

4) タービン・発電機の耐震安全性評価

7号機のタービン・発電機等、B、Cクラスの機器についても、安全性および回復性を考えた評価が行われることを期待する。

5) 地震随件事象に対する考慮

周辺斜面の安定性評価については、対象施設に影響を与える斜面がないこと、津波に対する安全性評価についても考慮されていることを確認した*。

*津波に対する評価については、「4. 4. 4 その他」の章を参照

4. 2 耐震強化工事

基準地震動 S_s による地震応答解析に対する加速度に余裕を持たせ全号機で耐震強化に向けた地震の揺れを 1000 ガルに設定し、耐震補強工事が実施されている(表-4.2.1)。

耐震補強工事の対象は、耐震重要度分類 S クラス (旧 As 及び A クラス) 及び S クラス設備に相互影響を及ぼす設備を対象としている (B クラス以下は対象外)。

表-4.2.1 耐震安全性向上工事の実施(東電提供)

全号機で耐震強化に向けた地震の揺れを1,000ガルに設定								単位:Gal
	原子炉建屋 最地下階部	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機
	中越沖地震 (観測値)	680	606	384	492	442	322	356
	基準地震動 による揺れ	845	809	761	704	606	724	738
	耐震強化に 向けた 地震の揺れ	1,000						
	地中深くの 岩盤部 (解放基盤表面)	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機
	基準地震動	2,300				1,209		

(1) 原子炉建屋天井クレーン、燃料取替機の強化工事

全号機で耐震補強工事を実施(写真-4.2.1)

- ・天井クレーン、燃料取替機の脱線防止具の大型化・追加設置を確認した。

(2) 原子炉建屋屋根トラス、排気筒の強化工事

全号機で耐震補強工事を実施(写真-4.2.2)

- ・原子炉建屋屋根トラスの水平ブレスの強化工事が実施されたことを確認した。
- ・排気筒の揺れを防止するため、地震時の振動エネルギーを油の流体抵抗で吸収する油圧防振装置が6基追加されたことを確認した。

(3) 配管サポート類の強化

全号機で耐震補強工事を実施(写真-4.2.3~5のうち黄色で表示したものが追加部)
耐震重要度分類 S クラス系統の設備について、解析評価し、発生応力の影響が大きい

配管等（電線管・ケーブルトレイ・空調ダクト含む）については、サポートの追加や強化が行われたことを確認した。

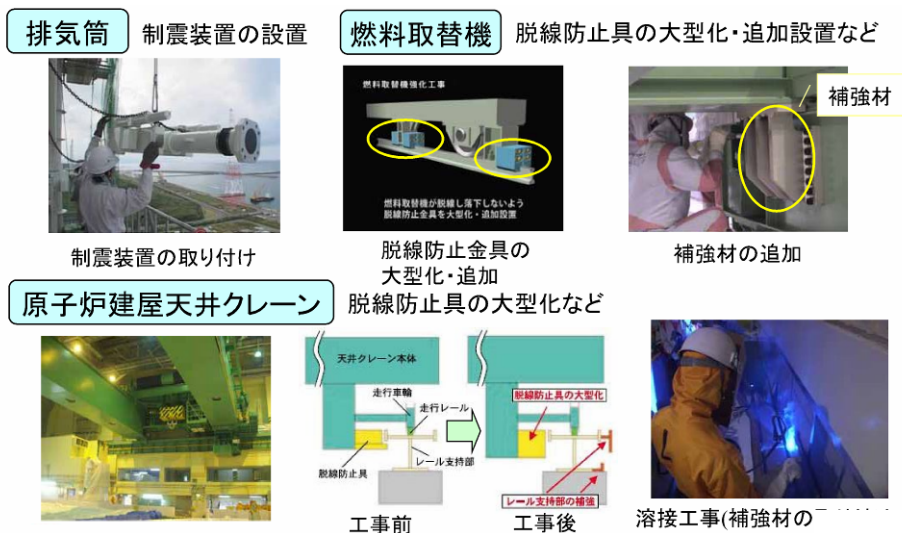


写真-4.2.1 排気筒、天井クレーン、燃料取替機の強化工事(東電提供)

