

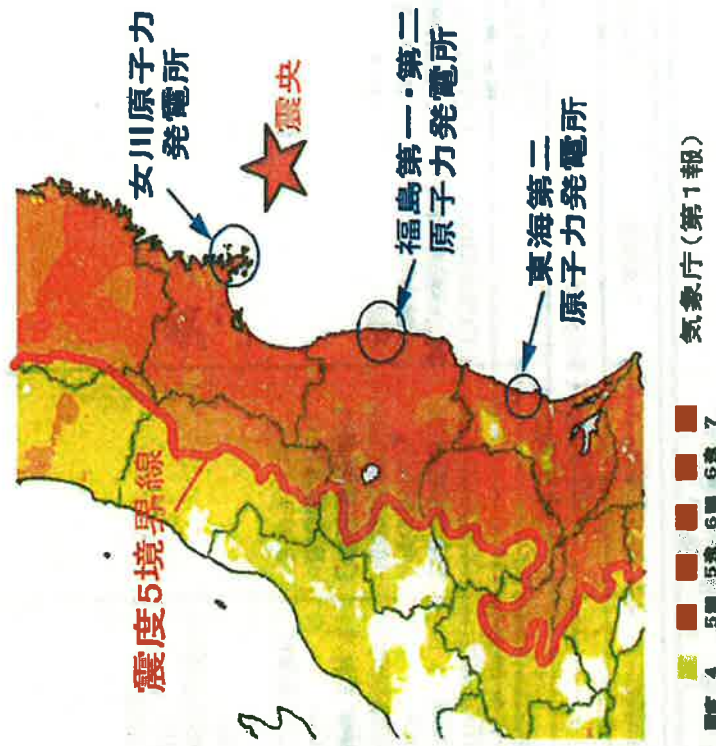
福島第一原子力発電所事故を踏まえた 若狭地域の原子力発電所の安全対策 の実施状況について

平成 2 3 年 7 月
原子力安全・保安院

1. 福島第一原子力発電所事故の概要

(1) 東北地方太平洋沖地震

- ✓ 2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、北米プレートに太平洋プレートが沈み込む日本海溝沿いのプレートの境界で発生した。
- ✓ この地震の震源域は、幅約200km、長さ約400km、地震規模を表すマグニチュードはM9(福島第一原子力発電所においては震度6強)であった。



(2) 事故の経緯

1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機
地震発生(14:46)					
原子炉自動停止(14:47)					
<ul style="list-style-type: none"> ○非常用DG(2台とも)起動 (14:47) ○非常用復水器起動 (14:52) ○格納容器スプレイ系起動 (15:07、15:10) 	<ul style="list-style-type: none"> ○非常用DG(2台とも)起動 (14:48) ○原子炉隔離時冷却系起動 (14:50) ○逃がし安全弁動作 (14:52) ○残留熱除去系ポンプ起動 (15:00頃) 	<ul style="list-style-type: none"> ○非常用DG(2台とも)起動 (14:48) ○原子炉隔離時冷却系起動 (15:05、16:03) 	<ul style="list-style-type: none"> ○非常用DG(1台)起動 (1台点検中) 	<ul style="list-style-type: none"> ○非常用DG(2台とも)起動 (14:48、14:49) 	<ul style="list-style-type: none"> ○非常用DG(3台とも)起動 (14:48(1台)、14:49(2台))
津波第1波到達[高さ4m](15:27)、津波第2波到達[浸水高さ15m](15:35)					
<ul style="list-style-type: none"> ○全交流電源喪失を確認(15:37) (津波到来により海水冷却系や配電盤等の電源系が破水・冠水、非常用DGも機能喪失) 					
<ul style="list-style-type: none"> ○非常用冷却装置が全て停止 ○原子炉の水位が低下 ○炉心の損傷、溶融開始 ○原子炉建屋での水素爆発 					
<ul style="list-style-type: none"> ○原子炉建屋での爆発 					
<ul style="list-style-type: none"> ○6号機非常用DGから給電 ○原子炉冷温停止 					
<ul style="list-style-type: none"> ○非常用DG1台(空冷式)は運転継続 					

