

平成 29 年 10 月 24 日
日本原子力発電株式会社

緊急用海水系（常設）の代替残留熱除去系海水系（可搬）に対する同等性について

1. はじめに

東海第二発電所では、第 48 条の重大事故等対処設備として常設設備である緊急用海水系を設置することとし、可搬型設備である代替残留熱除去系海水系については自主設備としている。一方、第 48 条（解釈）では「以下に掲げる措置（可搬）“又は”これらと同等以上の効果を有する措置を行うための設備」が要求されている。ここでは、緊急用海水系（常設）の代替残留熱除去系海水系（可搬）に対する同等性について、その考え方を示す。

2. 代替残留熱除去系海水系（可搬）の特徴

可搬型設備は、必要時に複数の設置場所の中から設置可能な場所に設置することで、重大事故等対応に必要な機能を確保できるため、柔軟な対応に期待できることが特長である。この特長を確保するためには、以下の措置が必要となる。

①設計基準事故対処設備との離隔

待機時は機能喪失を想定する設計基準事故対処設備と接続せず、離隔した場所に保管することで、共通要因による機能喪失リスクを低減。

②保管場所間の離隔

可搬型設備に多重性を確保し、それらを分散保管することで、可搬型設備が同時に機能喪失するリスクを低減。

③複数の接続箇所を確保

接続口を複数設置することで、共通要因により接続口が使用できなくなるリスクを低減。

これらの可搬型設備の特徴を生かすために必要な措置に対して、常設設備である緊急用海水系の対応状況を表 1 のとおり整理した。

第 1 表に示すとおり、常設設備である緊急用海水系の設計上の配慮によって、可搬型設備の特長を備えていることを可能としていることから、緊急用海水系は可搬型設備による対応と同等以上の措置とできるものとする。

なお、東海第二発電所では、補機冷却海水系に中間ループを有していない設計としているため、第 48 条の解釈で例示されている可搬型 UHS は配備していない。（添付 1）

第1表 緊急用海水系の可搬型設備との同等性整理

		代替残留熱除去系海水系（可搬）	緊急用海水系（常設）
①	設計基準事故 対処設備との 隔離	<ul style="list-style-type: none"> 残留熱除去系海水系（海水ポンプ室, 原子炉建屋）から隔離した屋外に保管 残留熱除去系海水系との同時機能喪失リスクを低減 	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋との隔離した地下埋設の格納槽内に緊急用海水ポンプを設置 格納槽は想定する自然現象から防護する設計
②	保管場所間の 隔離	<ul style="list-style-type: none"> 2箇所の保管場所に分散配備 想定する自然現象による同時機能喪失リスクを低減 	<ul style="list-style-type: none"> 予備のポンプも格納槽内に設置
③	複数の接続箇 所	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋東西に2箇所設置 接続口が使用できなくなるリスクを低減 	<ul style="list-style-type: none"> 残留熱除去系海水系との接続箇所までの配管等は地下に敷設 残留熱除去系海水系2系統と接続

3. 有効性評価における想定事象について

補機冷却機能の代替設備としては、常設設備である緊急用海水系の以下の特徴を生かし、重大事故等対策の有効性評価において、その使用を想定している。

- ・可搬型設備の設置作業が不要であり、少人数かつ短時間での機能確保が可能
- ・動力源が電源であるため、機能維持のための燃料補給作業が不要

重大事故等対策の有効性評価において、緊急用海水系に期待する事象と期待する時間を第2表に示す。

津波浸水による注水機能喪失（b）については、遡上津波時のアクセスルートの確保が困難であるため、代替残留熱除去系海水系（可搬）の使用は困難である。

雰囲気圧力・温度による静的負荷（c）、高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱（d）、原子炉压力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用（e）、水素燃焼（f）、溶融炉心・コンクリート相互作用（g）については、早期事象収束の観点から、緊急用海水系（常設）を使用することとしている。

崩壊熱除去機能喪失（a）については、時間的な余裕があるため、代替残留熱除去系海水系（可搬）による対応についても成立性はあるが、接続や燃料補給等の屋外作業の必要がなく、操作性に優れた緊急用海水系を使用することとしている。

