

## 【関連質問への回答】

新規制基準適合性審査申請

重大事故等対処施設

<(8)重大事故対策>

－炉心損傷防止

令和元年8月2日

東北電力株式会社

余 白  
(ページ調整のため)

## 1. 論点No.71関連質問への回答(1/2)

### 【論点No.71関連質問】

- PRAのピアレビューにおいてどのようなコメントがあったのか例示していただきたい。【兼本委員】

#### ■ピアレビューの目的

- 日本原子力学会標準においては、PRAの品質を確保するための方策として、ピアレビュー実施に関する留意点が記載されており、米国においても「ASME/ANS RA-Sa-2009」にてピアレビューの要求事項が記載されている
- このため、事故シーケンスグループ及び格納容器破損モードの選定にあたり実施したPRAの妥当性確認及び品質向上を目的として、国内外のPRA専門家によるピアレビューを実施

#### ■ピアレビューの観点

- 今回実施した各PRAを対象に、日本原子力学会標準との整合性及び国内外の知見を踏まえたPRA手法の妥当性について確認
- ピアレビューは、第三者機関から発行されている「PSAピアレビューガイドライン(平成21年6月、一般社団法人 日本原子力技術協会)」を参考にレビューを実施

## 1. 論点No.71関連質問への回答(2/2)

### ■ピアレビュー結果の概要

- ピアレビューの結果，日本原子力学会標準への不適合や評価手法に問題があるとされる「指摘事項」はなく，PRAの評価結果に影響を及ぼすような技術的な問題点がないことが確認された
- 海外レビューアからは，主に米国で実施されているPRAを踏まえたコメントが示された。今回実施したPRAは日本原子力学会標準に適合した手法を用いて評価を実施しているが，海外でのPRA実施状況及び最新の知見についても積極的に情報を入手し，より品質の高いPRAモデルの構築に向けて今後の検討をしていく(下表参照)

表 海外レビューアの主なコメント及び対応方針

分類	コメント内容	対応方針
運転時 レベル1 PRA	運転員が設備の操作等に失敗する確率の評価を行う人間信頼性解析については，運転員へのインタビューにより，評価に関連する情報 <sup>※1</sup> を得ることができる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 今回の評価では，運転員に対するインタビューは実施していない</li> <li>• 運転員へのインタビューを行うことで，より適切な人間信頼性解析が可能であると考えられるため，今後実施する安全性向上評価<sup>※2</sup>におけるPRAにおいて実施する</li> </ul>

※1 手順書のみでは分からない，操作を行う場所へのアクセス性，警報発生の有無，操作環境(光源，温度・湿度，道具の要否)等の情報

※2 安全性向上評価は，自主的・継続的に原子炉施設の安全性・信頼性を向上させることを目的としている。初回の届出は，再稼働後に実施した最初の定期検査終了から6ヶ月以内に評価し，その後遅滞なく届出ることが定められている。

## 2. 論点No.72関連質問への回答(1/10)

### 【論点No.72関連質問】

- 各事故シーケンスの説明においては、安全対策なしのPRA上のシナリオと安全対策ありの有効性評価のシナリオを対比させるような形での説明をしていただきたい。【今村委員】
- 重大事故対策を実施する上で必要な要員については、最終的な結果だけではなく、その積み上げ根拠も示していただきたい。【今村委員, 兼本委員, 首藤委員】

- 安全対策を考慮していないPRA上のシナリオと安全対策を考慮した有効性評価のシナリオについて、第17回安全性検討会にてご説明した以下の4つの事故シーケンスについて次ページ以降に示す。
  - 高圧・低圧注水機能喪失(TQUV)
  - 全交流動力電源喪失+逃がし安全弁開固着(TBP)
  - 崩壊熱除去機能喪失(取水機能が喪失した場合)(TW)
  - 原子炉停止機能喪失(TC)
- また、事象発生から事象収束までのタイムライン及び必要な要員の人数について次ページ以降に示す。

