

進捗状況管理表 No.8

件名	インド津波と外部溢水（2004年12月26日のマドラス2号機停止）			
事象と問題点の概要	<p>2004年12月26日朝スマトラ沖地震による津波はインドの東海岸を襲い、認可出力（215MWe）で運転中のマドラス2号機では海水が取水トンネルを通過してポンプハウスに入り、ポンプハウス内の水位は復水器冷却水（CCW）ポンプの途中までの水位に上昇、復水器冷却水ポンプがトリップした。これを見た制御室運転員がタービンをトリップし、結果的には原子炉熱交換機系の圧力高により原子炉がトリップ。原子炉熱交換機系は蒸気放出弁開で冷却。このポンプハウス水位上昇は、復水器冷却水全ポンプ及び1台を除くプロセス海水（PSW）ポンプを運転不能とした。運転可能であった1台のPSWポンプでプロセス水熱交換器の冷却水を供給した。非常用プロセス海水（EPSW）ポンプは海水に没水して運転不能となった。外部電源は利用可能であった。原子炉は安全停止とされた。原子炉建屋、タービン建屋及びサービス建屋への海水の侵入はなかった。その他の全ての設備には、影響がなかった。</p> <p>2. インドの津波基準（海岸沿いプラントの外部洪水事象対処）$H(DBFL) = H1 + H2 + H3$（H1：満潮位、H2：予想最高台風・津波高潮、H3：気圧低による吸い上げ）</p> <p>3. インドの津波設計基準：AERB/SG/S-11による推奨値（西海岸：3m、東海岸：2.5m）。これまで、インドでは台風高潮が支配的で津波はあまり気にしていなかった。</p> <p>（プロトタイプ高速炉での評価例：台風による高潮：4.7m >> 津波：2.5m）。インド洋津波に鑑み津波のガイドライン見直しが決まっている。</p>			
我が国の現状	<p>「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」（平成2年8月）、「指針2. 自然現象に対する設計上の考慮」あり。</p> <p>但し、津波・高潮、洪水については、発電所がそれらの影響を受けないことを示すこととしており、設計基準洪水（DSF）の考え方はなし。</p> <p>（設計上の対処：・設計水位において原子炉の安全性が損なわれないこと→発電所敷地の水没防止、海水系の機能喪失防止、・敷地周辺の地震津波の調査による設計津波波高の推定；被害津波、検潮記録、津波のシミュレーション解析、・具体的対策；①敷地整地面の決定（地形・地盤条件、プラント配置、土木工事条件等も考慮）、②防波堤の設置及び必要に応じて建屋出入口に防護壁の設置、③原子炉冷却系に必要な海水確保（海水ポンプの津波時機能確保）</p>			
我が国の対応方針	1. 規制措置；	要・ <input checked="" type="radio"/>	2. 規制制度の変更	要・ <input checked="" type="radio"/>
	3. 指針・基準への反映	要・ <input checked="" type="radio"/>	4. 安全研究等の実施	要・ <input checked="" type="radio"/>
	5. 事業者側への調査依頼	要・否	6. 事業者側への注意喚起通知	要・否
担当（NISA/JNES）	NISA：審査課 野中班長		JNES：安全情報部 別所調査役 規格基準部 内山主事	
対応方針に基づく対応状況	JNES 検討中 （規格基準部、解析評価部、安全情報部の勉強会 H17年12月発足）			

