 N P P においても、柏崎刈羽 N P P においても基準地震動を超える事態は何度か経験してきた。それにもかかわらず、設備の健全性は確保され、もちろん安全に係る事態は全く生じていないことは既に報告されている通りである。中越沖地震後による柏崎刈羽 N P P の被災と、その前年に改訂された基準地震動の見直しにより、より厳しく基準地震動を引き上げ、より厳しい耐震性が求められてきたのである。それは、全国の N P P の耐震性バックチェックとして新たな基準での健全性確認の実施に反映された。この時点から問題視されてきたのが、耐震性の評価をこれまでと同様に加速度応答で行うことの妥当性についてである。破損、と言う視点では、速度で評価する方法やエネルギーで評価する方法など、もっと適切な方法があるのではないか、という問題が投げられていた。未だ、答えはないまま今回の事態を迎えたのである。基準を超えることの意味を考えたり、超えた場合の対応をどのようにしなければならぬか、ということを考えたりすることはなかった。ここで、この問題を取り上げるのは、今回の地震動でも女川 N P P でも、福島第一 N P P でも基準地震動を超える地震動が観測されたからである。それは設計基準を超える事態であるということであり、それはシビアアクシデント領域に入ると言うことになる。極めて重大な判断を下すことであり、もう一度、この地震動における設計基準をどのような量を採用すればよいか、考えてみる必要がある。

また今回の地震では、考えなければならない事象として地震と津波を含めて複合災害が挙げられる。女川 N P P では、地震時に電源盤の火災が発生した。幸いにして大事に至らなかったが、地震と火災の複合災害の可能性を示唆するものであった。今後の検討が必要であろう。

(2) 津波への対応

原子力発電所に適用する設計のための最大津波の大きさの想定についても、学術界、学会で議論してきたものである。土木学会を中心に評価技術の検討が進められてきた。最近の計算機コンピューター技術など新技術の進展を取り入れた再構築が成されてきた。しかし、津波が岩手県田老町の防潮堤を乗り越え、破壊した例を見ても、自然現象を予測し災害を防止することは如何に難しいか、ということが分かるように多くの自然災害は想定外として起きるものである。

原子力発電所を襲った実際の最大津波は、想定したよりはるかに大きなものであった。この巨大な津波をもたらし地震動の規模が、想定をはるかに超える地殻変動だったということでもあったが、これまでの津波評価での想定を、複雑で大きく超えたものであった。その結果として原子力発電所が被災し、事故に至ったのである。

各原子力発電所の今回の津波の大きさについては、どの NPP サイトでも設計時の想定を超えるものであった。しかし、一部のサイトでは、余裕があり事故にまで至ることはなかった。津波の大きさは女川、福島第一、第二、東海第二と全ての発電所で、許認可値はもちろん、最新の見直し値を上回るものであったのである。女川では約 13m と極めて大きなものであったが、発電所設置位置が 1m 陥没後は 13.8m と僅かの余裕で大きな難は免れた。また東海第二では、津波対策の冷却設備の防水壁工事が完了していた領域の設備の機能が維持され、原子炉は無事冷温停止まで確保された。福島第二では、津波高さは 8m 程度で敷地高さ 12m よりも低いものではあったが、浸水高さは 14.5m と高く、多くの設備は被害にあったが、AM 対応が功を奏し冷温停止にまで持っていくことができた。

福島第一では最近の知見に基づき見直していた津波レベルをも超える大きなものであった。これほど大きなものとなることは予測されておらず、自然現象として想定を大きく超えるものであった。

2011 年 1 月 11 日時点で文科省地震調査研究推進本部長期評価部会は、宮城県沖地震に対して 30 年以内に起こる確率 99% で M7.5 (滑り量 16m 程度) 前後 (三陸沖南部海溝寄り領域と連動の場合、M8.0 前後)、南海地震と東南海地震が連動した場合 M8.5 前後を想定していた。事故前の国内の標準的な津波評価方法としては、2002 年 2 月に土木学会が発刊した「原子力発電所の津波評価技術」が定着しており、全発電所でこの手法による想定される最大規模の地震に対して津波高さの再評価が進んでいた。3 月 11 日に発生した岩手・宮城・福島・茨城県沖連動地震は M9.0 (面積約 250km×400 km、最大滑り量 60-70m) であり、想定よりも大規模な津波が発生した。これは、869 年・貞観 11 年に発生した大地震と大津波に匹敵するものであり、1000 年に一回程度の規模の地震により津波が発生したと言える。このように現在の地震・津波規模の事前評価には限界があった。

実際、福島第一発電所沖で重畳により生じた 15m を超える津波のため、事故以前に整備した福島第一 1~6 号炉の非常用電源設備は以下の設備以外は機能しなかった。機能した設備は、タービン建屋の地下最下層ではなく中層地下室にあった 3、5、6 号炉の 125V 直流電源と 13m の最高敷地高さの建屋内にあった 6 号炉空冷式非常用ディーゼル発電機のみであった。僅かな垂直方向の位置の違いによる機能保持であり、事故からの重要な教訓である。

従って、非常用ディーゼル発電機、直流電源、配電盤など非常用電源設備を水密性のないタービン発電機室の地階に設置していた結果、津波で機能喪失し直流電源も含めた全電源喪失を招き、過酷事故に至った直接要因として根源的な原因であると云えよう。