

資料2—8
2023年11月16日

高浜発電所 3 号炉及び 4 号炉

設置許可基準規則への適合性について
(重大事故等の拡大の防止等)

2023年11月

関西電力株式会社

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

<目次>

1. 概要
2. 蒸気発生器取替えに伴う重大事故等対策の有効性評価への影響について
 - 2.1 重大事故等対策の有効性評価における解析入力条件の考え方について
 - 2.2 SGRを踏まえた重大事故等対策の有効性評価における解析入力条件の設定について
 - 2.2.1 SGR後のSG設計情報について
 - 2.2.2 解析入力条件の検討について
 - 2.2.3 解析入力条件とSG関連データについて
 - 2.3 必要な資源の評価への影響

別添 1 補足説明

1. 概要

高浜発電所 3 号炉及び 4 号炉においては、蒸気発生器の取替えに伴い、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（以下「設置許可基準規則」という。）等に従い、重大事故に至るおそれがある事故及び重大事故（以下「重大事故等」という。）に対する対策の有効性を確認しており、本資料は、その有効性評価についてまとめたものである。

第三十七条 重大事故等の拡大の防止等

- 1 発電用原子炉施設は、重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合において、炉心の著しい損傷を防止するために必要な措置を講じたものでなければならない。
- 4 発電用原子炉施設は、重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合において、運転停止中における発電用原子炉内の燃料体（以下「運転停止中原子炉内燃料体」という。）の著しい損傷を防止するために必要な措置を講じたものでなければならない。

適合のための設計方針

第1項について

重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合において、想定した事故シーケンスグループに対して、炉心の著しい損傷を防止するために必要な措置を講じる設計とする。

第4項について

重大事故に至るおそれがある事故が発生した場合において、想定した運転停止中事故シーケンスグループに対して、運転停止中における原子炉内の燃料体の著しい損傷を防止するために必要な措置を講じる設計とする。

2. 蒸気発生器取替えに伴う重大事故等対策の有効性評価への影響について

2.1 重大事故等対策の有効性評価における解析入力条件の考え方について

有効性評価における解析入力条件の考え方については、許可本文に以下の記載がある。

「有効性評価における解析の条件設定については、事象進展の不確かさを考慮して、設計値等の現実的な条件を基本としつつ、原則、有効性を確認するための評価項目となるパラメータに対して余裕が小さくなるような設定とするが、標準値として評価項目となるパラメータに対し有意な影響を及ぼさないことを踏まえて条件を設定する場合もある。」

これは、解析入力条件の設定に当たっては、プラント固有の設計仕様等を踏まえて設定した値^{*1}（以下、「設計値」という）と、17×17型3ループプラントの標準的な設計仕様に基づく値（以下、「標準値」という）を踏まえて、評価項目に対して、評価結果の余裕が小さくなるように設定することを原則とすると記載している。

また、評価項目に対し、評価結果が数値上同等である場合や解析への影響が軽微と判断できる場合等、有意な影響を及ぼさない場合については、標準値を採用するケースもあると記載している。

上記の考え方に基づき、既許可において、蒸気発生器に関する解析入力条件は「反応度の誤投入^{*2}」を除き、他の事故シーケンスグループは全て標準値を採用しており、共通評価条件には、以下の記載がある。

- ・蒸気発生器伝熱管施栓率は10%を考慮する。
- ・蒸気発生器2次側保有水量は1基当たり48t（標準値）を用いる。
- ・主要機器の形状に関する条件は、以下の値を用いる。

「加圧器、蒸気発生器、1次冷却材配管及び原子炉格納容器は標準値を用いる。」

- ※1 設備の設計仕様等の現実的な条件を基本としつつ、原則、有効性評価を確認するための評価項目となるパラメータに対して余裕が小さくなるよう設定した値。
- ※2 運転停止中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故の事故シーケンスグループである反応度の誤投入については、「1次系の有効体積は、208m³とする。」と記載。なお、共通評価条件には、「初期条件（事故シーケンスグループ「反応度の誤投入」を除く）」と記載。