## 2. 論点No.72関連質問への回答(2/10)

### 高圧・低圧注水機能喪失(TQUV)

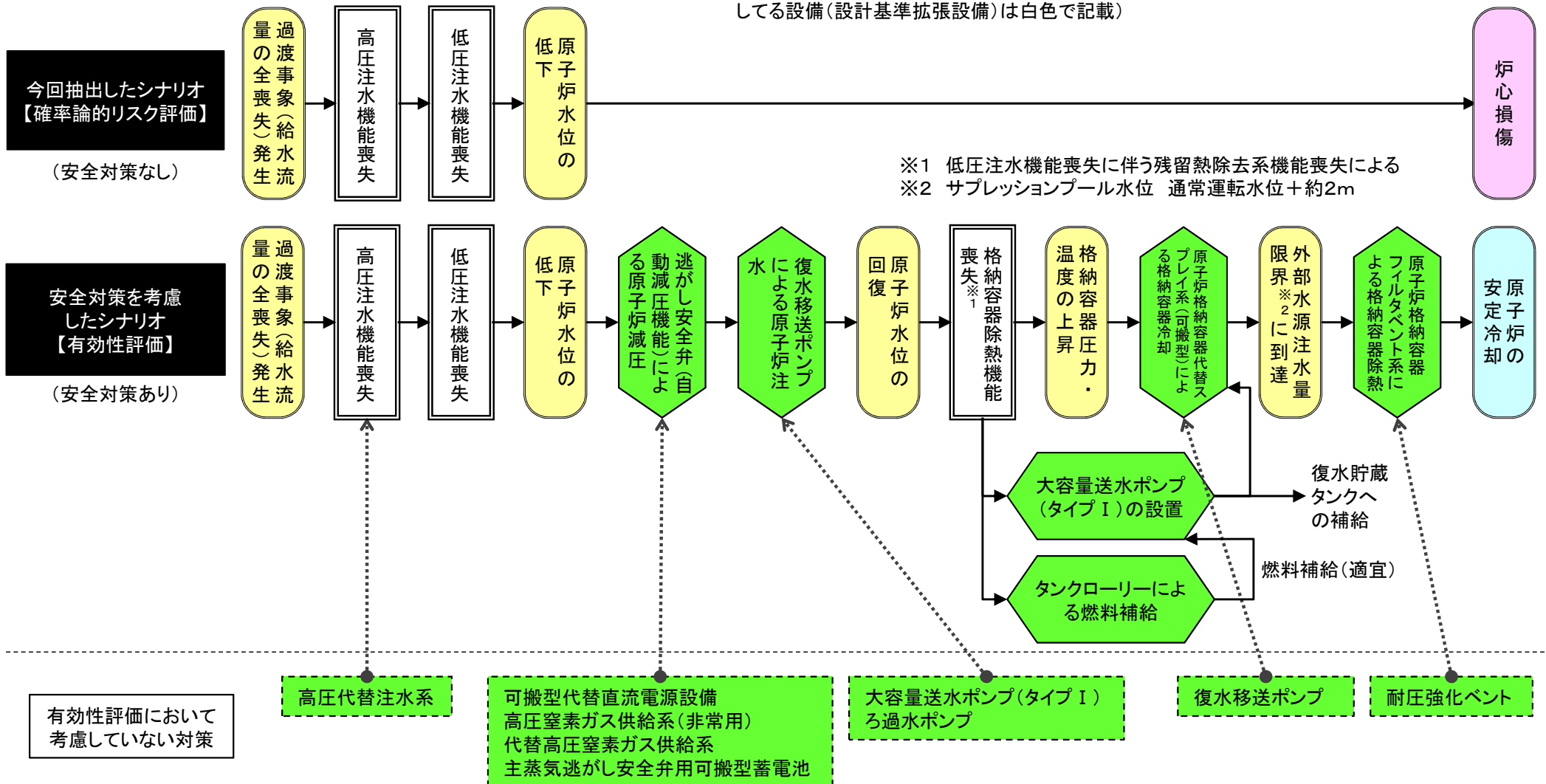
#### 重要事故シーケンス「過渡事象＋高圧注水失敗＋低圧ECCS失敗」

○ : プラント状態

□ : 確認/判断

◇ : 操作

■ : 重大事故対策  
 (重大事故対策として期待している設備であるが、従前の許認可においても期待している設備(設計基準拡張設備)は白色で記載)



