

< 参考資料 >

泊発電所 2号機

地震と津波の重畳を考慮した場合における緊急安全対策の継続時間の評価について

1. 評価実施事項

福島第一原子力発電所で発生した事故を踏まえ、ここでは地震と津波の重畳を起因とした「全交流電源喪失」および「最終的な熱の逃がし場（最終ヒートシンク）の喪失」に至る事故シナリオについて、緊急安全対策による炉心およびSFPの燃料の重大な損傷を防止するための給水機能または給電機能の継続時間について評価する。

2. 評価方法

(1) 起因事象および収束シナリオの特定

「5. 3項 地震と津波の重畳」において実施した評価結果を考慮し、Ss地震およびT.P. 15.0mの津波高さまでの浸水が同時に発生する場合の起因事象および収束シナリオを特定する。

(2) クリフエッジの特定

(1)の結果を踏まえ、緊急安全対策による燃料の重大な損傷を防止するための給水機能または給電機能の継続時間を明らかにし、クリフエッジの所在を特定する。

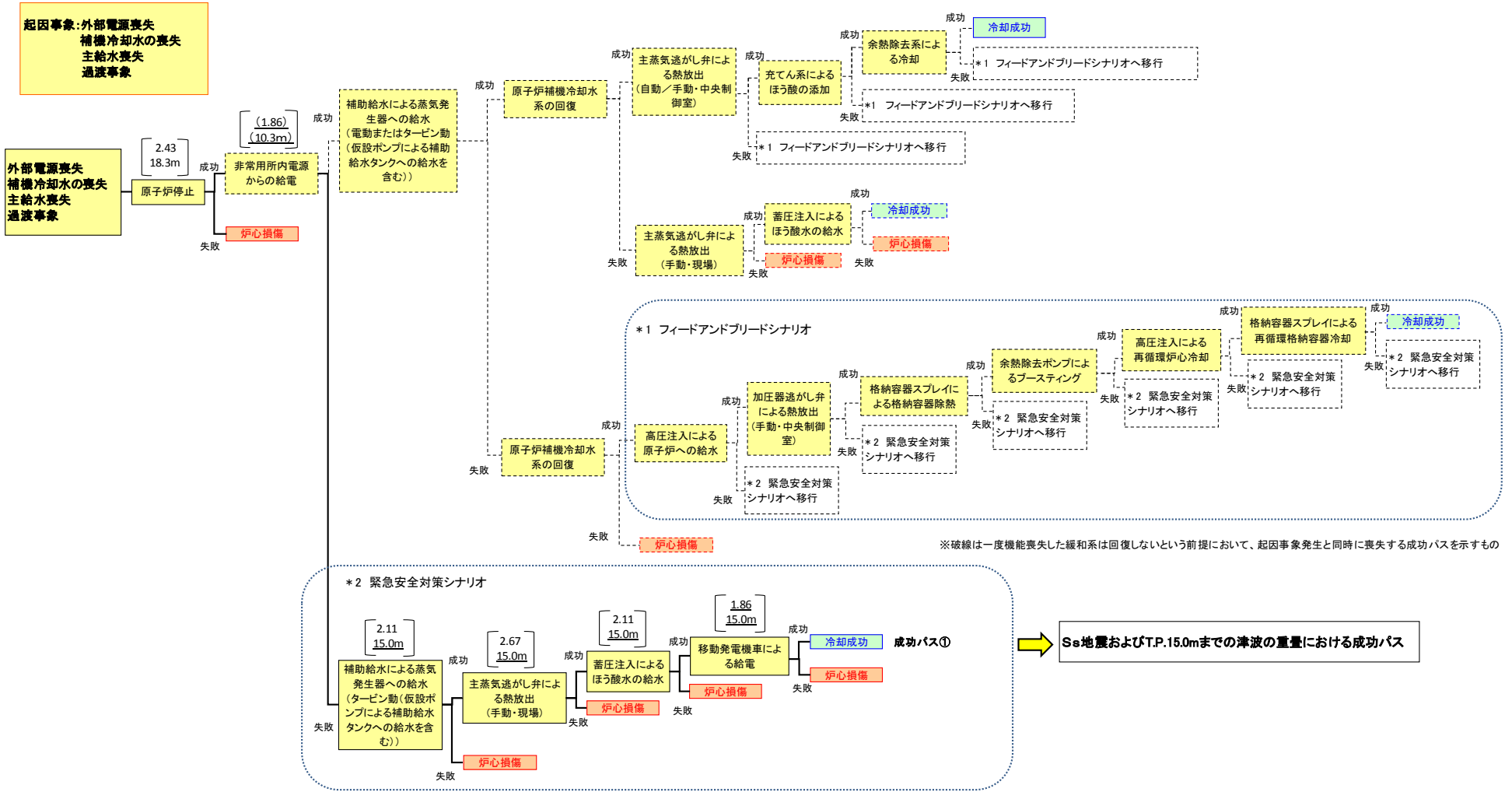
3. 評価結果

(1) 起因事象および収束シナリオの特定

「5. 3項 地震と津波の重畳」の結果を考慮して、炉心にある燃料およびSFPにある燃料について、Ss地震およびT.P. 15.0mの津波高さまでの浸水が同時に発生する場合の起因事象および収束シナリオを以下のとおり特定した。

a. 炉心にある燃料に対する特定結果

Ss地震により発生する起因事象は、「5. 1項 地震」の評価結果より「主給水喪失+外部電源喪失」であり、T.P. 15.0mまでの津波により発生する起因事象は「5. 2項 津波」の評価結果より、「外部電源喪失+補機冷却水の喪失+主給水喪失+過渡事象」である。



※破線は一度機能喪失した緩和系は回復しないという前提において、起因事象発生と同時に喪失する成功パスを示すもの