2.2 SGR を踏まえた重大事故等対策の有効性評価における解析入力条件の設定について

SGR 後における高浜 3 号炉及び 4 号炉の有効性評価の解析入力条件について、既許可と同じく標準値を採用することの妥当性を確認する。

解析入力条件の設定に当たっては、「2.1 重大事故等対策の有効性評価における解析入力条件の考え方について」の考え方を踏まえ、以下のように設定している。

2.2.1 SGR 後の SG 設計情報について

高浜 3 号炉及び 4 号炉の SGR 後の設計情報、重大事故等の対策に係る事故時運転操作や現場機器操作等の対応（計画段階含む）に関する情報等を収集・整理する。

2.2.2 解析入力条件の検討について

「2.2.1 SGR 後の SG 設計情報について」にて整理した SG 設計値を踏まえて個別事故シーケンス毎の解析入力条件を整備する。

解析の入力条件となるパラメータについては、メーカーが所有する 17×17 型 3 ループの標準的なプラント設計情報に基づく解析入力値のセットをベースとして活用しつつ、高浜 3 号炉及び 4 号炉の

設計情報を基に修正すべきパラメータを決定（設計値を使用）する。各パラメータの解析入力条件の設定においては、下記の考え方に基づいている。

- ① 標準値と高浜 3 号炉及び 4 号炉の設計値が同等の場合や影響が軽微、または保守的な場合には標準値を適用
- ② 標準値と高浜 3 号炉及び 4 号炉の設計値が異なる場合には、解析入力条件の違いが解析結果に有意な影響を及ぼしうる場合（事象）については、高浜 3 号炉及び 4 号炉の設計値を使用。これらの検討を踏まえて、高浜 3 号炉及び 4 号炉として、シーケンス毎に個別の解析入力条件を確定する。

標準値と SGR 後の SG 設計値の比較結果を第 2.1 表に示す。

第 2.1 表 標準値と設計値の比較結果

項目	標準値	設計値（SGR 後）
1)伝熱管本数	3044 本／基	3047 本／基
2)伝熱管外径	22.2 mm	22.2 mm
3)伝熱管厚さ	1.3 mm	1.3 mm
4)伝熱面積	$4.38 \times 10^3 \text{m}^2$	$4.55 \times 10^3 \text{m}^2$
5)伝熱管材質	TT690	TT690
6)伝熱管長さ	<input type="text"/> m	<input type="text"/> m
7)伝熱管配列（ピッチ）	32.5 mm	32.5 mm
8)伝熱管流路面積	<input type="text"/> m ²	<input type="text"/> m ²
9)主給水流量（初期）	<input type="text"/> kg/h	<input type="text"/> kg/h
10)主蒸気流量（初期）	<input type="text"/> kg/h	<input type="text"/> kg/h
11)2 次側圧力	<input type="text"/> MPa[gage]	<input type="text"/> MPa[gage]
12)蒸気発生器 2 次側水位	44%（狭域水位スパン）	44%（狭域水位スパン）
13)蒸気発生器 2 次側保有水量	48t（1 基当たり）	51t（1 基当たり）
14)循環比	4	4

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

SGR 後においては、伝熱管本数や伝熱管長さ等について、標準値と異なるため、既許可の有効性評価における解析入力条件への影響について検討する。

解析における SG の入力条件は複数存在するが、ある解析入力条件を変更すると、別の解析入力条件が影響をうけるケースもあるため、個別で解析結果への影響を評価することは困難であること、設置許可基準規則第 13 条適合性と同様の検討（※）を行うことで、解析結果への影響確認することができることが判明している。

（※ 公開文献において①伝熱性能、②1次側圧損、③1次冷却材保有水量、④SG2次側保有水量及び⑤主給水管の最小流路断面積の5項目を検討することで妥当となっている。）

そのため、解析入力条件と5項目（以下、「SG 関連データ」という）の関係を整理し、解析結果への影響を評価する。SG 関連データのうち、⑤主給水管の最小流路断面積については、有効性評価において主給水管破断事象を選定していないことから、解析入力条件に該当せず、対象外とする。