## 2. 論点No.72関連質問への回答(3/10)

### 高圧・低圧注水機能喪失(TQUV)

	▽事象発生	▽約4時間後	▽約7時間後	▽約10時間後 大容量送水ポンプ (タイプI)準備完了	▽約28時間後 格納容器圧力0.384MPa[gage] 大容量送水ポンプ(タイプI) による格納容器スプレイ開始	▽約45時間後 格納容器圧力 0.427MPa[gage] 格納容器ベント開始
<b>発電所対策本部要員:6名</b> ・事故対応指揮:1名 ・重大事故等対応要員への指示:1名 ・情報収集等:2名 ・消火活動指揮等:2名						
	事故対応指揮, 情報収集等					
<b>運転員:7名</b> ・発電課長:1名 ・発電副長:1名						
	運転操作業務の総括管理・指揮・命令等					
・運転員(中央制御室操作):3名						
	事故対応操作(復水移送ポンプによる注水, 格納容器冷却, 格納容器除熱等)					
・運転員(現場操作):2名						
	事故対応操作(格納容器除熱)*					
<b>重大事故等対応要員:6名</b> ・アクセスルート状況確認(ルート1):2名 ・アクセスルート状況確認(ルート2):2名 ・アクセスルート復旧:2名	状況確認 (ルート1, 2)					
		アクセスルート 復旧				
<b>重大事故等対応要員:9名</b> ・大容量送水ポンプ(タイプI)設置等:3名 ・ホース敷設, 接続等:3名 ・注水用ヘッド設置等:3名				大容量送水ポンプ(タイプI)設置 (目的:復水貯蔵タンクへの補給, 格納容器スプレイ)		
<b>重大事故等対応要員:2名</b> ・給油準備, 給油:2名			給油準備			
				大容量送水ポンプ(タイプI)への給油(適宜実施)		

合計:30名

※ 解析上考慮しない作業(実施しなくとも有効性評価(対策)の成立性に影響を与えないが, 実際には行う場合もあることから必要な要員数として計上)

上記のとおり, 事故発生後の対応に必要な要員は, 事故対応指揮等を行う発電所対策本部要員6名, 中央制御室または現場での事故対応操作を行う運転員7名及び可搬型設備の運用を行う重大事故等対応要員17名の合計30名である。

