

進捗状況管理表 No.8

<p>件名</p>	<p>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）</p>	
<p>事象と問題点の概要</p>	<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>	
<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>（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>	
<p>我が国の対応方針</p>	<p>1. 規制措置； 要・<input checked="" type="radio"/>否</p> <p>3. 指針・基準への反映 要・<input checked="" type="radio"/>否</p> <p>5. 事業者側への調査依頼 要・否</p>	<p>2. 規制制度の変更 要・<input checked="" type="radio"/>否</p> <p>4. 安全研究等の実施 要・<input checked="" type="radio"/>否</p> <p>6. 事業者側への注意喚起通知 要・否</p>
<p>担当（NISA/JNES）</p>	<p>NISA：審査課 野中班長</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>・NISA,JNES(規格基準部、解析評価部、安全情報部)(電力オブザーバー参加)の勉強会発足</p>	

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 checked="" type="radio"/>否</td> <td>2. 規制制度の変更</td> <td>要・<input checked="" type="radio"/>否</td> </tr> <tr> <td>3. 指針・基準への反映</td> <td>要・<input checked="" type="radio"/>否</td> <td>4. 安全研究等の実施</td> <td>要・<input checked="" type="radio"/>否</td> </tr> <tr> <td>5. 事業者側への調査依頼</td> <td><input checked="" type="radio"/>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)の実態を整理する。</p>		1. 規制措置;	要・ <input checked="" type="radio"/> 否	2. 規制制度の変更	要・ <input checked="" type="radio"/> 否	3. 指針・基準への反映	要・ <input checked="" type="radio"/> 否	4. 安全研究等の実施	要・ <input checked="" type="radio"/> 否	5. 事業者側への調査依頼	<input checked="" type="radio"/> 要・否	6. 事業者側への注意喚起通知	要・否
1. 規制措置;	要・ <input checked="" type="radio"/> 否	2. 規制制度の変更	要・ <input checked="" type="radio"/> 否											
3. 指針・基準への反映	要・ <input checked="" type="radio"/> 否	4. 安全研究等の実施	要・ <input checked="" type="radio"/> 否											
5. 事業者側への調査依頼	<input checked="" type="radio"/> 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>・NISA,JNES(規格基準部、解析評価部、安全情報部)(電力オプザバー参加)の勉強会発足、全プラントでの調査に先立ち BWR,PWR の各代表プラントでの調査検討中。</p>													

内部溢水、外部溢水の対応状況、－勉強会について－

改訂 2006年2月28日

1. 内部溢水、外部溢水に関する処理状況

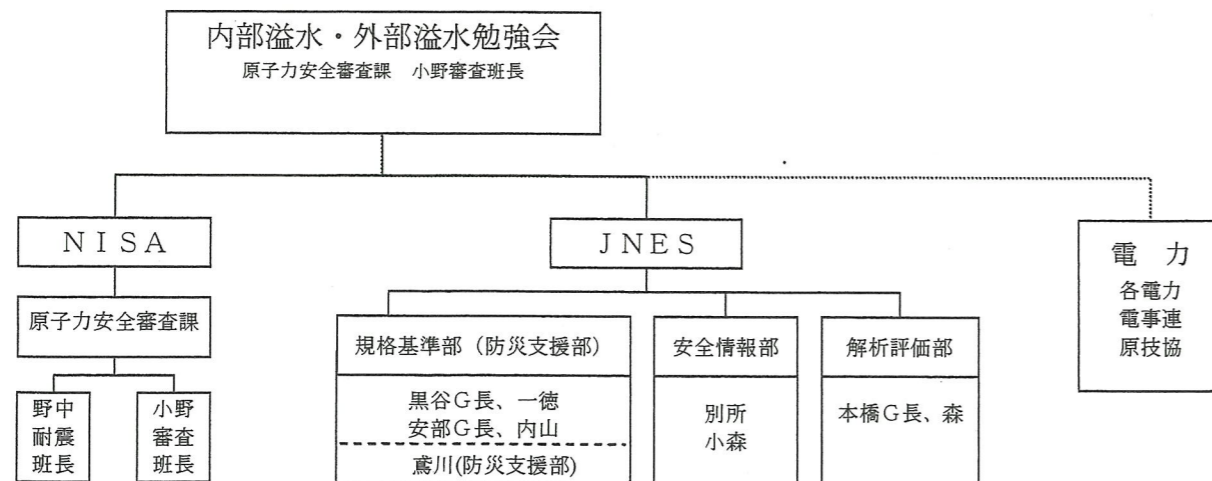
	検討対象等	担当		処理状況	緊急度
		JNES	NISA		
内部溢水	キウオーニ事象 ノジャン事象 国内調査	別所 内山	審査課 小野	勉強会立上げ NISAから電力 へ調査指示予定	ニーズ高
	内部溢水PSA	解析部	審査課	内部事象PSA で実施中 勉強会立上げ	—
外部溢水 (津波等)	インドネシア津波 IAEA対応	別所 内山	審査課 野中	対応中	—
	土木学会津波評価 バックチェック AM対策	別所 内山	野中	済	—
	津波PSA	解析部 本橋、森	野中	手法整備中 勉強会立上げ	中長期
	津波溢水AM (浸かったと仮 定しプラント停止、 浸水防止、冷却維持 の調査)	情報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