2.2.3 解析入力条件と SG 関連データについて

SG は、1次系と2次系の間で熱交換する機器であり、以下の機能を有しており、それぞれの機能を達成するために、SG は伝熱管、水室等の複数の部品で構成されている。

- ① 1次系の流路を構成する機能
- ② SG2次側の流路を構成する機能
- ③ 1次系から2次系に熱を伝達する機能

SG 関連データは上記の機能を表す設計指標となり、その関係を第 2.2 表に示す。

第 2.2 表 SG の有する機能と関連する SG 関連データ

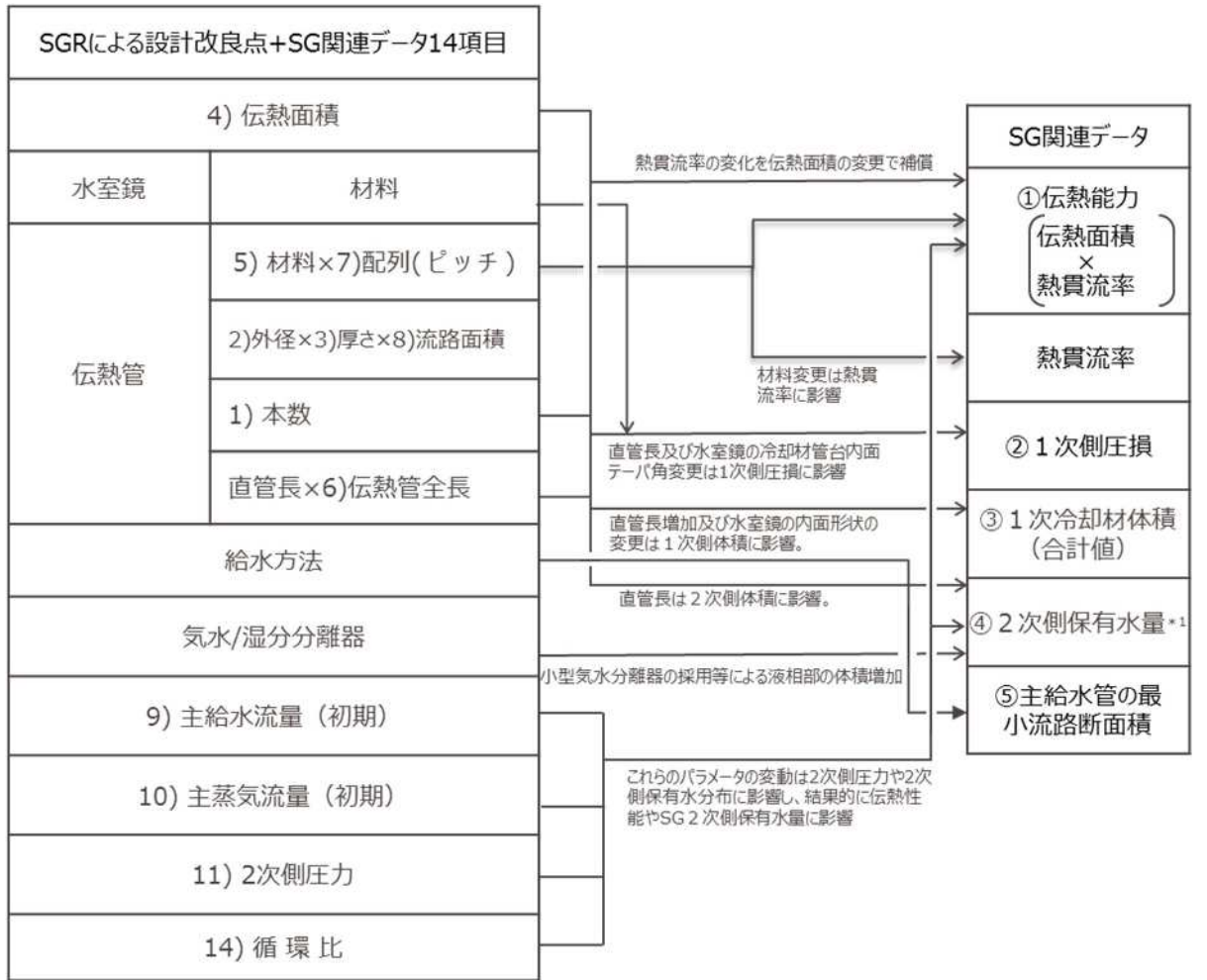
SG の機能	SG 関連データ
1 次系の流路を構成する機能	1 次側圧損 1 次冷却材保有水量
SG 2 次側の流路を構成する機能	2 次側保有水量
1 次系から 2 次系に熱を伝達する機能	伝熱性能