第2表 有効性評価における緊急用海水系に係る想定

	緊急用海水系に期待する事象	緊急用海水系に期待した対応を開始する時間等
a	崩壊熱除去機能喪失（取水機能が喪失した場合）	<ul style="list-style-type: none"> ・約 13 時間 ・評価上格納容器圧力 279kPa[gage]到達時に，残留熱除去系と合わせて使用することを想定している ・実質約 2.5 時間以内での機能確保が可能（代替残留熱除去系海水系の場合は約 2.5 時間以内での機能確保の成立性はない）
b	津波浸水による注水機能喪失	<ul style="list-style-type: none"> ・約 24.5 時間 ・事象発生後 24 時間の全交流動力電源喪失を仮定 ・実質的には崩壊熱除去機能喪失（取水機能が喪失した場合）と同等 ・代替残留熱除去系海水系の場合は機能確保の成立性はない
c	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）	<ul style="list-style-type: none"> ・約 0.9 時間 ・代替循環冷却系と合わせての使用を想定している（代替残留熱除去系海水系の場合は約 0.9 時間以内での機能確保の成立性はない）
d	高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱	<ul style="list-style-type: none"> ・約 1.5 時間 ・代替循環冷却系と合わせての使用を想定している（代替残留熱除去系海水系の場合は約 0.9 時間以内での機能確保の成立性はない）
e	原子炉圧力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱と同じ
f	水素燃焼	<ul style="list-style-type: none"> ・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）
g	溶融炉心・コンクリート相互作用	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱と同じ

4. まとめ

緊急用海水系（常設）の代替残留熱除去系海水系（可搬）の同等性について整理した。緊急用海水系（常設）は，設計上の考慮（設計基準事故対処設備との位置的分散）により，代替残留熱除去系海水系（可搬）と同等以上の効果を有する措置が可能である。また，有

効性評価において緊急用海水系（常設）を使用するいずれの事象についても，操作性に優れた緊急用海水系（常設）を使用する事で，事象の早期収束が可能である。

これらのことから，緊急用海水系（常設）については，代替残留熱除去系海水系（可搬）と同等以上の措置を行うための設備であると考えられる。

以上

東海第二発電所の特徴を考慮した代替の補機冷却確保手段について

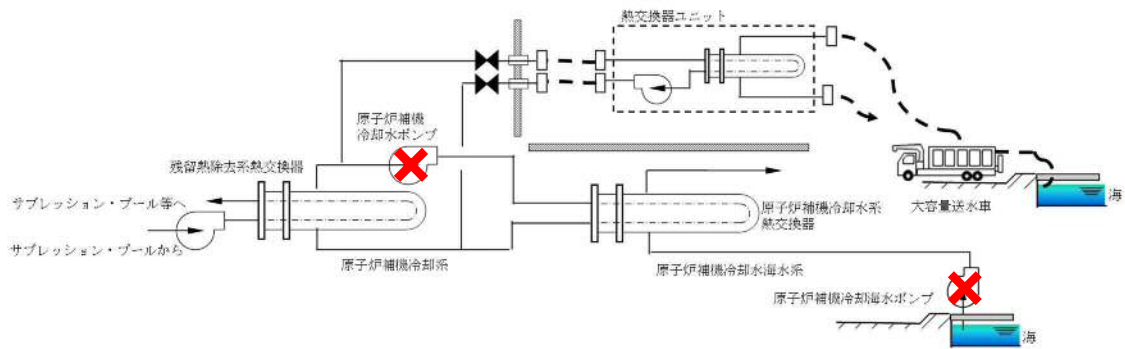
東海第二発電所の残留熱除去系等の補機冷却の基本設計は、専用の海水ポンプによる直接冷却方式を採用している。

このため、淡水系の間接ループを組み合わせた補機冷却設計を採用するプラントが、重大事故等対策として、海水供給用ポンプ車と熱交換器ユニットを組み合わせた代替の補機冷却手段を整備することに対して、東海第二発電所では、海水供給手段のみを確保する手段を整備することとしている。