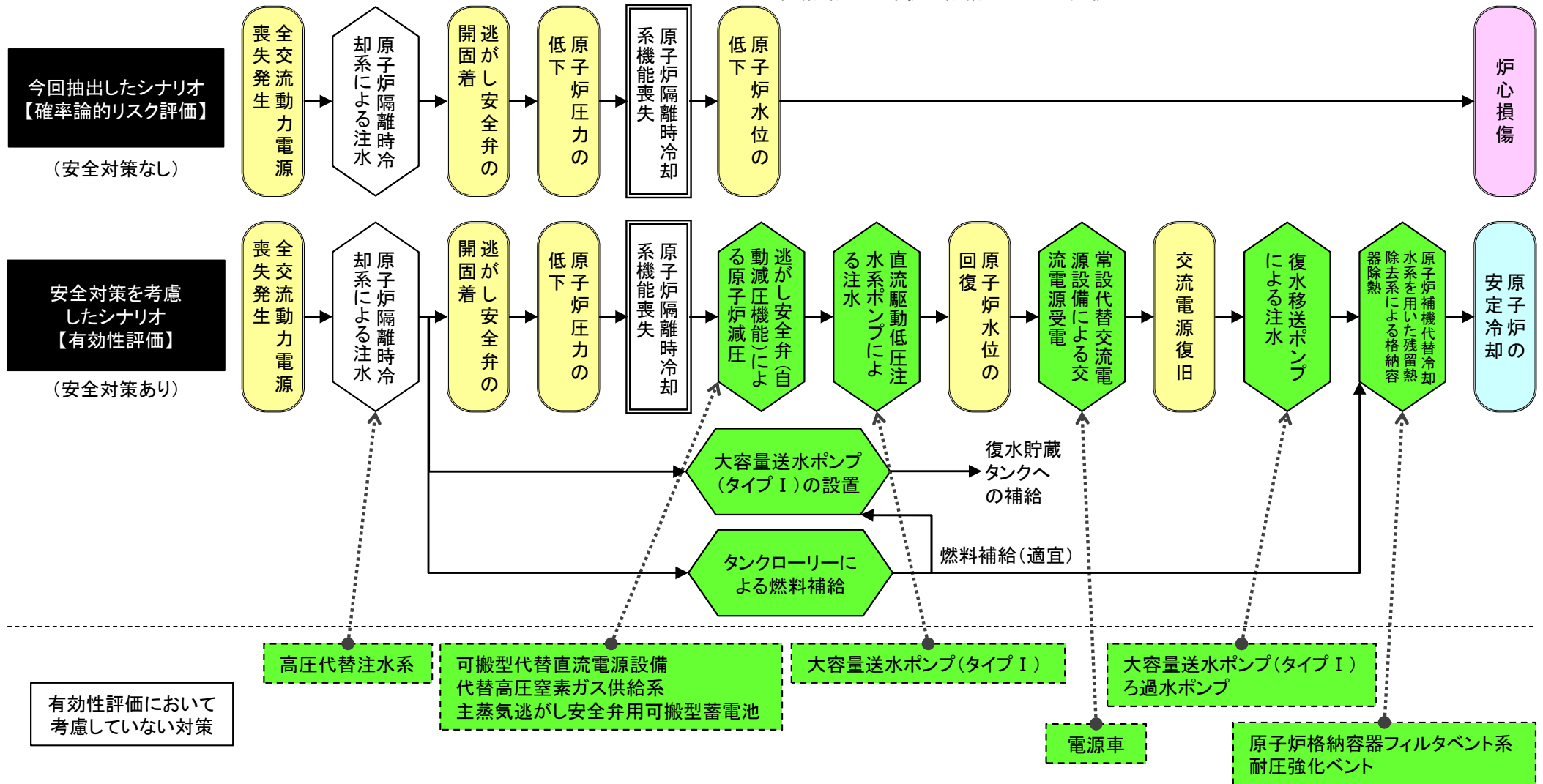
なお, 大容量送水ポンプ(タイプI)を設置する場合には, 「アクセスルート復旧」, 「燃料補給」を一連で対応する必要がある。

## 2. 論点No.72関連質問への回答(4/10)

### 全交流動力電源喪失+逃がし安全弁開固着(TBP)

### 重要事故シーケンス「全交流動力電源喪失(外部電源喪失+DG失敗)+SRV再閉失敗+HPCS失敗」

○ : プラント状態    
 □ : 確認/判断    
 ◇ : 操作    
 ■ : 重大事故対策  
 (重大事故対策として期待している設備であるが、従前の許認可においても期待している設備(設計基準拡張設備)は白色で記載)