非常用設備は正常に作動

- ・制御棒自動挿入(原子炉停止)
- ・外部電源喪失
- ・非常用発電機起動(電源確保)
- ・非常用冷却システム作動

非常用発電機停止(電源喪失)

- ・非常用冷却システム停止
- ・原子炉水位低下
- ・炉心露出
- ・炉心損傷

(3) 地震による影響について

〔福島第一原子力発電所・原子炉建屋基礎版上の最大加速度〕

観測点 (原子炉建屋最地下階)	観測記録						基準地震動Ss1に対する 最大応答加速度値(ガル)		
	最大加速度値(ガル)						南北方向	東西方向	上下方向
	南北方向	東西方向	上下方向	南北方向	東西方向	上下方向			
福島第一	1号機	460*1	447*1	258*1	487	489	412		
	2号機	348*1	550*1	302*1	441	438	420		
	3号機	322*1	507*1	231*1	449	441	429		
	4号機	281*1	319*1	200*1	447	445	422		
	5号機	311*1	548*1	256*1	452	452	427		
	6号機	298*1	444*1	244	445	448	415		

※1:記録開始から約130~150秒程度で記録が終了している。

- プラントデータ等を精査したところ、地震による被害は外部電源系に係るものであり、原子炉施設の安全上重要なシステムや設備、機器の被害は確認されておらず、津波到達までは管理された状態にあったと考える。
- 一方、福島第一原子力発電所での観測記録は、基準地震動Ssを概ね下回っているが、一部に超えるものが存在した。このため、当該観測記録による施設の地震応答解析を行い、地震による施設への影響を詳細に評価するよう東京電力に指示。その結果、代表的なプラントとしての2号機及び4号機の原子炉建屋、原子炉圧力容器、原子炉格納容器、燃料集合体(制御棒挿入性)、主要配管等については、地震時及び地震直後は、安全機能が保持できる状態にあったとされている。

(4) 事故の概要 (科学的データに基づいた分析評価)

報告徴収命令に基づき報告のあったプラントデータ等について、原子炉施設の安全性への評価等を東京電力に指示するとともに、原子力安全・保安院は、原子力安全基盤機構(JNES)による独自解析も踏まえた評価を実施。