次に、SG 関連データと解析入力条件の関係について整理する。SG の各機能を達成するために SG を構成する部位は、SG 関連データに影響を与える因子となることから、解析の入力条件に該当する。

SG を構成する部位のうち、伝熱管は全ての機能に関連する部位であることから、主要部位であり、解析入力条件にその形状（諸元）を示す。

また、SG 器内の流体は、2 次冷却材を蒸散させることで、1 次系の熱を除去しており、蒸発した水を補給することで、1、2 次系のヒートバランス、2 次側のマスバランスを維持している。すなわち、SG 器内の流体の状態量は、伝熱性能及び 2 次側保有水量に影響を与えることとなることから、SG 器内の状態量を表す項目についても、解析における主要な入力条件に該当する。

上記の通り、SG の有する機能を基に、主たる解析の入力条件と SG 関連データは関連付けることが可能であり、それらの関係を第 2.1 図に示す。この関係により、13 条の適合性確認と同様に、SGR による SG の設計変更の有効性評価への影響確認については、SG 関連データへの影響を検討することで可能である。



*1: 14項目のうち、「12) SG 2次側水位(狭域水位スパン)」、「13) SG 2次側保有水量」と同義

第 2.1 図 SG 設備仕様と SG 関連データの関係

本申請の SGR による有効性評価の SG 関連データへの影響を第 2.3 表に示す。

第 2.3 表 SGR による有効性評価の SG 関連データへの影響

SG 関連データ	既許可 標準値 (52F 型)	取替後 設計値 (54F II 型)
伝熱性能 (Wt/°C) 注 1 注 2	□	□
SG 1 次側圧力損失 (MPa) 注 1 注 3	□	□
1 次冷却材保有水量 (m ³) 注 1	264	264
SG 2 次側保有水量 (ton)	48	51

注 1：SG 施栓率 10%の値を記載している。

注 2：51F 型と 52F 型及び 54F II 型では伝熱管材料が異なるものの、伝熱性能が変わらない設計としている。

注 3：51F 型、52F 型及び 54F II 型の SG 1 次側圧力損失に影響を及ぼす設計の違いとして、管台内面のテーパ角、伝熱管本数及び直管長があるものの、いずれも 1 次側圧力損失への影響は小さく、SG 1 次側圧力損失は約 0.24MPa で同等である。

SGR 後の SG 関連データでは、SG2 次側保有水量を除く、他の SG 関連データは標準値と同等の値となっており、これらは有効性評価へ影響を与えない。

SG 2 次側保有水量が有効性評価に与える影響について検討した結果を第 2.4 表に示す。SG2 次側保有水量は標準値の方が保守側または影響が小さいことから、標準値を採用することとする。

検討結果、SGR に伴い解析入力条件を変更する必要はないため、有効性評価の解析入力条件への影響はない。

第 2.5 表に解析入力条件となる SG 一般データの検討結果を示す。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

第 2.4 表 SG2 次側保有水量の及ぼす影響について (1/2)

