

美浜発電所3号機の安全性に関する総合評価(ストレステスト)一次評価結果と安全確保対策について

平成23年7月22日、原子力安全・保安院から当社に対し、「東京電力株式会社福島第一原子力発電所における事故を踏まえた既設の発電用原子炉施設の安全性に関する総合評価の実施について(指示)」が発出され、当社は、これまで各プラントにおいて、総合評価(一次評価)を行ってきておりますが、このたび、美浜発電所3号機の評価結果を取りまとめました。

1. はじめに(ストレステスト導入の経緯)

政府は、平成23年7月11日に、「我が国原子力発電所の安全性の確認について(ストレステストを参考にした安全評価の導入等)」を公表し、その中で、原子力発電所は現行法令下で適法に運転が行われていること、また、福島の事故を受けて実施した緊急安全対策についても原子力安全・保安院による確認がなされており、従来以上に慎重に安全性の確認が行われているものの、定期検査後の原子力発電所の再起動に関しては、国民・住民の方々に十分な理解が得られているとはい難い状況にあることから、新たな手続き、ルールに基づく安全評価を実施するとしました。

それを受け、原子力安全・保安院は、平成23年7月22日に電力事業者に対し、福島第一原子力発電所事故を踏まえた、安全性に関する総合評価(ストレステスト)の指示を出しました。

2. ストレステストとは

ストレステストとは、原子力発電所が想定を超える地震や津波等(=発電所にとってのストレス)に襲われた場合を想定し、その大きさを徐々に大きくしていった時に、安全上重要な施設や機器等が、どの程度まで耐えられるのかを調べた上で発電所として総合的に安全裕度を評価するものです。

評価には一次評価と二次評価があり、一次評価は、定期検査で止まっている発電所の運転再開の可否を、二次評価は、運転中の発電所も含め全ての発電所の運転継続の判断のために実施するものです。

3. 評価手順の概要 (地震の評価の場合)

Step1 【起因事象の特定】

想定を超えて地震レベルを上げ、損傷する機器に起因して燃料損傷に至る可能性のある事象を特定



Step2 【緩和機能の抽出】

起因事象が燃料損傷に進展しないように収束させるシナリオ(イベントツリー)から必要な緩和機能を抽出



Step3 【緩和機能の耐震評価】

緩和機能を構成する個別機器の耐震裕度を算出する



Step4 【クリフェッジの特定】

燃料損傷に進展しないよう収束させるシナリオが成立しなくなる地震レベル(クリフェッジ)を特定する
(緊急安全対策実施前後の比較)

4. 美浜3号機の一次評価結果の概要

- 評価の結果、安全上重要な施設・機器等は、設計上の想定を超える事象(地震・津波等)に対する安全裕度を十分に有していることが分かりました。
- また東京電力福島第一原子力発電所の事故を踏まえて、これまでに実施した緊急安全対策等によって、さらに安全裕度が向上していることを確認しました。
- 今回の評価に用いた評価条件や許容値は保守的なものとなっており、今回評価した安全裕度を超えた場合でも、直ちに燃料の健全性が損なわれるものではないと考えています。

ストレステスト一次評価の項目

- 地震:想定を超える地震にどの程度の地震レベルまで燃料損傷せずに耐えられるか評価
- 津波:想定を超える津波にどの程度の高さまで燃料損傷せずに耐えられるか評価
- 地震と津波の重量:想定を超える地震と津波の同時発生にどの程度まで燃料損傷せずに耐えられるか評価
- 全交流電源喪失:発電所が完全に停電(全交流電源喪失)した場合に、外部からの支援なしでどの程度の時間まで燃料損傷せずに耐えられるか評価
- 最終ヒートシンク喪失:燃料から除熱するための海水を取水できない場合(最終ヒートシンク喪失)に外部からの支援なしでどの程度の時間まで燃料損傷せずに耐えられるか評価
- シビアアクシデントマネジメント:これまでに事業者が整備してきたシビアアクシデントマネジメント策について多重防護の観点からその効果を明示

一次評価結果概要

	クリフェッジ評価の指標	クリフェッジ下段:対象となる設備	緊急安全対策前下段:対象となる設備	安全確保対策の効果 ^{*1}
地震 (津波との重量も同じ)	基準地震動Ss (750gal)との比較	1.76倍(1320gal相当) 原子炉コントロールセンタ	1.41倍(1057gal相当) 海水ポンプ	約25%向上
津波 (地震との重量も同じ)	設計津波高さ (2.37m)との比較	約4.6倍(11.1m) タービン動補助給水ポンプ [*]	約1.6倍(4.00m) 非常用ディーゼル発電機	約178%向上
全交流電源喪失 (SBO)	外部からの支援がない条件で、燃料の冷却手段が確保できなくなるまでの時間	炉心 約12日後 ^{*2} 水源補給用消防ポンプガリソン	約5時間後 ^{*1} 蓄電池	約57倍向上
最終ヒートシンク喪失 (LUHS)	外部からの支援がない条件で、燃料の冷却手段が確保できなくなるまでの時間	使用済燃料 約8.8日後(停止中) ^{*2} ピット水補給用消防ポンプガリソン	約9時間後 ^{*1} (停止中) (水温が100°C到達時点)	約23倍向上
	炉心 約12日後 ^{*2} 水源補給用消防ポンプガリソン	約7日後 蒸気発生器給水用水源	約1.7倍向上	
	使用済燃料 約8.8日後(停止中) ^{*2} ピット水補給用消防ポンプガリソン	約9時間後 ^{*1} (停止中) (水温が100°C到達時点)	約23倍向上	