## 2. 論点No.72関連質問への回答(5/10)

### 全交流動力電源喪失＋逃がし安全弁開固着(TBP)

	▽事象発生	▽約4時間後	▽約7時間後	▽約10時間後 大容量送水ポンプ (タイプI)準備完了	▽約19時間後 原子炉補機代替 冷却水系準備完了	▽約25時間後 原子炉補機代替冷却 水系を用いた残留熱 除去系による格納容 器除熱開始
<b>発電所対策本部要員:6名</b> ・事故対応指揮:1名 ・重大事故等対応要員への指示:1名 ・情報収集等:2名 ・消火活動指揮等:2名		事故対応指揮, 情報収集等				
<b>運転員:7名</b> ・発電課長:1名 ・発電副長:1名 ----- ・運転員(中央制御室操作):3名 ----- ・運転員(現場操作):2名		運転操作業務の総括管理・指揮・命令等				
		事故対応操作(直流駆動低圧注水系ポンプによる注水, 交流電源回復, 格納容器除熱等)				
		事故対応操作(直流電源確保, 格納容器除熱等)				
<b>重大事故等対応要員:6名</b> ・アクセスルート状況確認(ルート1):2名 ・アクセスルート状況確認(ルート2):2名 ・アクセスルート復旧:2名	状況確認 (ルート1, 2)		アクセスルート 復旧			
<b>重大事故等対応要員:9名</b> ・大容量送水ポンプ(タイプI)設置等:3名 ・ホース敷設, 接続等:3名 ・注水用ヘツダ設置等:3名		大容量送水ポンプ(タイプI)設置※ (目的:復水貯蔵タンクへの補給)			原子炉補機代替冷却水系設置 (目的:残留熱除去系等への冷 却水供給)	
<b>重大事故等対応要員:2名</b> ・給油準備, 給油:2名			給油準備	大容量送水ポンプ(タイプI)及び 原子炉補機代替冷却水系への給油(適宜実施)		

合計:30名

※ 解析上考慮しない作業(実施しなくとも有効性評価(対策)の成立性に影響を与えないが, 実際には行う作業であることから必要な要員数として計上)

上記のとおり, 事故発生後の対応に必要な要員は, 事故対応指揮等を行う発電所対策本部要員6名, 中央制御室または現場での事故対応操作を行う運転員7名及び可搬型設備の運用を行う重大事故等対応要員17名の合計30名である。

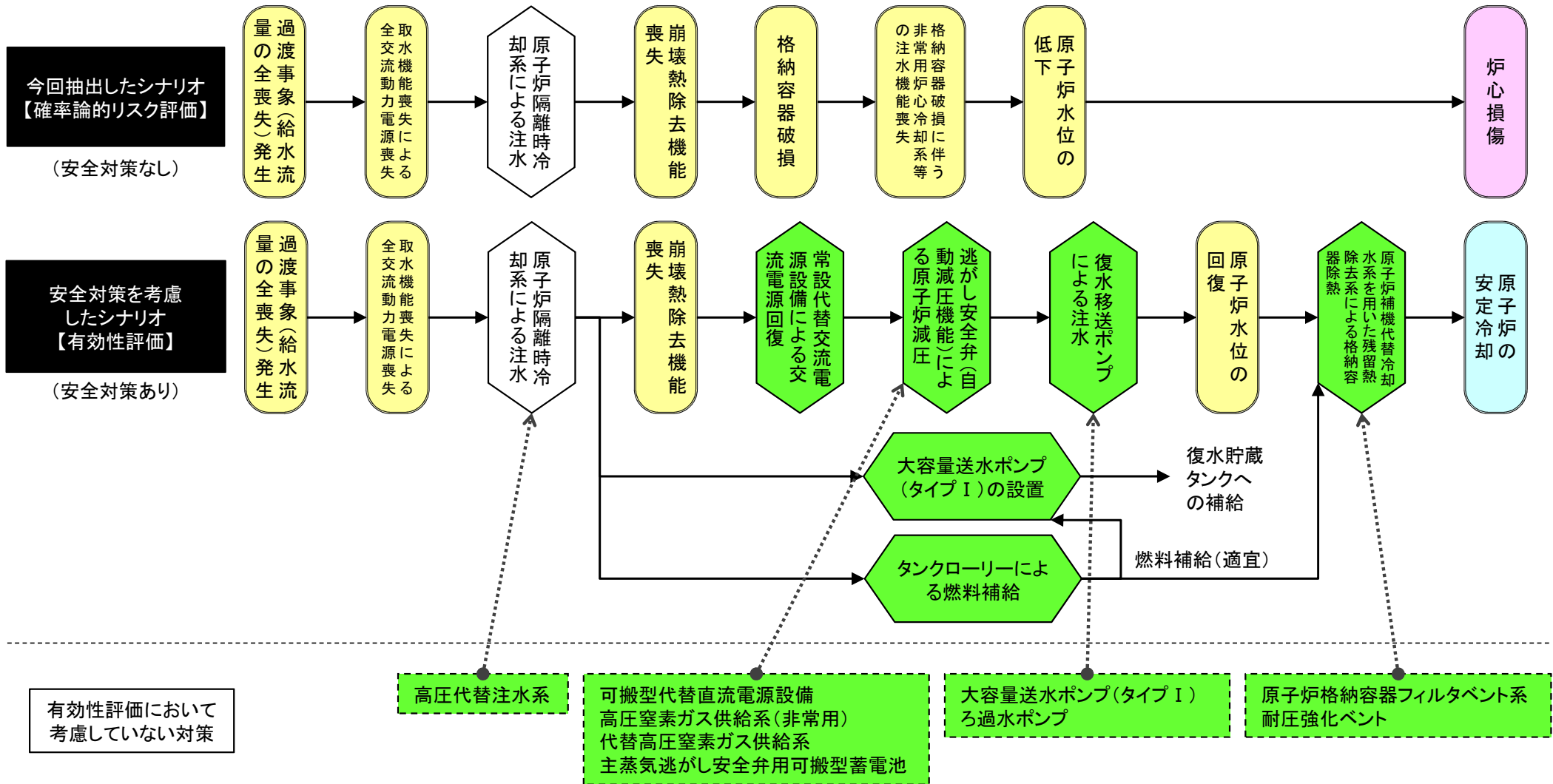
なお, 大容量送水ポンプ(タイプI)を設置する場合には, 「アクセスルート復旧」, 「燃料補給」を一連で対応する必要がある。