進捗状況管理表 No.10

<p>件名</p>	<p>キウオーニ発電所(PWR,591MWe)内部溢水(インターナル・フラッディング)問題</p>													
<p>事象と 問題点の概要</p>	<p>1. 事象 (EN#41496) : Kewaunee のフラッディング事象に対する設計は配管系破断の影響を緩和しないことが判明。非耐震性配管である循環水系配管の破断を仮定すると、タービン建屋の浸水後、工学的安全施設 (ESF) 系及び安全停止系機器 (特に電気機器) が故障することが判明。これは浸水し水位の上昇したタービン建屋から、非水密扉や逆止弁の付いていない床ドレン配管を通して逆流したり、ESF 機器の設置された室内に水が流入したりして、AFWP (補助給水ポンプ)、EDG (非常用ディーゼル発電機)、480/4160V AC 開閉器が浸水する可能性があるため。</p> <p>2. 最近の追加対策: 仮設ポンプ・土嚢設置、人員増員。プラント機器設計変更検討中。</p> <p>3. NRC の内部溢水対策: 1979 年 1 月に USI A-17 ” Systems Interactions in Nuclear Power Plants” を指定。1983 年 6 月に GSI-77 ” Flooding of Safety Equipment Compartment by Back-Flow Through Floor Drain” を指定。1988 年に GSI-77 を USI-17 に併合。1989 年 9 月に GL 89-18 の発行をもって USI-17 は解決。</p> <p>4. NRC の耐内部溢水設計要件: ・ 10CFR50 Appendix A, GDC-2 “Design Basis for Protection against Natural Phenomena”, ・ RG 1. 59 “Design Basis Floods for Nuclear Power Plants”, RG 1. 102 “Flood Protection for Nuclear Power Plants”, ・ 標準審査指針 (SRP, NUREG-0800) 3. 4. 1 “Flood Protection”</p> <p>5. SRP 3. 4. 1 審査範囲: ・ 外的及び内的原因浸水に対し保護すべき安全系統・構造物・機器を特定すること。・ 安全系機器格納構造物が、浸水の条件に耐え得るものであるか評価すること。等。</p>													
<p>我が国の現状</p>	<p>「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」(平成 2 年 8 月)、「指針 2. 自然現象に対する設計上の考慮」あり。</p> <p>但し、津波・高潮、洪水については、発電所がそれらの影響を受けないことを示すこととしており、設計基準洪水 (DSF) の考え方はなし。</p> <p>洪水については外部からこないようにしている。内部溢水は考慮していないが、安全上重要なものはおかないようにしている。</p>													
<p>我が国の 対応方針</p>	<table border="0"> <tr> <td>1. 規制措置;</td> <td>要・<input type="radio"/>否</td> <td>2. 規制制度の変更</td> <td>要・<input type="radio"/>否</td> </tr> <tr> <td>3. 指針・基準への反映</td> <td>要・<input type="radio"/>否</td> <td>4. 安全研究等の実施</td> <td>要・<input type="radio"/>否</td> </tr> <tr> <td>5. 事業者側への調査依頼</td> <td>要・否</td> <td>6. 事業者側への注意喚起通知</td> <td>要・否</td> </tr> </table> <p>(参考) 内部溢水に対する施設側の対策(水密構造等)の実態を整理しておく必要がある。</p>		1. 規制措置;	要・ <input type="radio"/> 否	2. 規制制度の変更	要・ <input type="radio"/> 否	3. 指針・基準への反映	要・ <input type="radio"/> 否	4. 安全研究等の実施	要・ <input type="radio"/> 否	5. 事業者側への調査依頼	要・否	6. 事業者側への注意喚起通知	要・否
1. 規制措置;	要・ <input type="radio"/> 否	2. 規制制度の変更	要・ <input type="radio"/> 否											
3. 指針・基準への反映	要・ <input type="radio"/> 否	4. 安全研究等の実施	要・ <input type="radio"/> 否											
5. 事業者側への調査依頼	要・否	6. 事業者側への注意喚起通知	要・否											
<p>担当 (NISA/JNES)</p>	<p>NISA: 審査課 小野班長</p>	<p>JNES: 安全情報部 別所調査役 規格基準部 内山主事</p>												
<p>対応方針に基づく対応状況</p>	<p>JNES 検討中 (規格基準部、解析評価部、安全情報部の勉強会 H17 年 12 月発足)</p>													

内部溢水、外部溢水の対応状況、－勉強会の立上げについて－

2006年1月18日

1. 内部溢水、外部溢水に関する処理状況

	検討対象等	担当		処理状況	緊急度
		JNES	NISA		
内部溢水	ルブレイエ キオーニ事象 国内調査	別所	審査課 小野	勉強会立上げ NISAから電力 へ調査指示予 定	ニーズ高
	内部溢水PSA	解析部	審査課	内部事象 PSA で実施中 勉強会立上げ	－
外部溢水 (津波等)	インドネシア津波 IAEA対応	別所 内山	審査課 野中	対応中	－
	土木学会津波評価 バックチェック AM昨	別所 内山	野中	済	－
	津波PSA	解析部 本橋、森	野中	手法整備中 勉強会立上げ	中長期
	津波溢水AM 浸かったと仮定 しプラント停止、浸 水防止、冷却維持の 調査	情報部 解析部 基準部	審査課 小野他	勉強会立上げ	ニーズ高

2. 内部溢水、外部溢水勉強会について

(1) 背景

- (a) 2005.9以降、JNESで、部間で溢水に関する検討を数回実施。
- (b) 2005.12にJNESで安全情報部、規格基準部、解析評価部が集まり第1回目の総合的な勉強会を実施。