* 1: 手順が整備されていない対策などについては、実行できる可能性があるものも期待しないこととし、極めて保守的な条件で評価した。

* 2: 外部からの支援なしとした評価結果。外部からの支援を期待するに十分な時間余裕であり、クリフェッジは回避できる。

安全確保対策により炉心の冷却手段が多重化・多様化され、プラントの安全性が向上したことが確認できた



津波

約1.76倍を超える地震に対しては、全ての冷却手段が喪失するとの評価結果となったが、原子炉コントロールセンタは複数あり、使用予定の原子炉コントロールセンタが損傷により使用できなくとも他の健全な原子炉コントロールセンタがあれば、これを使用することも考えられる。

また、今回の耐震裕度の算出に用いた評価手法及び許容値は、許認可における評価や耐震パックチェック評価などで実績のあるものを基本としており、一般的に相当の保守性を持つものであることから、研究等により、設備の耐震裕度をより正確に把握する。

約4.6倍(11.1m)を超える津波高さに対しては、全ての冷却手段が喪失するとの評価結果となったが、今後、建屋への浸水防止効果を維持していくため保守点検を確実に実施すると共に、順次密閉への取替えを行い、さらに信頼性を高めていくこととしている。また、津波の衝撃力の緩和及び浸水対策を図るために、防潮堤の設置を行うと共に、海水ポンプエリアに防護壁の設置を行うこと等により、多重防護の観点での対策を充実することとしている。

地震

約1.76倍を超える地震に対しては、全ての冷却手段が喪失するとの評価結果となったが、原子炉コントロールセンタは複数あり、使用予定の原子炉コントロールセンタが損傷により使用できなくとも他の健全な原子炉コントロールセンタがあれば、これを使用することも考えられる。

また、今回の耐震裕度の算出に用いた評価手法及び許容値は、許認可における評価や耐震パックチェック評価などで実績のあるものを基本としており、一般的に相当の保守性を持つものであることから、研究等により、設備の耐震裕度をより正確に把握する。

地震と津波の重量

地震や津波に対するクリフェッジへの対応を強化する等の改善策を確実に推進していく。

全交流電源および最終ヒートシンク喪失

恒設非常用発電機を設置して外部電源喪失時のバックアップ電源の多様化を図ることにしている。
海水ポンプ電動機予備品を確保し、海水ポンプの早期復旧を図ると共に、1次系冷却水クーラーに海水を供給して余熱除去クーラーを介して燃料の崩壊熱を除去できるようディーゼル駆動の大容量ポンプを配備して、最終ヒートシンクの多様化を図ることにしている。

その他のシビアアクシデントマネジメント

シビアアクシデント対応措置報告書で報告した諸対策のうち、今後実施が計画されている、通信設備の免震事務棟への移設によって通信手段の信頼性向上が図られ、静的触媒式水素再結合装置の配備によって水素爆発防止対策の充実が図されることになる。

美浜発電所3号機の安全性に関する総合評価(ストレステスト)一次評価結果と安全確保対策について

関西電力株式会社
添付資料1-2

福島第一原子力発電所事故から得られた知見

【地震による影響】

- 地震発生により原子炉は正常に自動停止
- 地すべりによる送電鉄塔の倒壊等により外部電源が喪失
- 非常用ディーゼル発電機は全て正常に自動起動
- 原子炉の冷却に必要な機器は正常に動作