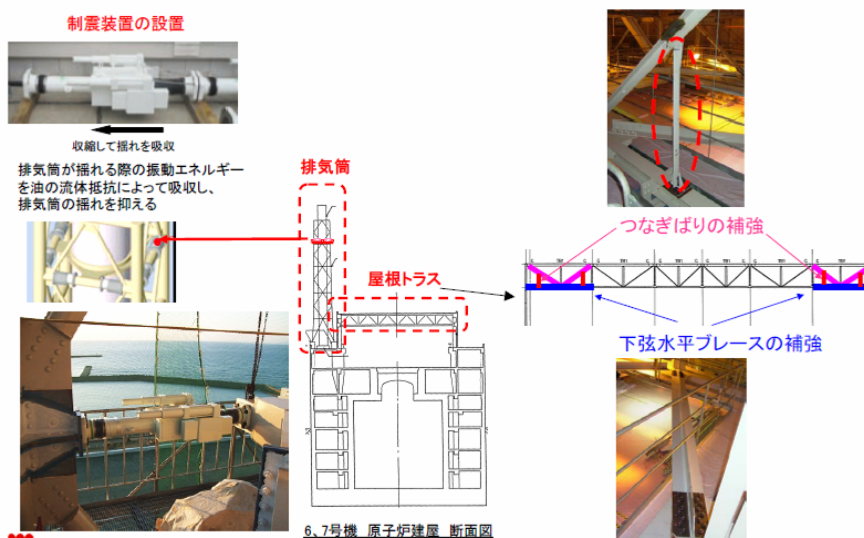


写真-4.2.2 原子炉建屋屋根トラス、排気筒の強化工事(東電提供)



写真-4.2.3 小口径配管等のサポート強化(東電提供)



写真-4.2.4 ケーブルトレイのサポート強化(東電提供)



写真-4.2.5 ドライウエル内配管のメカニカルスナバ追加(7号機)(東電提供)

東京電力が今までに行ってきた柏崎刈羽原子力発電所の耐震安全性評価について聞いたところ、次のような回答を得た。

<東電回答>

柏崎刈羽原子力発電所の耐震強化工事は、新潟県中越沖地震の発生後、できるだけ早期に耐震強化に着手するとの方針のもと、基準地震動 S_s の策定に先立ち、基準地震動 S_s の策定状況や新潟県中越沖地震による観測記録を踏まえ、原子炉建屋基礎版上で 1000ガル の揺れに耐えられるよう工事を実施した。

耐震安全性評価は、NISA から指示された「新耐震指針に照らした既設発電用原子炉施設等の耐震安全性の評価及び確認に当たっての基本的な考え方並びに評価手法及び確認基準」に基づき実施している（「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601）」、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（JSME S NC1）」等を準用）。具体的には、策定した基準地震動 S_s に基づく原子炉建屋の地震応答解析、大型機器（原子炉圧力容器等）と建屋との連成解析の結果から、設備の設置箇所に関わる応答を算出し、当該データを入力条件とした各設備の評価を実施する。設備レベルの評価は、設計と同様の評価、または入力

する加速度・荷重等の比を用いて行う合理的な評価を行っている。

設計と同様な評価例として、床置き機器であるポンプの基礎ボルトについては、原子炉建屋の地震応答解析結果から設置階の応答加速度データ（水平、鉛直）を抽出し、当該加速度によりポンプに発生する荷重、ポンプ振動による荷重、ポンプ自重等のつり合いを考慮することにより、基礎ボルトに発生する引張応力、せん断応力を算出し、評価基準値を下回ることを確認した（JEAG4601-1987 6章に具体例として記載されており）。

4. 3 運転管理面の改善

原子炉は、基本的に異常事象が生じて、発生から10分間程度は運転員の操作を期待せずに安全に停止できるように設計されている。しかしこの間、何が発生したのか冷静に監視・判断し、次の原子炉冷却・操作を慎重に間違いなく行うことは運転員の重要な役目である。特に今回は、想定をはるかに上回る地震に遭遇し、警報が頻発し複合する事象の発生や大きな揺れと余震の中で、立派に使命を果たしたことは称賛に値する。

この地震時の当直員の働きに対しては、緊迫した厳しい状況下で、冷静沈着に原子炉の冷温停止操作を行い、機器の安全確保に貢献した事を称え、日本機械学会動力エネルギーシステム部門から表彰されているところである。

第二次調査では、東京電力がその時得られた教訓を基に、更なる運転管理面の改善を行っていることを確認した。次のとおりである。

1) ハード面

- ・地震時に揺れで運転員が転倒したり、誤って制御盤のスイッチに触らないようにするとともに、安定な操作が行えるよう盤前部に手すりを追設（写真-4.3.1）
- ・キャビネットは下部を固定



写真-4.3.1 手すりを追設した中央制御盤

2) 運転マニュアル

- ・地震時の多重事象を想定した非常時運転手順書の作成

3) 運転員訓練

- ・地震時の多重事象を想定した、シミュレータ訓練方法とカリキュラムの作成
- ・非常時に運転操作と現場確認等を同時に実施できるよう非常参集を含めてた体制の整備・強化
- ・通常使用する設備、機能（自動操作機能等）が地震災害等により使用できない状況を想定した運転員の訓練カリキュラムの作成