(2) 実施内容

- (a) 共通事項：海外の溢水に関する指針等の調査

(b) 内部事象

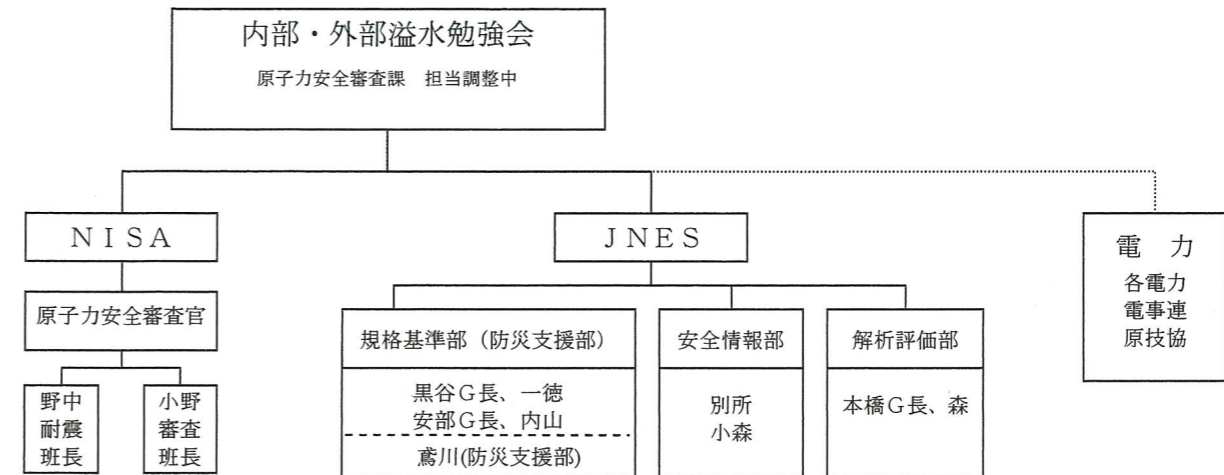
- ① 海外の原子力発電所の内部溢水事象の調査（キオーニ事象等）
- ② 国内プラントの調査・検討
 - B, P代表プラントについて評価し、評価手法を確立する。その後、順次、全プラントに展開する方針で、詳細について調整中。
 - ・安全機能を有する機器
 - ・溢水シナリオの検討
- ③ PSAの確立

(c) 外部事象

想定を超える津波（土木学会評価超）に対する安全裕度等について、代表プラントを選定し、以下のスタディを実施する。

- ① 津波ハザードの評価（太平洋地点、日本海各々3地点程度）
- ② 機器・設備フラジリティ評価
- ③ 津波PSAの高度化（津波リスクの明確化/5年計画）
- ④ AM策の必要性などの検討

(3) 実施体制（案）



3. 津波溢水AM対策スケジュール

	17FY	18FY	19FY	20FY	21FY	22FY
保安院		想定外津波による影響調査結果(代表プラント)				確率論的安全評価による津波対策の検討結果
基盤機構	情報	機器・設備フラジリティ(代表プラント)	事故シナシス評価(1プラント)	調査結果を踏まえての検討		
		津波ハザード(代表数プラント)	PSA手順書作成			
電気事業者	交換	システム解析(代表プラント)				
		機器・設備フラジリティ(代表プラント)				
		津波ハザード暫定評価(代表プラント)		津波ハザードの高度化研究		確率論的安全評価による津波対策の検討

4. 津波溢水の平成18年6月までの目標

- (1) 代表プラント津波ハザード暫定評価
- (2) 代表プラント機器への影響評価
- (3) 中長期検討計画見直し

1. 海外の原子力発電所の内部溢水事象の調査

米国Kewaunee (PWR)の溢水事象に対する設計では、配管系破断後の影響を緩和しないことが判明した。非耐震性配管である循環水系配管の破断を仮定すると、タービン建屋の浸水により工学的安全施設 (ESF)系及び安全停止系機器 (特に電気機器)が故障する。浸水し水位の上昇したタービン建屋から、非水密扉や逆止弁の付いていない床ドレン配管を通過しての逆流により、ESF機器の設置された室内に水が流入し、AFWP、EDG、480/4160V AC開閉器が浸水する可能性がある。同様な内部溢水に関連した、米国の指摘事例を図1及び図2に示す。