注) イベントツリーの各ヘディングの上に記載している数値は、各緩和系の耐震裕度 (上段) と許容津波高さ (下段) である。このうち、下線は各収束シナリオにおける耐震裕度または許容津波高さの最小値を示すものである。なお、() 内に記載しているものは、当該シナリオにおいて、失敗する緩和系の耐力を示したものであり、シナリオの耐力の特定には関係しないが、参考として記載したものである。

起因事象におけるイベントツリー (地震と津波の重畳: 炉心)

以上から、「外部電源喪失+補機冷却水の喪失+主給水喪失+過渡事象」を起因事象として収束シナリオを特定した。(添付資料-1 参照)

b. SFPにある燃料に対する特定結果

Ss地震により発生する起因事象は、「5. 1項 地震」の評価結果より「外部電源喪失+SFP冷却機能喪失」であり、T.P.15.0mまでの津波により発生する起因事象は「5. 2項 津波」の評価結果より、「外部電源喪失+補機冷却水の喪失+SFP冷却機能喪失」である。

以上から、「外部電源喪失+補機冷却水の喪失+SFP冷却機能喪失」を起因事象として収束シナリオを特定した。(添付資料-2 参照)

(2) クリフエッジの所在の特定

(1) の収束シナリオの特定結果から、炉心およびSFPいずれも緊急安全対策として整備した仮設ポンプによる給水手段や移動発電機車による給電手段を確保したことにより燃料の重大な損傷を防止することが可能になった。

Ss地震およびT.P.15.0mまでの津波の重畳を考慮した全交流電源喪失および最終ヒートシンク喪失の評価については、「5. 4項 全交流電源喪失」および「5. 5項 最終的な熱の逃がし場(最終ヒートシンク)の喪失」における継続時間の評価と同様に以下の考え方で実施する。(図-1、図-2 参照)