## 2. 論点No.72関連質問への回答(6/10)

### 崩壊熱除去機能喪失(取水機能が喪失した場合)(TW)

#### 重要事故シーケンス「過渡事象+崩壊熱除去失敗」

○ : プラント状態    
 □ : 確認/判断    
 ◇ : 操作    
 ■ : 重大事故対策  
 (重大事故対策として期待している設備であるが、従前の許認可においても期待している設備(設計基準拡張設備)は白色で記載)



## 2. 論点No.72関連質問への回答(7/10)

### 崩壊熱除去機能喪失(取水機能が喪失した場合)(TW)

	▽事象発生	▽約4時間後	▽約7時間後	▽約10時間後 大容量送水ポンプ (タイプI)準備完了	▽約19時間後 原子炉補機代替 冷却水系準備完了	▽約24時間後 原子炉補機代替冷却水系を 用いた残留熱除去系による 格納容器除熱開始
<b>発電所対策本部要員:6名</b> ・事故対応指揮:1名 ・重大事故等対応要員への指示:1名 ・情報収集等:2名 ・消火活動指揮等:2名	事故対応指揮, 情報収集等					
<b>運転員:7名</b> ・発電課長:1名 ・発電副長:1名 ・・・ ・運転員(中央制御室操作):3名 ・・・ ・運転員(現場操作):2名	運転操作業務の総括管理・指揮・命令等					
・運転員(中央制御室操作):3名 ・・・ ・運転員(現場操作):2名	事故対応操作(RCICによる注水, 交流電源回復, 格納容器除熱等)					
<b>重大事故等対応要員:6名</b> ・アクセスルート状況確認(ルート1):2名 ・アクセスルート状況確認(ルート2):2名 ・アクセスルート復旧:2名	状況確認 (ルート1, 2)					
		アクセスルート 復旧				
<b>重大事故等対応要員:9名</b> ・大容量送水ポンプ(タイプI)設置等:3名 ・ホース敷設, 接続等:3名 ・注水用ヘッダ設置等:3名			大容量送水ポンプ(タイプI)設置※ (目的:復水貯蔵タンクへの補給)		原子炉補機代替冷却水系 設置(目的:残留熱除去系 等への冷却水供給)	
<b>重大事故等対応要員:2名</b> ・給油準備, 給油:2名			給油準備			大容量送水ポンプ(タイプI)及び 原子炉補機代替冷却水系への給油(適宜実施)

合計:30名

※ 解析上考慮しない作業(実施しなくとも有効性評価(対策)の成立性に影響を与えないが, 実際には行う作業であることから必要な要員数として計上)