事象	影響
2 次冷却系からの除熱機能喪失	2 次側保有水量の増加は 2 次側除熱能力の向上につながるが、1 次冷却材温度及び圧力の上昇が緩やかとなることから、フィードアラウンド時における加圧器逃がし弁からの放出量が減少し、炉心注水量が増加する。このため、1 次系保有水量の低下が抑制されることで、判断基準は大きくなる。
全交流動力電源喪失 (RCP シール LOCA が発生する場合)	2 次側保有水量の増加は 2 次側除熱能力の向上につながるが、1 次冷却材温度及び圧力の低下を早め、1 次系保有水量の低下が抑制されることで、判断基準は大きくなる。
全交流動力電源喪失 (RCP シール LOCA が発生しない場合)	同上
原子炉格納容器の除熱機能喪失	2 次側保有水量の増加は 2 次側除熱能力の向上につながるが、1 次系の減温、減圧効果が大さくなり、原子炉格納容器内へ放出されるエネルギーが小さくなることで、原子炉格納容器圧力及び温度の向上が抑制される。このため、判断基準は大きくなる。
原子炉停止機能喪失	2 次側保有水量の増加は 2 次系除熱の効果が長くなり、1 次冷却材圧力の上昇が抑制されることから、判断基準に対する余裕は大きくなる。
ECCS 注水機能喪失	2 次側保有水量の増加は 2 次側除熱能力の向上につながるが、1 次冷却材温度及び圧力の低下を早め、1 次系からの漏えい流量が少なくなるとともに、蓄圧注入、低圧注入の開始が早くなる。このため、1 次系保有水量の低下が抑制され、判断基準に対する余裕は大きくなる。
ECCS 再循環機能喪失	本評価事故シナリオは大破断 LOCA を想定していること、及び再循環切替以降の崩壊熱レベルが低下した時期が対象であり、2 次系からの冷却効果はわずかであることから、与える影響は小さい。
インターフェースシステム LOCA	2 次側保有水量の増加は 2 次側除熱能力の向上につながるが、判断基準に対する余裕は大きくなる。
SGTR+破損 SG 隔離失敗	2 次側保有水量の増加は 2 次側除熱能力の向上につながるが、判断基準に対する余裕は大きくなる。

第 2.4 表 SG2 次側保有水量の及ばず影響について (2/2)

事象		影響
重大事故	格納容器過圧破損	本評価事故シナシケンスは大破断 L O C A を想定しており、早期に 1 次冷却材保有水量が減少するため、2 次系からの冷却効果はかわずかであることから、与える影響は小さい。
	格納容器過温破損	2 次側保有水量の増加に伴う 2 次側除熱能力向上により、原子炉格納容器への放出エネルギーが小さくなり、原子炉格納容器圧力及び温度上昇が緩和されることから、判断基準に対する余裕は大きくなる。
	高压溶融物放出 / 格納容器雰囲気直接加熱	2 次側保有水量の増加に伴う 2 次側除熱能力向上により事象進展が遅くなる。したがって、原子炉容器破損時点の 1 次冷却材圧力は低くなることから、判断基準に対する余裕は大きくなる。
	原子炉圧力容器外の溶融燃料 - 冷却材相互作用	本評価事故シナシケンスは大破断 L O C A を想定しており、早期に 1 次冷却材保有水量が減少するため、2 次系からの冷却効果はかわずかであることから、与える影響は小さい。
	水素燃焼	
溶融炉心・コンクリート相互作用		
使用済燃料ピットにおける重大事故	想定事故 1	SG は関係しないため、影響は与えない。
	想定事故 2	
運転停止中の原子炉における重大事故	崩壊熱除去機能喪失	SG 2 次側を解析入力条件に設定しないため、影響は与えない。
	全交流動力電源喪失	
	原子炉冷却材の流出	
	反応度の誤投入	

第 2.5 表 SG 一般データの検討結果

項目	解析入力条件	解析上の取り扱い
1)伝熱管本数	3044 本／基	標準値
2)伝熱管外径	22.2 mm	標準値（＝設計値）※
3)伝熱管厚さ	1.3 mm	標準値（＝設計値）※
4)伝熱面積	$4.38 \times 10^3 \text{m}^2$	標準値
5)伝熱管材質	TT690	標準値（＝設計値）※
6)伝熱管長さ	<input type="text"/> m	標準値
7)伝熱管配列（ピッチ）	32.5 mm	標準値（＝設計値）※
8)伝熱管流路面積	<input type="text"/> m ²	標準値（＝設計値）※
9)主給水流量（初期）	<input type="text"/> kg/h	標準値
10)主蒸気流量（初期）	<input type="text"/> kg/h	標準値
11)2 次側圧力	<input type="text"/> MPa[gage]	102%出力時＋定常誤差考慮
12)蒸気発生器 2 次側水位	44%（狭域水位スパン）	標準値（＝設計値）※
13)蒸気発生器 2 次側保有水量	48t（1 基当たり）	標準値
14)循環比	4	標準値（＝設計値）※