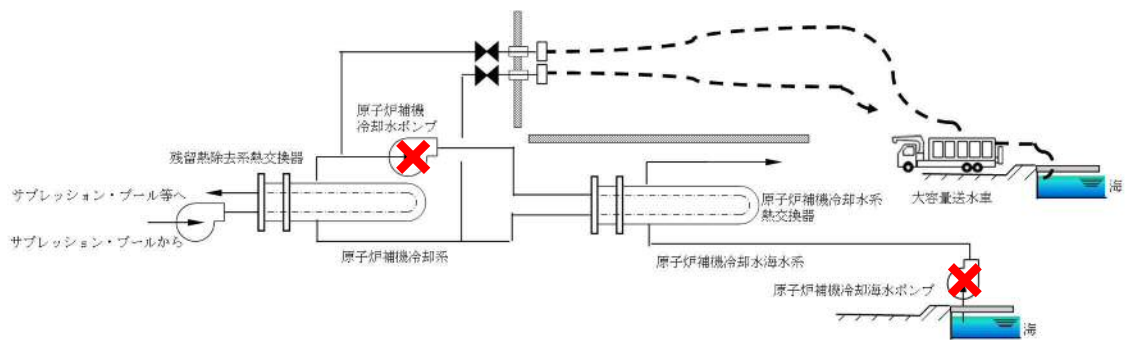
中間ループを有するプラントでは、補機冷却機能が喪失する要因として、淡水側である原子炉補機冷却水系の機能喪失又は海水側である原子炉補機冷却海水系の機能喪失の複数の系統での機能喪失要因が考えられる。中間ループの機能喪失を想定した場合、この機能を代替する手段として可搬型の熱交換器ユニットを使用する手段、または、淡水系統に直接海水を供給する手段を整備することが想定される。(第1図及び第2図参照)

一方、中間ループがない東海第二発電所では、補機冷却機能が喪失する要因として、海水系である残留熱除去系海水系の機能喪失のみとなる。このため、熱交換器ユニットのような代替手段を整備する必要はなく、代替する手段として残留熱除去系海水系とは異なる海水供給設備による海水供給手段を整備することとしている。ここで、自主対策も含めて、常設設備である緊急用海水系、可搬型設備である代替残留熱除去系海水系による対策を整備することで、補機冷却機能が喪失することに対して、多様な対策を整備しているものとする。

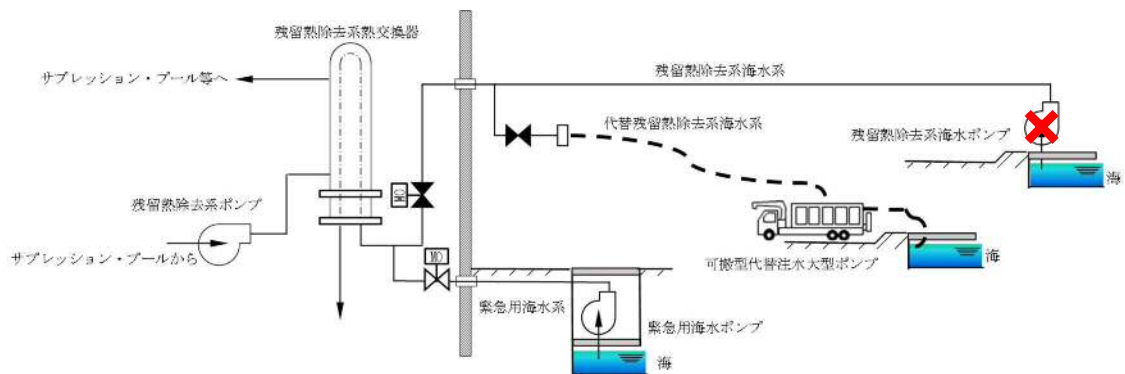
なお、フロントライン系である残留熱除去系の機能喪失時については、補機冷却系が利用可否に係わらず最終ヒートシンクへの熱の移送が行えないこととなる。この場合、代替循環冷却系による海洋への熱の移送手段、格納容器ベントによる大気への熱の移送手段の整備が、フロントライン系の故障に対する対策となる。これら対策は、補機冷却系の設計の相違に依存するものでない。



第1図 補機冷却系に中間ループを有する場合の熱交換器ユニット使用した対策例



第2図 補機冷却系に中間ループを有する場合の海水を供給する対策例



第3図 東海第二の代替の補機冷却機能確保対策