＜評価結果の要点＞

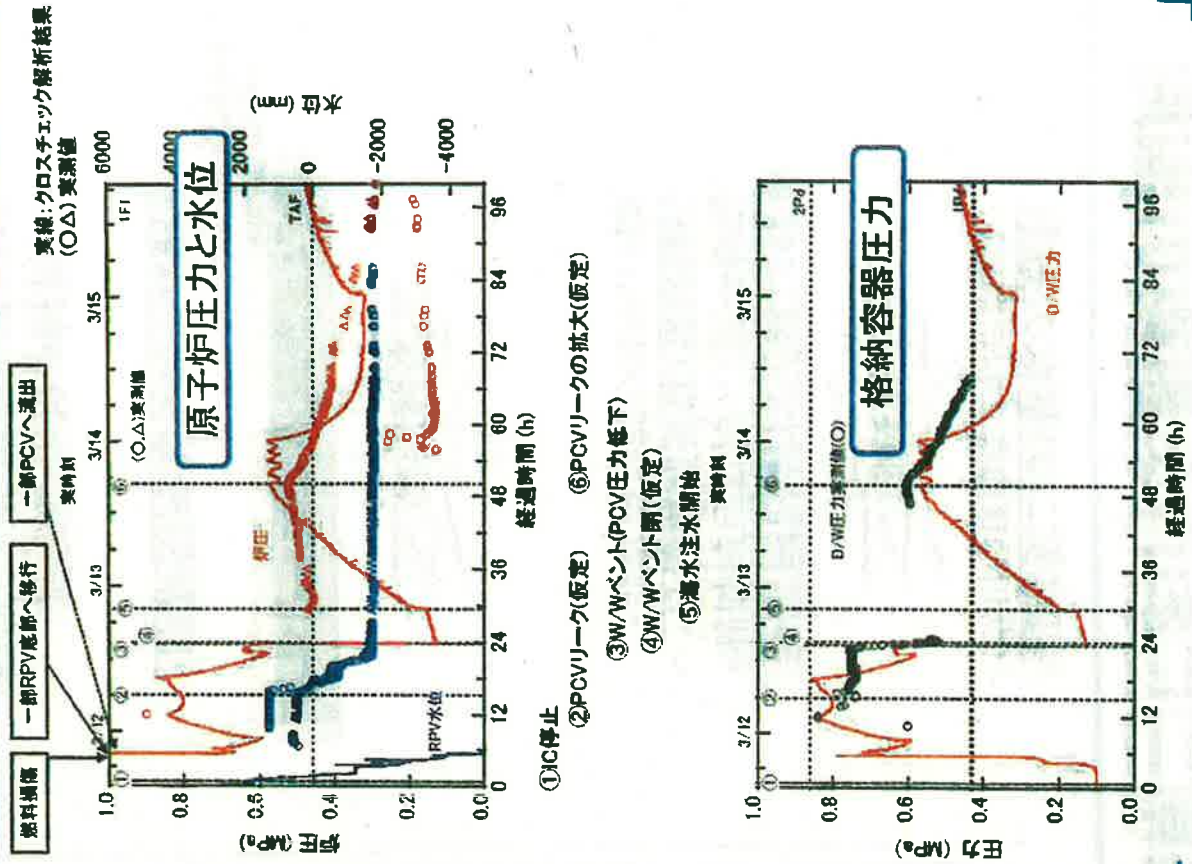
- 地震発生時に各プラントは正常に停止するとともに、地震による外部電源喪失後に非常用ディーゼル発電機は正常に起動した。冷却機能についても、各原子炉の状態に応じた機器が作動し、正常に機能していることがデータ等により確認された。
- しかしながら、津波の到達により、全交流電源を失った上に、バッテリー、配電盤等の電源系も被水・冠水したため、電源喪失期間が長期に渡り、すべての冷却機能が停止し、原子炉の冷却ができなくなり、炉心が損傷し、炉心溶融に至るなど深刻な事態に至った。

(例) 1号機の解析の概要

主要イベント	
3/11 14:46	地震発生 → 原子炉自動停止 → 外部電源喪失 → 非常用ディーゼル発電機起動
14:52	非常用復水器起動
15:37	津波襲来 → 非常用ディーゼル発電機停止 → 直流電源(バッテリー等)停止 → 非常用復水器の停止 → 海水冷却系の機能喪失
17:00頃	燃料露出、炉心溶融開始
3/12 05:46	消防ポンプによる淡水注水
14:30	ベント
15:36	原子炉建屋で水素爆発
19:06	海水注入

地震	→ 各機器は正常に動作
津波	→ 非常用D/G喪失 + 直流電源喪失 + 海水冷却系の機能喪失
非常用復水器(冷却・注水)機能喪失	→ 初期の段階で冷却・注水機能が喪失したため、2、3号機よりも事象進展が早く、炉心溶融に至った。炉心損傷に伴い水素が発生し、原子炉建屋上部で爆発。

14時間9分間注水停止のため原子炉水位低下



(参考) 福島第一及び福島第二における事象の進展

福島第一1～3号機の事象の進展



非常用設備は正常に作動

- ・制御棒自動挿入(原子炉停止)
- ・外部電源喪失
- ・非常用発電機起動(電源確保)
- ・非常用冷却システム作動



非常用発電機停止(電源喪失)

(海水系冷却機能喪失)