※標準値と設計値が同等である。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

なお、有効性評価のうち「反応度の誤投入」事象については、重要事故シーケンスが「原子炉起動時に、化学体積制御系の弁の誤作動等により原子炉へ純水が流入する事故」であり、運転時の異常な過渡変化の「原子炉冷却材中のほう素の異常な希釈」事象と同じ評価となる。そのため、既許可においては、標準値ではなく個別プラントの設計値を用いた「原子炉冷却材中のほう素の異常な希釈」事象と同じ結果を記載している。

したがって、本申請において「原子炉冷却材中のほう素の異常な希釈」事象を変更申請対象としていることを踏まえ、「反応度の誤投入」事象も合わせて変更を行っている。評価結果を第 2.6 表に示すが、警報発信から臨界までの時間は SGR 前後で変わりはなく、結果として影響はない。

第 2.6 表 評価結果

	取替前	取替後	判断基準
「中性子源領域 炉停止時中性子束高」 警報発信	事象発生の 約 51 分後	事象発生の 約 53 分後	—
臨界到達	警報発信の 約 12 分後	警報発信の 約 12 分後	$\geq 10 \text{ 分} + 25 \text{ 秒}$

2.3 必要な資源の評価への影響

既許可の有効性評価における資源評価については、資源評価に影響する設備仕様がプラント毎で異なるため、その差異が評価に有意な影響を与えうることから、個別プラントの設計値を用いて評価している。

今回の SGR においては、SGR に伴う設備仕様の変更による資源評価への影響を、個別プラントの設計値を用いて確認した

(1) 水源への影響

SGR に伴う SG2 次側体積の増加により、1 次冷却材系統を出力運転状態から冷却維持状態まで冷却するために必要な補給水量（崩壊熱除去以外に必要な補給水量）が増加するため、復水タンクを水源とする蒸気発生器への注水による 2 次冷却系冷却を行う場合の復水タンク枯渇までの時間が短くなる。今回の SGR による復水タンク枯渇時間への影響を第 2.7 表に示す。

復水タンクを水源とする蒸気発生器への注水による 2 次冷却系冷却を行う事故シーケンスグループは、「全交流動力電源喪失」、「原子炉補機冷却機能喪失」、「原子炉停止機能喪失」及び「格納容器バイパス」であるが、いずれの事故シーケンスグループにおいても、復水タンクが枯渇する前に復水タンクへの補給を行うことができるため、有効性評価への影響はない。第 2.2 図にタイムチャートの一例を示す。

第 2.2 図に示す通り、送水車による復水タンクへの補給は約 7.5 時間後から可能であり、復水タンク枯渇時間の約 11.7 時間に対して、その裕度は約 4 時間である。

今回 SGR により復水タンクの枯渇時間が早くなるものの、SGR 前と同様に復水タンクが枯渇する前に復水タンクへの補給を行うことができるため、水源への影響はない。

復水タンク枯渇時間の詳細評価については、添付資料 1 に示す。

第 2.7 表 蒸気発生器取替え後の復水タンク枯渇時間について

	3 号及び 4 号炉	
	取替え前	取替え後
復水タンク枯渇時間(時間)	約 12.5	約 11.7

(2) 燃料への影響

復水タンクへ補給するための送水車については、送水車を用いた復水タンクへの補給が可能となった時間からの運転、あるいは復水タンクの枯渇する時間からの運転を想定して、燃料消費量の評価を行っている。

SGRにより、送水車を用いた重大事故等の対応手順に変更はなく、送水車を用いた復水タンクへの補給が可能となった時間に変更がないことから、消費する燃料の評価に影響はない。

一方、復水タンクの枯渇する時間からの送水車の運転を想定した評価においては、SGRにより復水タンクの枯渇時間が早くなることから、送水車の運転時間が長くなり、結果として消費する燃料が増える。この燃料消費量の増加が評価に与える影響を第2.8表に示す。第2.8表に示す通り、SGRにより燃料消費量は約0.1kl増加した約459.4klとなるが、高浜発電所構内にある燃料油貯油そうの合計油量466klに対して、その裕度は約6.6klである。