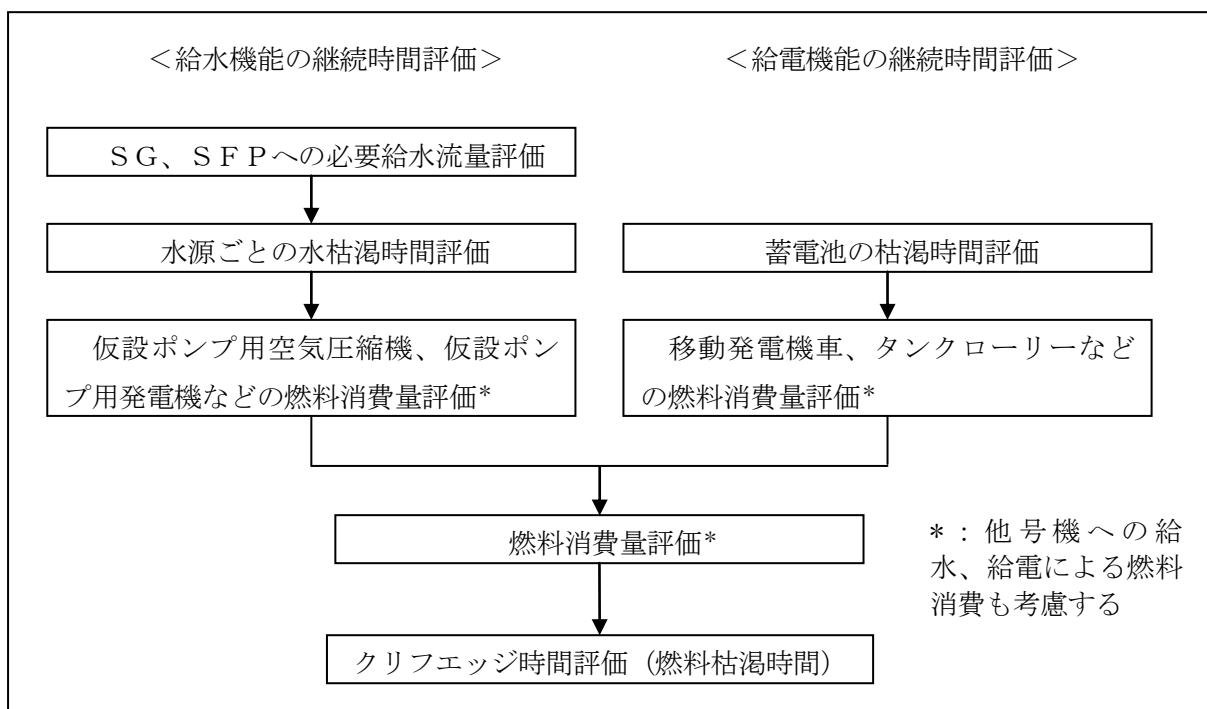
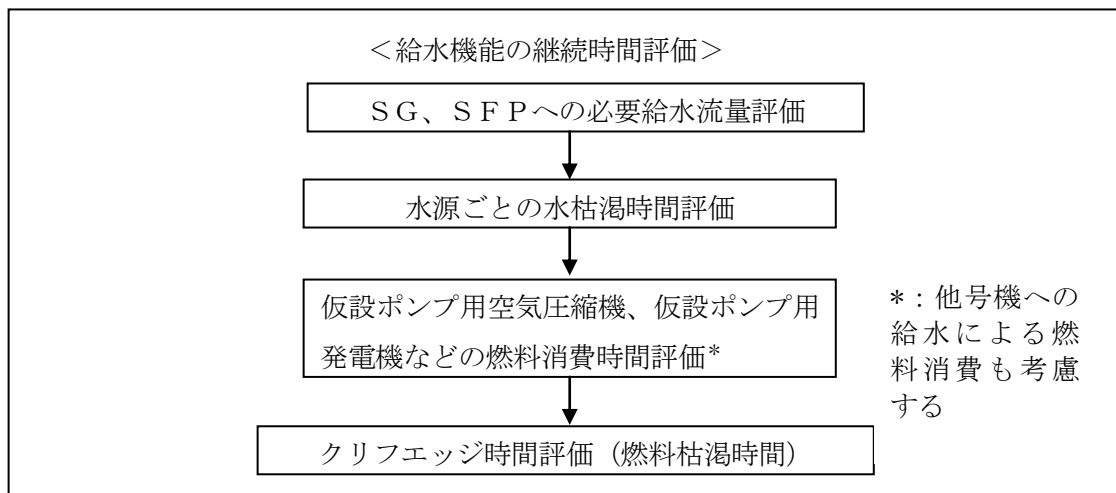