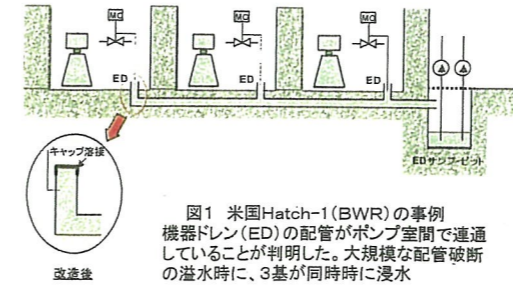


図1 米国Hatch-1(BWR)の事例
機器ドレン(ED)の配管がポンプ室間で連通していることが判明した。大規模な配管破断の溢水時に、3基が同時に浸水

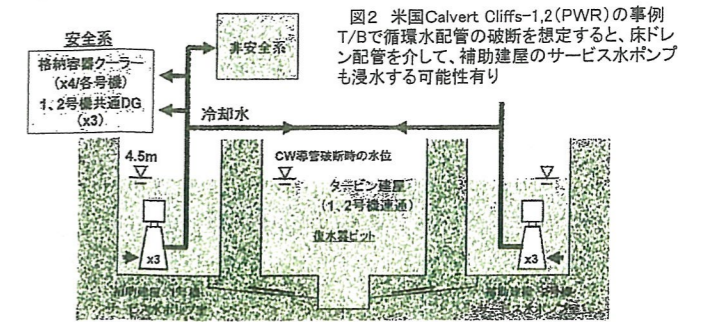


図2 米国Calvert Cliffs-1,2(PWR)の事例
T/Bで循環水配管の破断を想定すると、床ドレン配管を介して、補助建屋のサービス水ポンプも浸水する可能性有り

2. 国内BWRプラントの調査・検討

表1 国内BWR5プラントの安全系機器と配置の概要

配置	炉停止		炉心冷却							崩壊熱除去		補機冷却系							電源系								
	RPS	SLC	RCIC	HPCS	ADS/SRV	LPCS	LPCI(A)	LPCI(B)	LPCI(C)	RHR(A)	RHR(B)	RHRC(A)	EECW(A)	RHRS(A)	RHRC(B)	EECW(B)	RHRS(B)	HPCW	HPSW	非常用DG(A)	非常用DG(B)	非常用(HPCS)	非常用電気品(A) M/C等	非常用電気品(B) M/C等	非常用電気品(HPCS) M/C等	非常用電気品(A) P/C等	非常用電気品(B) P/C等
R/B (インナー)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
Hx/B																											
R/B (アウター)																											
C/B																											

◎:機能喪失を仮定 ○:従属故障

【確認事項】

- 安全機能を有する機器 (安全系機器) 表1に国内BWRプラントの安全系機器の機能と、その従属関係、また、安全系機器の主要設備の配置の概要を示す。
- 溢水源の抽出
- 溢水が伝播する経路
- 床ドレンの収集区分、穴仕舞
- 安全系機器室の流入水の水位
- 漏えい検知手段
- 隔離手段の検討