2.1 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。
- (c)2006.1からNISAとJNESで勉強会を実施。

2.2 実施体制



2.3 実施内容

2.3.1 共通事項：海外の溢水に関する指針等の調査

2.3.2 内部溢水

- ①海外の原子力発電所の内部溢水事象の調査(キウオーニ事象等)
- ②国内プラントの調査・検討
代表プラント(BWR:東京電力福島第一原子力発電所4号機, PWR:関西電力大飯発電所3号機)について評価し、評価手法を確立する。
・安全系機器の摘出、溢水源の摘出
・溢水伝播経路の確認、溢水源からの流出量の評価等
その後、順次、全プラントに展開する方針。
- ③PSAの確立

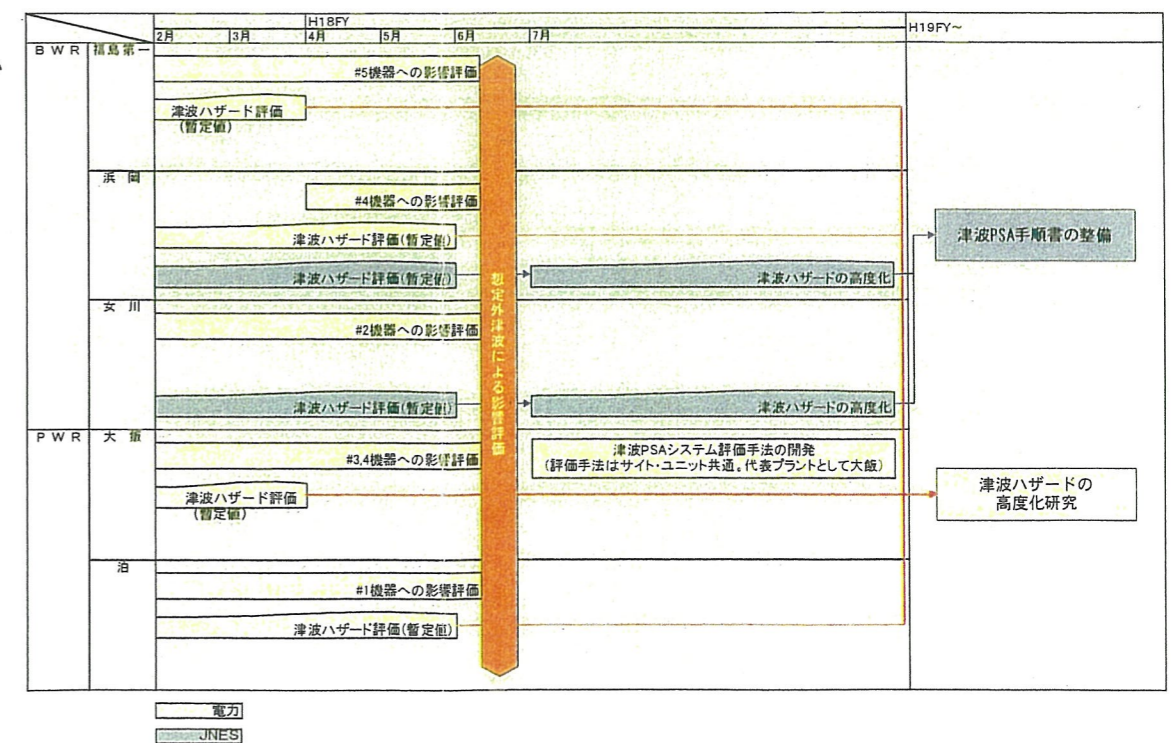
	H18(2006)/3月	H18(2006)/4月	H18(2006)/5月	H18(2006)/6月	H18(2006)/7月
勉強会		▽ 第4回	▽ 第5回		▽ 第6回
代表プラント評価	ステップ1 ・安全系機器の摘出 ・溢水源の摘出	ステップ2 ・溢水伝播経路の確認 ・溢水源からの流出量の評価		ステップ3 ・安全系機器の流入水位の評価 ・漏えいの検知及び隔離手段の検討 ・評価結果のまとめ	