図-1 全交流電源喪失時の継続時間評価フロー



図－2 最終ヒートシンク喪失時の継続時間評価フロー

なお、SFPについては、S_s地震でのスロッシングによる溢水を考慮して評価する。

(3) 評価結果

(a) 地震と津波の重畳＋全交流電源喪失

地震と津波の重畳で2次系純水タンク、原水槽等の耐震Sクラス以外の水源は機能喪失すると想定した結果、プラント運転時およびプラント停止時において、クリフエッジ発生（給水機能および給電機能の継続に必要な燃料の枯渇）までの時間は約20日後となり、この結果は「5.4項 全交流電源喪失」の個別評価と同じとなる。（添付資料－3参照）

クリフエッジ発生までの時間が全交流電源喪失の個別評価と同じになる理由は以下のとおりである。

- 移動発電機車や水中ポンプ用発電機の燃料は、非常用ディーゼル発電機燃料油貯油槽およびタンクローリーに貯蔵されている軽油である。全交流電源喪失の個別評価の場合および地震と津波の重畳を考慮した全交流電源喪失の場合のいずれの場合においても、使用可能な軽油の量は等しいため。
- 2次系純水タンクや原水槽などの淡水設備は使用できないため、淡水用の水中ポンプ用発電機は使用せず、海水用の水中ポンプ用発電機を使用することになり、海水用の水中ポンプ用発電機の燃料消費率は、

淡水用の水中ポンプ用発電機の燃料消費率よりやや大きい。しかし、移動発電機車などを含めた全体の燃料消費率に占める割合は小さいため、クリフェッジ評価への影響はなかった。

なお、移動発電機車や水中ポンプ用発電機の燃料等は、保管場所から使用場所まで運搬する必要があるが、保管場所から使用場所までのアクセス道路を複数ルート確保するとともに、アクセス道路が地震により損傷を受けた場合や津波による漂流物で通行が阻害された場合においても、発電所構内の高台に配備している重機（バックホウ、ブルドーザー、ホイールローダー）で道路の復旧や漂流物の除去を行うことから、運搬が可能である。

(b) 地震と津波の重畳+最終ヒートシンクの喪失

地震と津波の重畳により、最終ヒートシンクの喪失の個別評価では機能を期待していた外部電源が喪失するとともに、原子炉補機冷却海水ポンプの機能喪失により非常用所内電源からの給電機能も喪失し、全交流電源喪失が発生する。そのため、結果として、クリフェッジ（給水機能および給電機能の継続に必要な燃料の枯渇）が発生するまでの時間は、(a) 項の「地震と津波の重畳+全交流電源喪失」の評価結果と同じとなり、プラント運転時およびプラント停止時において、クリフェッジ発生までの時間は約20日後となる。

なお、最終ヒートシンクの喪失の個別評価（約142日）に比べた場合は約122日短くなる。

クリフェッジ発生までの時間が「5.5項 最終的な熱の逃がし場（最終ヒートシンク）の喪失」の個別評価に比べ短くなる理由は以下のとおりである。

- 最終ヒートシンクの喪失の個別評価では外部電源の機能を期待できるため、移動発電機車の運転は不要であるが、地震と津波の重畳により全交流電源喪失となることから、移動発電機車の運転が必要となり燃料消費量が大きくなるため。

4. 評価結果のまとめ

S s 地震とT.P. 15.0mまでの津波の重畳を考慮した場合における全交流電源喪失または最終ヒートシンク喪失に至る事故シナリオについて、緊急安全対策による炉心およびSFPの燃料の重大な損傷を防止するための給水機能または

給電機能の継続時間について評価を行った結果、表－1のとおり、約20日間は、給水機能および給電機能を維持することができ、炉心およびSFPの燃料の重大な損傷を回避することができることが確認された。