上記のとおり, 事故発生後の対応に必要な要員は, 事故対応指揮等を行う発電所対策本部要員6名, 中央制御室または現場での事故対応操作を行う運転員7名及び可搬型設備の運用を行う重大事故等対応要員17名の合計30名である。

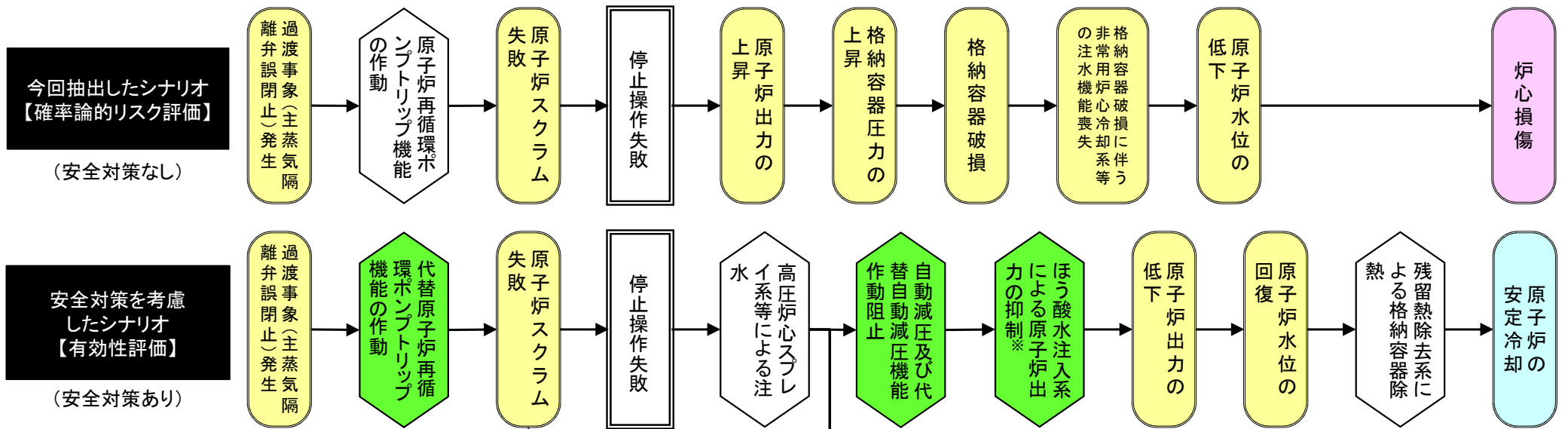
なお, 大容量送水ポンプ(タイプI)を設置する場合には, 「アクセスルート復旧」, 「燃料補給」を一連で対応する必要がある。

## 2. 論点No.72関連質問への回答(8/10)

### 原子炉停止機能喪失(TC)

#### 重要事故シーケンス「過渡事象+原子炉停止失敗」

○ : プラント状態    
 □ : 確認/判断    
 ◇ : 操作    
 ■ : 重大事故対策  
 (重大事故対策として期待している設備であるが、従前の許認可においても期待している設備(設計基準拡張設備)は白色で記載)



※ 従前の許認可解析では、原子炉停止機能喪失に係る安全解析は取り扱っていないことから、ほう酸水注入系は安全対策なしシナリオでは記載していない。なお、ほう酸水注入系は本適合性審査の有効性評価では考慮しており、重大事故等対処設備として位置づけられている。

有効性評価において考慮していない対策

代替制御棒挿入機能

大容量送水ポンプ(タイプI)の設置

復水貯蔵タンクへの補給

タンクローリーによる燃料補給

燃料補給(適宜)