代表プラント評価のロードマップ

2.3.3 外部溢水

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(太平洋地点:福島第一、浜岡、女川; 日本海:大飯、泊)し、以下のスタディ等を実施する。

- ①津波ハザード評価
- ②津波PSAシステム
評価手法の開発
- ③津波ハザードの
高度化研究
等



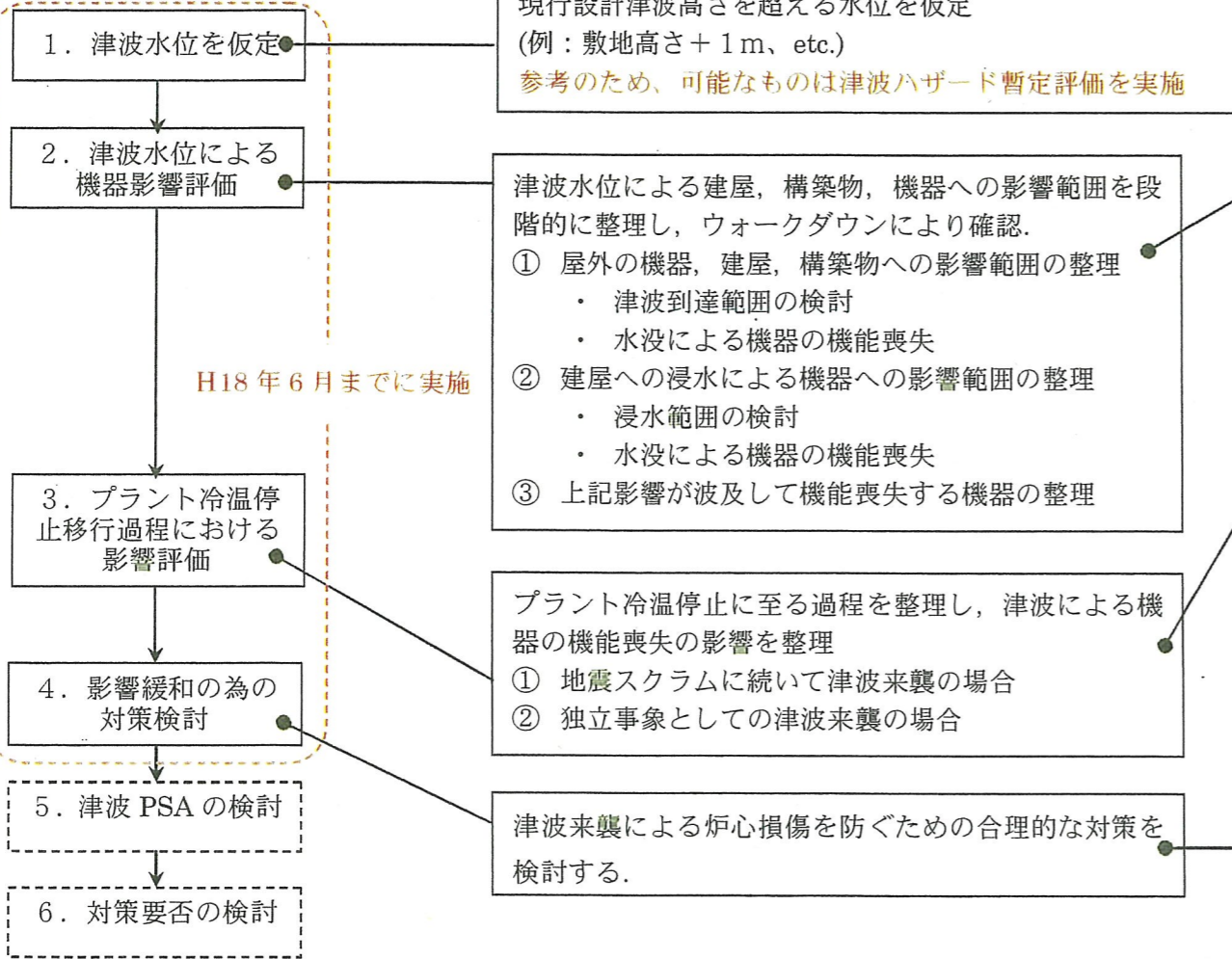
想定外津波に対する機器影響評価の計画について(案)