非常用冷却システム停止

原子炉水位低下
炉心露出
炉心損傷

福島第二の事象の進展 (女川や東海第二もほぼ同様)



非常用設備は正常に作動

- ・制御棒自動挿入(原子炉停止)
- ・外部電源受電(電源確保)
- ・非常用冷却システム作動



外部電源受電(電源確保)

(非常用電源喪失、
海水系冷却機能喪失)

非常用冷却システム動作

原子炉水位を維持
被災した冷却ポンプを復旧
冷温停止

2. 事故を踏まえて取り組みむべ き安全対策

事故を踏まえて取り組むべき安全対策

①事故の拡大をもたらし、原子力災害に至らせた直接的原因は、地震・津波により、全電源を喪失し、全ての冷却機能が失われ、原子炉等を冷却できなくなったこと。このため、福島第一と同程度の地震・津波が襲来し、全交流電源等を喪失したとしても、安定的に炉心等を冷却する対策及び津波の防御対策を講ずる。

②地震により盛土が崩壊し送電鉄塔が倒壊し、また、主要変電所の地絡事故を発端とした電力系統の停止により原子力施設への電力供給が停止した。このため、非常用電源の多重化や電力系統の信頼性向上対策を講じる。

③福島第一事故を収束するための懸命な作業の中で抽出された課題から、万一シビアアクシデント（炉心の重大な損傷等）が発生した場合でも迅速に対応するための対策を講じる。

①緊急安全対策
(全交流電源喪失時の対策及び、全交流電源喪失を予防するための津波防御対策)

電源喪失
防止対策

②電源信頼性向上対策
(全交流電源の喪失を予防)

シビアアクシデントの防止

シビアアクシデントへの対応

③シビアアクシデント対策

(1) 緊急安全対策の実施

- ・福島第一原子力発電所で運転中及び停止中の原子炉が原子力災害に至ったことを踏まえて、国内の全ての原子力発電所を対象に、福島第一原子力発電所と同様な原子力災害が発生しないよう、緊急対策を実施。
- ・この際、不明な点については全て安全側となるように保守的な(過大な)前提を置くこととした。すなわち、他の発電所においても福島第一原子力発電所と同程度の津波が襲来することを前提として、以下のような考えのもと、安全が確保できること(燃料が損傷しないこと)を確認した。
- ①周辺海域に今回の津波発生源であるプレート境界があるなしに関わらず、従来の津波高さ評価に+9.5mを加算(最大15m)とした。
- ②3つの機能(全交流電源、海水冷却機能、使用済み燃料プール冷却機能)の喪失を仮定した。

緊急安全対策(要求事項)

- ①緊急点検の実施(機器、設備の点検)
- ②緊急時対応計画の点検と訓練の実施(手順、権限)
- ③緊急時の電源の確保(電源車)
- ④緊急時の除熱機能の確保(消防ポンプ)
- ⑤緊急時の使用済み燃料貯蔵槽の冷却確保(消防ポンプ)
- ⑥原子力発電所における構造等を踏まえた当面必要となる対策の実施(建屋の浸水対策)

緊急安全対策の概要

緊急安全対策		短期	中期	長期
フェーズ				
完了見込み時期		1ヶ月目途		1～3年
目標 (要求水準)		①全交流電源、②海水冷却機能、③使用済燃料貯蔵プール冷却機能を喪失したとしても炉心損傷、使用済み燃料損傷の発生を防止	緊急安全対策(短期)の信頼性向上 (冷温停止の迅速化、津波に対する防護策)	
具体的対策 の例		<p>【設備の確保】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電源車の配備 (原子炉や使用済み燃料プールの冷却用) ・消防車の配備 (冷却水を供給するためのもの) ・消火ホースの配備 (淡水タンクまたは海水ピット等からの給水経路を確保するためのもの) <p>等</p> <p>【手順書の整備】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・上記の設備を利用した緊急対応の実施手順を整備 <p>【対応する訓練】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実施手順書に基づいた緊急対策の訓練を実施 	<p>【設備の確保】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・防潮堤の設置 ・水密扉の設置 ・空冷式ディーゼルの設置 ・海水ポンプ電動機予備品の確保 ・その他必要な設備面での対応 <p>【手順書の整備】</p> <p>【対応する訓練】</p>	
(参考) 電源供給 について		<p>電源車</p> <p>→緊急対策に必要な機器(タービン補助給水ポンプ制御、中央制御室の照明、監視計器等)に限定した電源を供給</p>		<p>空冷式非常用ディーゼル発電機等</p> <p>→左記に加え、安全上重要な設備(海水ポンプ等)を駆動できる電源を供給</p>