【津波による影響】

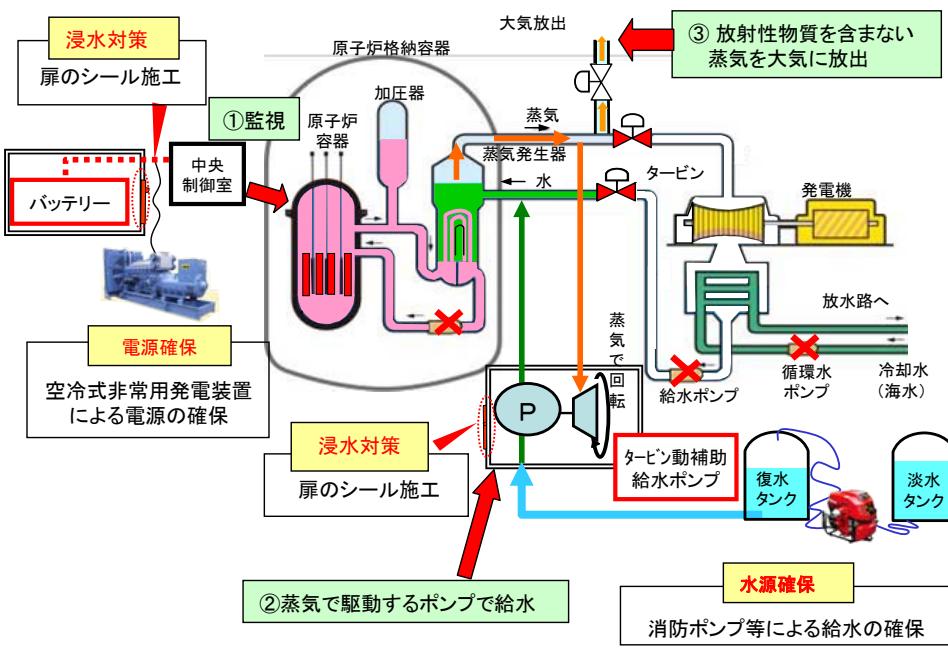
- 非常用ディーゼル発電機、配電盤、バッテリー等の重要な設備が被水
- 海水ポンプが損壊し、最終ヒートシンクが喪失(原子炉冷却機能喪失)
- 全交流電源喪失(外部電源と非常用ディーゼル発電機が喪失)

全交流電源喪失、最終ヒートシンク喪失が長期にわたり継続し、燃料の重大な損傷、格納容器の破損など深刻な事態に陥った

【安全確保対策】

(加圧水型原子炉(PWR)の例)

- | | |
|------------------|-------------------------|
| > 全交流電源喪失の対策 | ⇒ プラント監視するために必要な電源設備を確保 |
| > 最終ヒートシンクの喪失の対応 | ⇒ 蒸気発生器への給水設備を確保 |
| > 重要機器の被水防止 | ⇒ 建屋の浸水対策を実施 |



電源確保への対応状況

ハード対策

合計: 1700kVA

合計: 3900kVA

合計: 9125kVA

監視機器等への供給

・中央制御室

電源車の配備: 3台 (予備3台)

電源車の追加配備: 2台

空冷式非常用発電装置の設置: 5台

恒温式非常用発電装置の設置: 3台 (中長期で対応予定)

炉心冷却手段の拡大

・ほう酸ポンプ

・余熱除去系等

※電源確保により電動補助給水ポンプの運転も可能

電源供給手段の多様化

・非常用炉心冷却設備

・海水ポンプ等

ソフト対策

配備した電源車や空冷式非常用発電装置をすみやかに必要な箇所に接続するための対策

- 体制の確立
- マニュアルの整備
- 訓練の実施

休日・夜間 常に6名確保	
平日訓練	31回
夜間訓練	3回

これまでの実施回数

- ・電源車の配置
- ・電源ケーブル接続
- ・電源車への給油



訓練の反映

- ・雨天に備え電源車の変圧器上部に雨よけの屋根を設置
- ・接続誤り防止のためケーブル接続端子に合マークを表示

- 設備強化対策による接続時間の短縮

電源車: 126分 ⇒ 空冷式非常用発電装置: 83分

(全号機への給電が完了するまでの訓練実績)

水源確保への対応状況

ハード対策

冷却水の供給能力

炉心の更なる冷却

・炉心冷却 (高温)

・燃料ビット

消防ポンプの配備: 20台

消防ポンプの総配備数: 32台 (予備含む)

電源供給源の多様化

・ディーゼル発電機の冷却

原子炉補機冷却系統への給水

海水ポンプの代替

可搬式エンジン駆動海水ポンプの配備: 10台

総配備台数: 14台 (予備含む)

大容量ポンプの配備: 1台

12月配備予定

ソフト対策

配備した消防ポンプ等をすみやかに必要な箇所に敷設するための対策

- 体制の確立
- マニュアルの整備
- 訓練の実施

(訓練項目)

- ・ポンプの配置
- ・ホースの敷設
- ・ポンプの運転
- ・ポンプへの給油

これまでの実施回数

SG給水訓練: 22回

SFP給水訓練: 16回

CSD(※)訓練: 3回

※: 水底停止



- 訓練の反映
- ・タンク出口とホースの接続部をフランジ型からワンタッチ式に改造
- ・ポンプ設置箇所へのマーキング

- 資機材の準備
- ・消防ポンプ 必要台数20台／総数32台
- ・ホース 必要本数194本／総数278本

浸水対策への対応状況