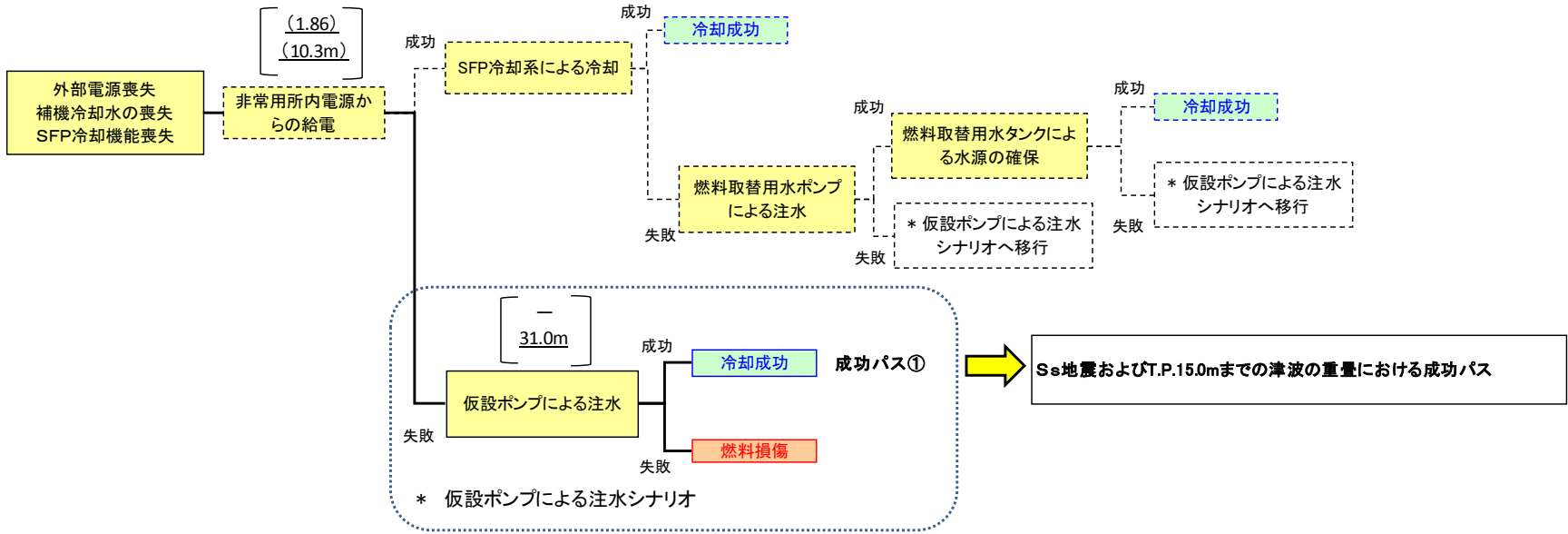
表－1 冷却可能期間

対象	2号機運転時	2号機停止時
炉心	約20日間	—
SFP	約20日間	約20日間

なお、全交流電源喪失に至るような事態発生時においても、陸路、海路および空路により、泊発電所へ軽油の輸送が行われるよう、調達先との契約を結んでいる。このため、発電所内で使用可能な軽油が枯渇するまでに、継続的な補給を行うことができ、給水機能および給電機能を維持することが可能である。

以 上

起因事象:外部電源喪失
補機冷却水の喪失
SFP冷却機能喪失



※破線は一度機能喪失した緩和系は回復しないという前提において、起因事象発生と同時に喪失する成功パスを示すもの

注) イベントツリーの各ヘディングの上に記載している数値は、各緩和系の耐震裕度(上段)と許容津波高さ(下段)である。このうち、下線は各収束シナリオにおける耐震裕度または許容津波高さの最小値を示すものである。なお、()内に記載しているものは、当該シナリオにおいて、失敗する緩和系の耐力を示したものであり、シナリオの耐力の特定には関係しないが、参考として記載したものである。