4. 4 災害に強い発電所を目指した取り組み状況

4. 4. 1 通報・連絡及び広報体制

前回の調査報告書の内容を踏まえ情報連絡・提供の強化状況の確認を行った。中越沖地震の教訓を踏まえて、各種の強化策が実施されており、通報・連絡及び広報体制について、設備面は十分な強化が図られている。

しかし、実際の対応となると、優先の原子炉安全・人身安全の確保、現場状況の把握を行いつつ、短時間（地震発生から一時間以内を目途）でその情報を必要な箇所に通報することが必要になる。地元住民へのわかりやすい広報、海外も含めたプレスへの情報発信などのソフト面の充実などが重要であり、現在、地元コミュニティFMラジオの利用などの情報提供が検討・実施されている。

今後は、さらに地元消防や警察との連携を図るとともに、原子力安全・保安院とも協力し、地震災害などを模擬した実践的な訓練や研修等を通じて問題点を洗い出し、強化・充実していくことが重要と考える。

4. 4. 2 消火設備・体制

消防設備については、自衛消防体制の強化、消火配管の地上化、フレキシブルジョイントの採用、防火水槽の設置などが実施されている。

また、自衛消防隊と地元消防署との合同訓練、教育などより実践的な訓練が実施されていることを確認した。

4. 4. 3 緊急対策室

今回の地震で、緊急対策室の入室扉が開かなくなって通報が遅れた教訓から、緊急対策室の入室扉の強化、バールなどの常設化が実施されている。

更に、震度7クラスの地震でも緊急時の対応に支障をきたすことがないように、緊急時対策室を含めた重要施設（通信設備、電源設備、コンピュータ室など）の機能を確保する免震重要棟を建設中であり、H21年夏には完成予定とのことであった(図-4.4.1、2)。

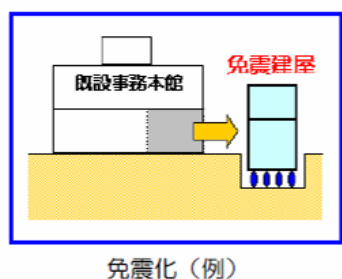


図-4.4.1 緊急対策室の免震化(東電提供)



写真-4.4.2 緊急対策本部完成予想図(東電提供)

4. 4. 4 その他

日本技術士会として、災害に強い発電所に対しての取り組みに関する意見交換の中で東電から以下のような説明があった。

①基準地震動の設定に当たり、国の委員会等で地震学の専門家から様々な意見が出されていることと思うが、それらはどの程度反映されたか。

また、地震の不確定性（自然現象であることによる）の観点から、基準地振動 S_s を超える地震を想定した確率論的安全評価手法による「残余のリスク」という概念（確率的に求めたリスクを一つの目安とする考え方）があるが、これについてはどのように評価されているか。

<東電回答>

基準地震動の策定のために設定した震源モデルについては、断層長さや傾斜角等の設定方法が国の委員会で議論された。委員の専門家の方からいただいたご意見を踏まえ、以下の点を基準地震動の策定において反映した。

- ・ F-B 断層の断層長さを 34km から 36 km に修正
- ・ 長岡平野西縁断層の傾斜角を 50° の他 35° についても評価を実施。

また、残余のリスクに関連して、策定した基準地震動に対する超過確率を評価し、1 年間で基準地震動の地震動レベルを超える地震動が発生する確率が 10^{-4} ~ 10^{-5} 程度になることを確認した。（1 万年から 10 万年に 1 回の確率）