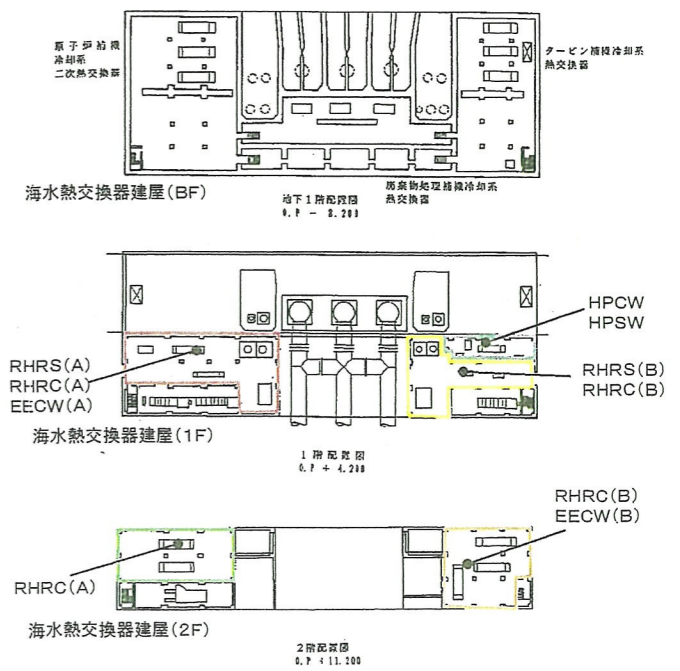
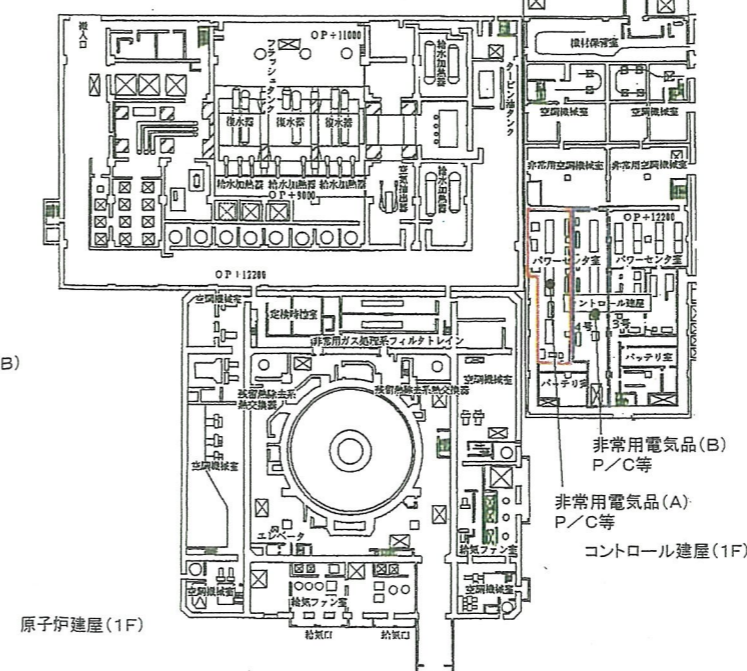
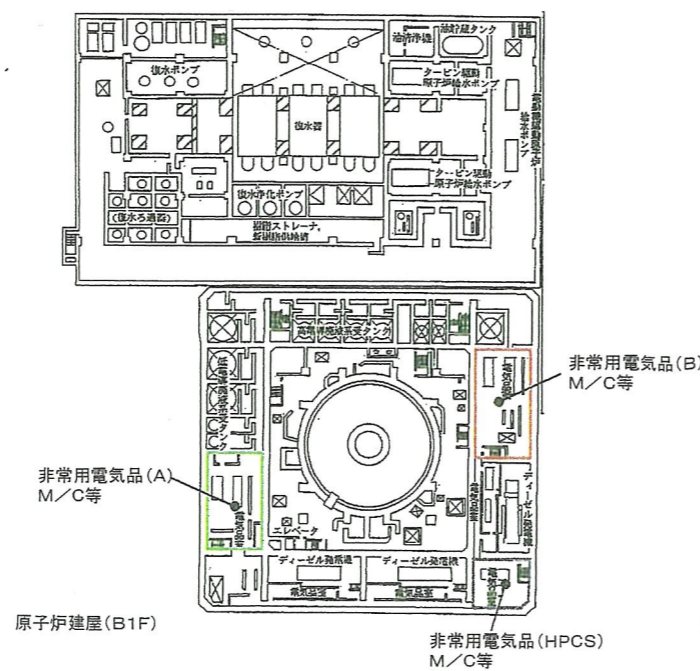
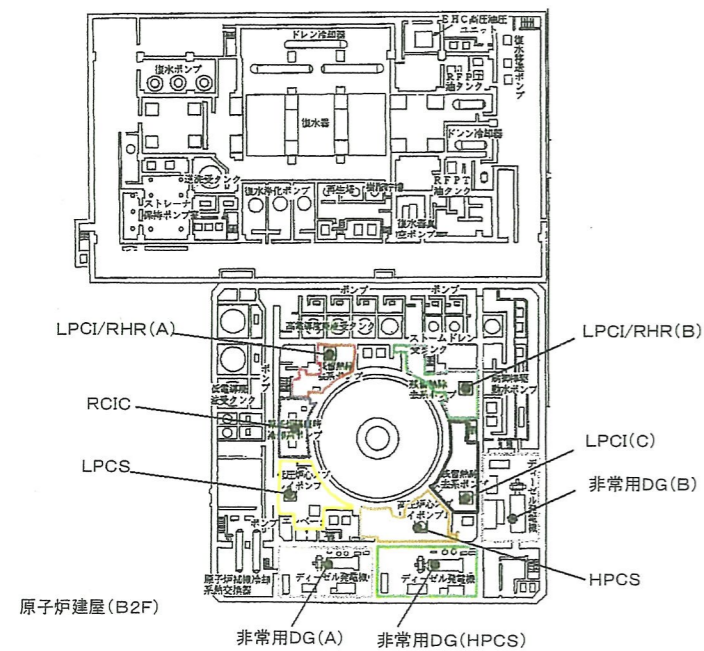
【溢水シナリオの検討】

- R/Bの最地下階にあるEGCSポンプ室等の分離性を確認
- T/Bの復水器エリアで循環水配管からの溢水 (安全系機器に影響を与えるシナリオが存在しないか検討する。)
- 諸外国の溢水事例に関する検討

タービン建屋 (B2F)

タービン建屋 (B1F)

タービン建屋 (1F)



原子炉建屋 (B2F)

原子炉建屋 (B1F)

原子炉建屋 (1F)

海水熱交換器建屋 (2F)