今回SGRにより燃料消費量は増加するものの、SGR前と同様に燃料油貯油そうの合計油量を下回るため、燃料への影響はない。

第2.8表 蒸気発生器取替え後の燃料消費量及び保有油量について

	3号及び4号炉	
	取替え前	取替え後
燃料消費量(kl)	約 459.3	約 459.4
燃料油貯油そうの合計油量(kl)	466	

必要な要員と作業項目		経過時間(時間)	経過時間(時間)	備考
手順の項目	要員 (作業に必要な要員数) 【 】は他作業後移動してきた要員	手順の内容	約2日 使用済燃料ピット への注水開始	
蒸気発生器への注水準備	3 3 [2] [2]	●蒸気発生器への注水準備(送水車) (現地操作)	約11.7時間 蒸気発生器への注水開始(海水)	使用済燃料ピットへの注水開始は、蒸気発生器への注水準備完了後である。
大容量ポンプ準備	[0] [0] [1] [1] [0] [2] [2] [2] [2] [2] [0] [0]	●ディスタンスピース取り替え(海水系統～原子炉補機冷却水系統) (現地操作) ●海水系統及び精製器側循環ユニット通水ライン準備 (中央制御室操作) ●海水系統及び精製器側循環ユニット通水ライン準備 (現地操作) ●大容量ポンプ配管 [2] [2] ●大容量ポンプ通水ライン準備及びホース接続等 [2] [2] ●大容量ポンプ起動及び通水 (現地操作) ●使用済燃料ピット注水準備(ホース敷設) (現地操作)	1.5時間 1.5時間 2.5時間 2.5時間 1.0時間 3.0時間 0.5時間 1.7時間	使用済燃料ピットへの注水準備は、必要に応じて蒸気発生器への注水準備完了後に行われる。また、使用済燃料ピットへの注水準備は、必要に応じて実施する。
使用済燃料ピット注水準備	緊急安全対策要員 P、G 緊急安全対策要員 H、L、M、N 召業要員 緊急安全対策要員 F、G、H 召業要員	●配管式非常用発電機給油作業 (現地操作)	約2.3時間	使用済燃料ピットへの注水準備は、必要に応じて実施する。
各機器への給油作業	緊急安全対策要員 Q 緊急安全対策要員 J	●海水系統給油作業&大容量ポンプ給油作業 (現地操作)	約2.3時間	大容量ポンプによる精製器側内自給対蒸気発生器は、必要に応じて実施する。
予備海水ポンプモータ取替	-	●予備品海水ポンプモータの取り替え等 (現地操作)	約2.3時間	

第 2.2 図 「全交流動力電源喪失」の作業と所要時間
(外部電源喪失 + 非常用所内交流電源喪失 + 原子炉補機冷却機能喪失)

蒸気発生器取替え後の復水タンク枯渇時間について

復水タンク枯渇時間の評価に用いる条件を以下に示す。

(1) 想定する重大事故シーケンス：

【全交流動力電源喪失＋原子炉補機冷却機能喪失＋RCP シール LOCA】、

【全交流動力電源喪失＋原子炉補機冷却機能喪失＋RCP シール LOCA が発生しない場合】

(2) 給水温度：40℃

(3) 復水タンク枯渇時間評価に用いる、復水タンク水量、および蒸気発生器 2 次冷却系冷却において必要な補給水量：第 1 表の通り。なお、参考として蒸気発生器取替前の水量も同表に示す。

第 1 表 復水タンク枯渇時間の評価に用いる水量

		3号及び4号炉	
		取替え前	取替え後
復水タンク水量 V_1 ※1[m ³]		646	
崩壊熱除去以外に必要な補給水量 V_2 ※2 [m ³] (①～③の合計)		185.5	209.2
内 訳	① 出力運転状態から高温停止状態までの顕熱除去に必要な補給水量※3 [m ³]	-15.7	-24.5
	② 高温停止状態から冷却維持温度(150℃)までの顕熱除去に必要な補給水量[m ³]	149.6	159.2
	③ 蒸気発生器水位回復に必要な補給水量[m ³]	51.6	74.5
崩壊熱除去に使用可能な補給水量 V_3 [m ³] ($V_1 - V_2$)		460.5	436.8