起因事象におけるイベントツリー（地震と津波の重畳：SFP）

設備・資源	分類	使用可否	起回事象発生からの時間 (日)																					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	17	18	19	20	21						
SGへの給水機能	補助給水タンク	イ)	○	約8時間後			[] : 全交流電源喪失個別評価の場合																	
	2次系純水タンク	ロ)	×	[]																				
	ろ過水タンク	ハ)	×				[]																	
	原水槽	ハ)	×				[]																	
	海水	ハ)	○	[]																				
	水中ポンプ用発電機 (海水用) および空気作動ポンプ用空気圧縮機	ハ)	○	軽油使用																				
SFPへの給水機能	水位低下 (1m)	-	-	約8.4時間後			[] : 全交流電源喪失個別評価の場合																	
	燃料取替用水タンク	ハ)	○				海水との併用を想定																	
	1次系純水タンク	ハ)	×				[]																	
	ろ過水タンク	ハ)	×				[]																	
	防火水槽	ハ)	×				[]																	
	原水槽および防火水槽	ハ)	×				[]																	
	海水	ハ)	○				淡水との併用を想定																	
	水中ポンプ用発電機 (海水用) および空気作動ポンプ用空気圧縮機	ハ)	○	軽油使用																				
給電機能	蓄電池	イ)	○	約5時間後																				
	移動発電機車	ハ)	○	軽油使用																				
燃料供給	非常用ディーゼル発電機燃料油貯油槽	ハ)	○	タンクローリーの貯蔵量を含む																				

- イ) 工事計画で対象とした設備
- ロ) 実施済みのアクシデントマネジメント設備
- ハ) 緊急安全対策 (短期)

クリフェッジ発生 (約20日後)

給水および給電機能の継続時間ならびにクリフェッジ所在の特定結果 (プラント運転時)

設備・資源	分類	使用可否	起回事象発生からの時間 (日)																					
			1	2	3	4	5	6	7	...	14	15	16	17	18	19	20	21						
SFPへの給水機能	水位低下 (1m)	-	-	約2.7時間後			[] : 全交流電源喪失個別評価の場合																	
	ろ過水タンク	ハ)	×				[]																	
	防火水槽	ハ)	×				[]																	
	原水槽および防火水槽	ハ)	×				[]																	
	2次系純水タンク	ハ)	×				[]																	
	海水	ハ)	○	[]																				
水中ポンプ用発電機 (海水用) および空気作動ポンプ用空気圧縮機	ハ)	○	軽油使用																					
給電機能	蓄電池	イ)	○	約5時間後																				
	移動発電機車	ハ)	○	軽油使用																				
燃料供給	非常用ディーゼル発電機燃料油貯油槽	ハ)	○	タンクローリーの貯蔵量を含む																				

- イ) 工事計画で対象とした設備
- ハ) 緊急安全対策 (短期)

クリフェッジ発生 (約20日後)

給水および給電機能の継続時間ならびにクリフェッジ所在の特定結果 (プラント停止時)

地震と津波の重畳+全交流電源喪失時のプラント運転状態による燃料枯渇時間比較

パターン	プラント運転状態			使用可能な貯油槽数	燃料の枯渇日数（日）の比較		
	1号機	2号機	3号機		地震と津波の重畳 +全交流電源喪失	全交流電源喪失	最終ヒートシンク 喪失
①	運転中 <small>4</small>	運転中 <small>4</small>	運転中 <small>0</small>		23.1	23.3	164.9
②	運転中 <small>4</small>	運転中 <small>4</small>	停止中 <small>0</small>		23.1	23.1	160.9
③	運転中 <small>4</small>	停止中 <small>3</small>	運転中 <small>0</small>		20.4	20.5	142.5
④	停止中 <small>3</small>	運転中 <small>4</small>	運転中 <small>0</small>		20.4	20.5	142.5
⑤	運転中 <small>4</small>	停止中 <small>3</small>	停止中 <small>0</small>		20.4	20.4	142.0
⑥	停止中 <small>3</small>	運転中 <small>4</small>	停止中 <small>0</small>		20.4	20.4	142.0
⑦	停止中 <small>4</small>	停止中 <small>3</small>	運転中 <small>0</small>		20.4	20.5	142.5
⑧	停止中 <small>4</small>	停止中 <small>3</small>	停止中 <small>0</small>		20.4	20.4	142.1