## 2. 論点No.72関連質問への回答(9/10)

### 原子炉停止機能喪失(TC)

	▽事象発生	▽約4時間後	▽約7時間後	▽約10時間後
	▽約11分後 ほう酸水注入系起動 約20分後 残留熱除去系による 格納容器除熱開始			
<b>発電所対策本部要員:6名</b> ・事故対応指揮:1名 ・重大事故等対応要員への指示:1名 ・情報収集等:2名 ・消火活動指揮等:2名	事故対応指揮, 情報収集等			
<b>運転員:7名</b> ・発電課長:1名 ・発電副長:1名	運転操作業務の総括管理・指揮・命令等			
・運転員(中央制御室操作):3名	事故対応操作(スクラム失敗後の反応度制御, 格納容器除熱操作等)			
・運転員(現場操作):2名	事故対応操作(制御棒挿入操作)*			
<b>重大事故等対応要員:6名</b> ・アクセスルート状況確認(ルート1):2名 ・アクセスルート状況確認(ルート2):2名 ・アクセスルート復旧:2名	状況確認* (ルート1, 2)	アクセスルート復旧*		
<b>重大事故等対応要員:9名</b> ・大容量送水ポンプ(タイプI)設置等:3名 ・ホース敷設, 接続等:3名 ・注水用ヘッド設置等:3名		大容量送水ポンプ(タイプI)設置* (目的:復水貯蔵タンクへの補給)		
<b>重大事故等対応要員:2名</b> ・給油準備, 給油:2名			給油準備*	大容量送水ポンプ(タイプI)への 給油(適宜実施)*

合計:30名

※ 解析上考慮しない作業(実施しなくとも有効性評価(対策)の成立性に影響を与えないが, 実際には行う作業であることから必要な要員数として計上)

上記のとおり, 事故発生後の対応に必要な要員は, 事故対応指揮等を行う発電所対策本部要員6名, 中央制御室または現場での事故対応操作を行う運転員7名及び可搬型設備の運用を行う重大事故等対応要員17名の合計30名である。

なお, 大容量送水ポンプ(タイプI)を設置する場合には, 「アクセスルート復旧」, 「燃料補給」を一連で対応する必要がある。

## 2. 論点No.72関連質問への回答(10/10)

重大事故等対策の有効性評価を実施している各事故シーケンスグループ等に必要な対応要員数を下表に示す。重大事故等対策に必要な要員数は原子炉運転中は最大で30名、原子炉停止中は最大で28名であることから、平日夜間・休日においても原子炉運転中は30名、原子炉停止中は28名の要員を発電所に常駐させることで重大事故等対策を実施可能な体制を整備している。

	事故シーケンスグループ等	必要要員数		事故シーケンスグループ等	必要要員数	
原子炉運転中	高圧・低圧注水機能喪失 (TQUV)	30	原子炉運転中	雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧・過温破損)(代替循環冷却系を使用する場合)	30	
	高圧注水・減圧機能喪失 (TQUX)	13		雰囲気圧力・温度による静的負荷(格納容器過圧・過温破損)(代替循環冷却系を使用できない場合)	30	
	全交流動力電源喪失+HPCS失敗(蓄電池枯渇後RCIC停止)(長期TB)	30		高圧溶融物放出/格納容器雰囲気直接加熱	30	
	全交流動力電源喪失+高圧注水失敗(RCIC本体の機能喪失)(TBU)	30		原子炉圧力容器外の溶融燃料-冷却材相互作用	30	
	全交流動力電源喪失+直流電源喪失(TBD)	30		水素燃焼	30	
	全交流動力電源喪失+逃がし安全弁開固着(TBP)	30		溶融炉心・コンクリート相互作用	30	
	崩壊熱除去機能喪失(取水機能が喪失した場合)(TW)	30		想定事故1(燃料プールの冷却,注水機能喪失)	28	
	崩壊熱除去機能喪失(残留熱除去系が故障した場合)(TW)	30		想定事故2(燃料プール水の小規模喪失)	28	
	原子炉停止機能喪失(TC)	30		崩壊熱除去機能喪失	11	
	LOCA時注水機能喪失(LOCA)	30		全交流動力電源喪失	28	
	格納容器バイパス(インターフェイスシステムLOCA)(ISLOCA)	30		原子炉冷却材の流出	11	
					反応度の誤投入	11
					原子炉停止中	

□ : 本日まで説明した事故シーケンスグループ



## 参考

---



# 重大事故時のアクセスルート状況確認及び復旧について