②地震の評価で、津波の影響などは考慮されたか。

津波により、取水障害、取水槽への土砂等の流入、変電設備への冠水が考えられる。

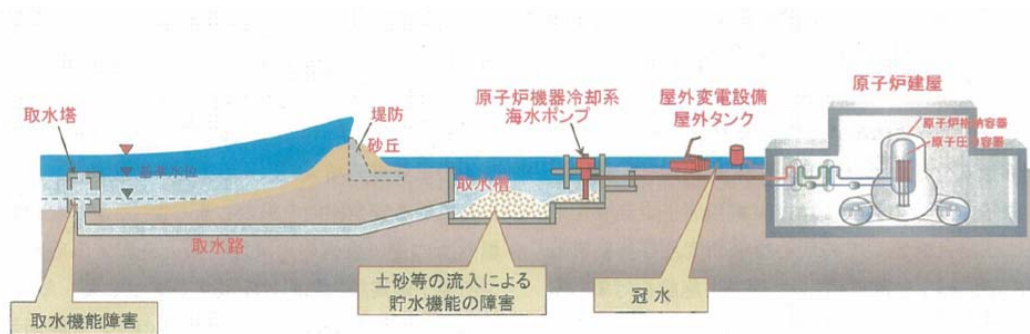


図-4.4.2 津波遡上が原子炉施設に与える影響を表す概念図

<東電回答>

津波も考慮している。その結果、取水口全面の水位変動は、上昇側は T.P.+3.3m で重要な施設設置レベル+5.0m を上回るものでなく、また、下降側は T.P.-3.5m で重要なポンプの取水可能なレベル-4.22m を下回らないことを確認した。

i) 取水口前面の水位変動：

上昇側：T.P. +3.3m～+3.0m

下降側：T.P. -3.5m～-3.3m

ii) 評価対象（比較対照）：

上昇側 重要施設設置レベル T.P. +5.0m（1-4号機）～+12.0m
（5-7号機）

iii) 下降側 原子炉補機冷却系ポンプ吸い込みレベル

T.P. -5.24m～-4.22m

③地震解析が手間取った理由として、地震計設置位置の問題、地震計データ消失などの理由もあったと思うが、どのように改善されたか。また、地震時のトリップ条件として利用している地震計への配慮などを聞きたい。尚、発電所地震計の全国的な地震データネットワークへの反映等は考えられているのか。

<東電回答>

今回の地震計データ消失の直接的な原因は、観測記録収録装置が装置更新を目前に控えた古いもので内部メモリ容量が非常に少ないものであったため、次々と起こる余震の記録が回収された際に、メモリ内の古い記録が上書きされてしまったことによる。今回の地震後、速やかに収録装置を最新のものに更新し、内部メモリの容量を大幅に増やすとともに、地震計から観測データを回収している最中にも、回収が完了したデータを内部メモリから記憶媒体(HDD)に速やかに記録できるようなシステムとしたことで、データ消失等のリスクはほぼ無くなったと考えている。

地震データの公開については、地震学等の学術発展にとって重要と考え、中越沖地震の発電所の地震観測記録は既に公開し、(財)震災予防協会より入手可能である。

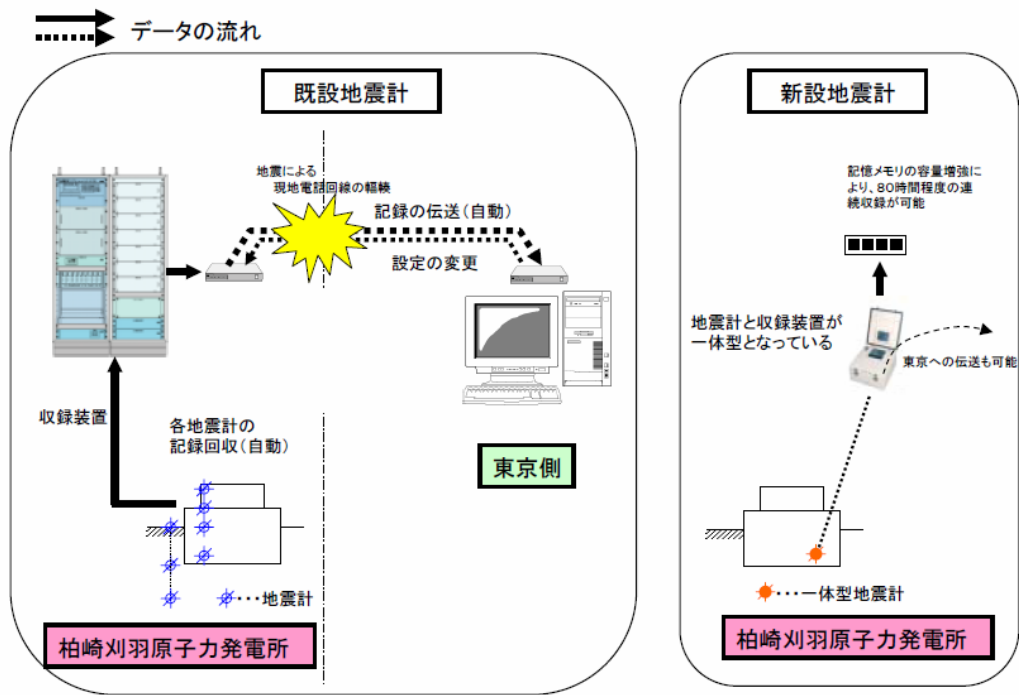


図-4.4.3 地震観測システムのイメージ(東電提供)