1. 概要

津波に対するプラントの安全性は、設計条件にて十分確保されているという考えの下、念のためという位置づけで、想定外津波に対するプラントの耐力について検討を行う。最終的には、リスクとコストのバランスを踏まえた合理的な対策を立案することを目的とするが、今回想定外津波に対するプラントの耐力・対策コストについて概略的なイメージを持つため、代表プラントにて確定論的な検討を行うこととする。

2. 検討事項

以下に検討フローを示す。

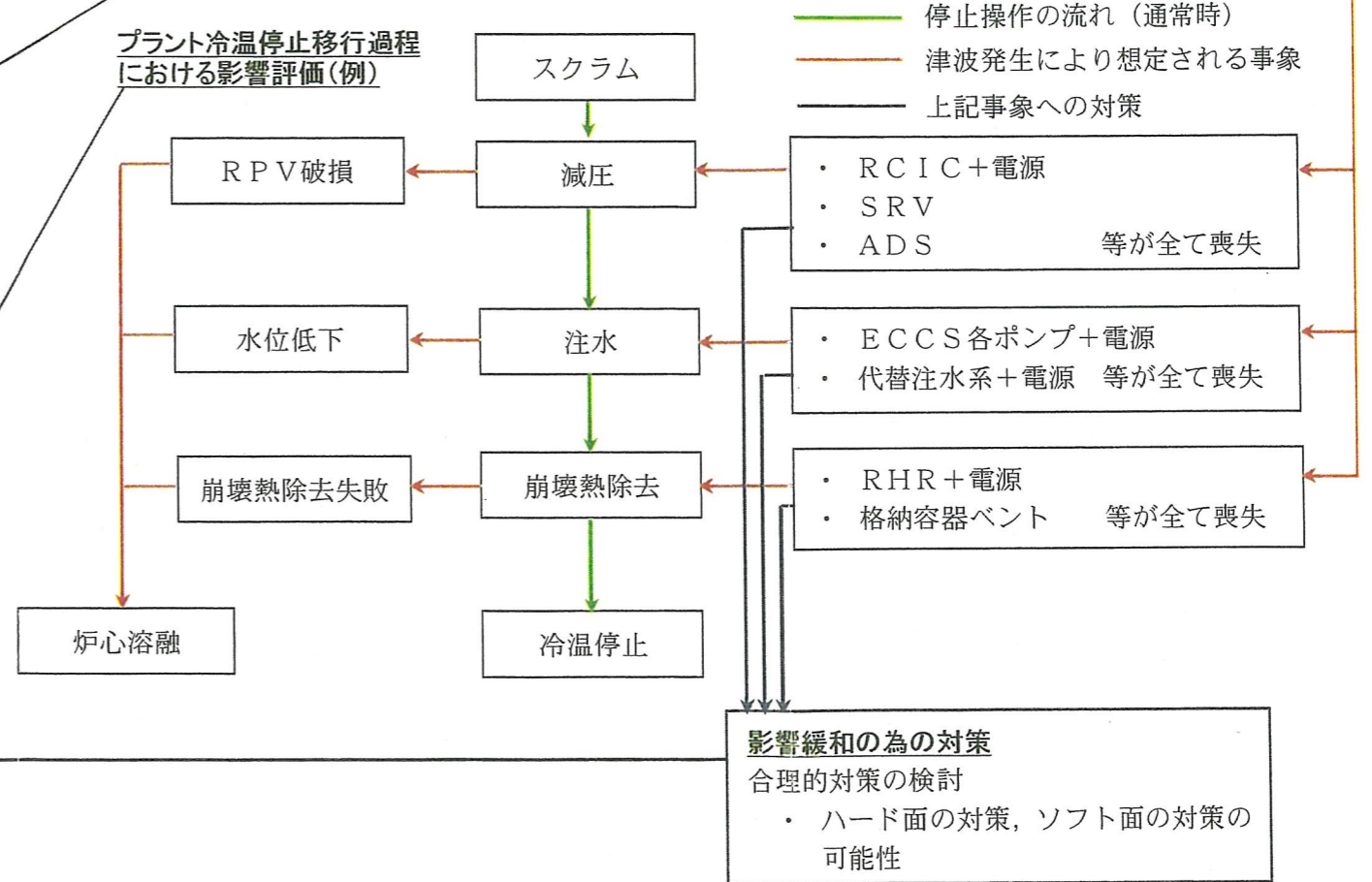


(例)津波水位により機能喪失する機器の整理

津波水位 (m)	RHRS	SW	CW	DGSW
OP.5	○	○	○	○
OP.10	×	×	×	×

機能喪失機器の抽出

プラント冷温停止移行過程における影響評価(例)



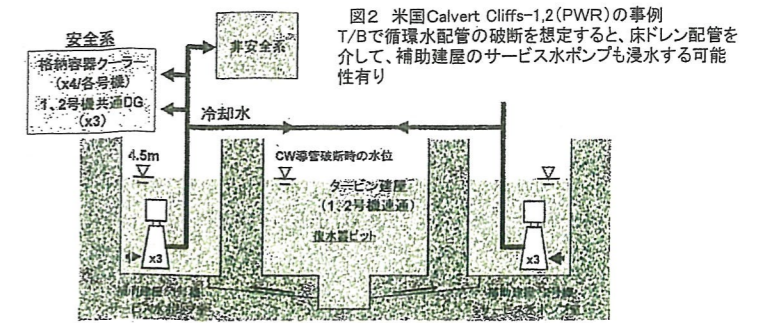
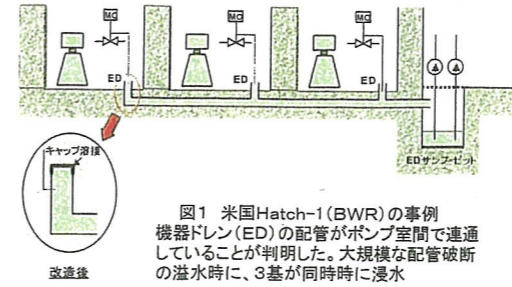
影響緩和の為の対策
合理的対策の検討
・ ハード面の対策, ソフト面の対策の可能性

3. 代表プラントの選定

代表プラント	選定理由	
	サイト	プラント
泊1号機	日本海東縁部に想定される津波の影響を考慮	海水ポンプの取水レベルより、引き波に対する耐力が最も厳しいと想定し選定
女川2号機	日本海溝に想定される津波の影響を考慮	1・2・3号機のうち、一番海岸線に近いことを考慮し選定
福島第一5号機		海水に依存しない非常用D/Gを採用する2・4・6号機を除いた上でBWR4の代表として選定
浜岡4号機	南海トラフに想定される津波の影響を考慮	海水ポンプの取水レベルより耐力が高いと想定される5号機、耐震裕度向上工事として海水ポンプの仕様を検討中である1・2号機を除いた上でBWR5の代表として選定
大飯3・4号機	若狭湾に面しているサイトの代表	大飯3・4号機は、関西電力では最近のプラントであり、内部・外部事象PSA手法を研究する際の代表プラントで、設計情報等のデータ整備が充実していることから選定

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。



2. 国内BWRプラントの調査・検討

【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。
- 溢水源の摘出
- 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

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	LPC(A)	LPC(B)	LPC(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

タービン建屋 (B2F)

タービン建屋 (B1F)

タービン建屋 (1F)