国の確認方法

- ①事業者の緊急安全対策実施報告書に対して、審査基準を作成し、専門家の意見を聴いて、盛り込まれた対策が有効であるかを評価しました。
- ②法令に基づく立入検査等により、現地の検査官が訓練の立会や資機材の配備や関係マニュアルの整備が適切に定められているかを確認しました。
- ③特に計画段階の緊急安全対策の手順書が訓練等で問題点を見つけ、手順書に反映するという改善活動が行われているか注目して確認しました。

(例) 敦賀発電所における緊急安全対策の概要

緊急時の電源確保				
	必要電力量	配備電源車容量	必要ケーブル長	確保ケーブル長
敦賀1号機 2号機	118kW < 220kVA 129kW < 220kVA 374kW < 800kVA 予備電源 800kVA		155m < 170m 155m < 170m	
電源車の保管場所等 ● 電源車4台を敷地近傍の+20mの高台に保管 ● 建屋内に一部ケーブルを恒久設置 ● 電源車の接続にかかる時間 1号機: 約110分(訓練実績)(要求時間: 8時間以内) 2号機: 約85分(訓練実績)(要求時間: 5時間以内) ● 燃料保有量 補助ボイラ燃料タンク(約200kL(約26日分))(ポンプ車分を含む)				

必要注水能力			確保能力(原子炉、使用済燃料プール)	
	必要とする水量	必要ホース長(合計)	確保ポンプ能力	確保ホース長
1号機 2号機	原子炉への注水 約13m ³ /h 約26m ³ /h 使用済燃料プールへの注水 約4m ³ /h 約17m ³ /h	480m 360m	68m ³ /h x 4台 120m ³ /h x 2台	1000m
● ポンプ車6台のうち4台を敷地近傍の高台(+20m)、2台を敷地内(+3m)に保管 ● 消防ポンプからの給水にかかる時間 約0.5時間(訓練実績(1, 2号とも))(要求時間: 電源と同様) ● 燃料保有量 電源と同様				

緊急安全対策における浸水防止措置の概要

- 福島第一原発では、15mの津波が襲来、これは、同発電所における土木学会の津波高さの評価値5.5mを9.5m上回るものであった。
- このため、各電気事業者に対し、各発電所の土木学会による津波高さに9.5mを加えた津波高さ(上限15m)を考慮して止水防止措置を講じさせることとした。

プラント名	敷地高さ	土木学会手法による平成14年の津波評価	福島第一事故を踏まえ浸水防止措置を講ずべき高さ	今回の対策(短期対策)により防止できる浸水高さ	浸水防止のための更なる強化策(中長期対策)
美浜1～3号機	+3.5m	+1.6m	+11.1m	+11.1m	水密扉への取替等
高浜1～4号機	+3.5m	+1.3m	+10.8m	+10.8m	水密扉への取替等
大飯1～4号機	+1.9m	+1.9m	+11.4m	+11.4m	水密扉への取替等
敦賀1号機	+3.0m	+2.1m	+11.6m	+11.6m (5月未完了予定)	水密扉への取替等
敦賀2号機	+7.0m	+2.1m	+11.6m	+11.6m	水密扉への取替等
もんじゅ	+21.0m	+5.2m	+14.7m	+23.0m	—