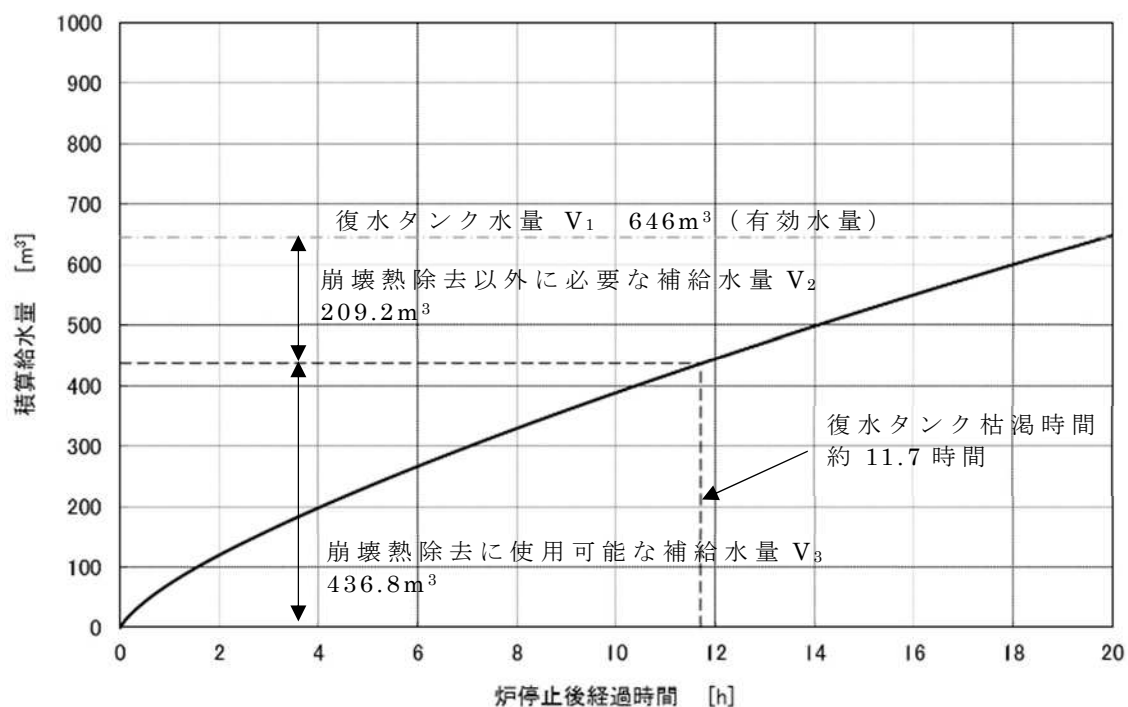
※1 復水タンクの水位低警報値までの有効水量としている。

※2 崩壊熱除去以外に必要な補給水量とは、1次冷却材システムを出力運転状態から冷却維持状態まで冷却するために必要な補給水量を表しており、具体的には①～③を考慮している。

※3 出力運転状態から高温停止状態の間において、蒸気発生器内で蓄熱できる熱量を補給水量に換算した値。

崩壊熱除去に使用可能な補給水量 V_3 は、復水タンクの有効水量 V_1 (646m^3) から、崩壊熱除去以外に必要な補給水量 V_2 (209.2m^3) を引いた値から求められ 436.8m^3 となる。なお、蒸気発生器取替えでは、蒸気発生器 2 次側体積の増加に伴い、崩壊熱除去以外に必要な補給水量 V_2 が増加することから、崩壊熱除去に使用可能な補給水量 V_3 が減少している。

復水タンクの枯渇時間の評価方法については既許可と同様、第 1 図に示す「2 次冷却系冷却による崩壊熱除去に必要な補給水の積算量曲線」を用いて求められる。具体的には、積算量曲線において、積算量が崩壊熱除去に使用可能な補給水量 V_3 に到達する時間を枯渇時間としており、蒸気発生後取替後においては約 11.7 時間となる。



第 1 図 2 次冷却系冷却による崩壊熱除去に必要な補給水の積算量曲線

補足説明

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

< 目 次 >

1. 1次冷却材有効体積について

1. 1次冷却材有効体積について

1次冷却系は高温状態であることから、評価においては通常、熱膨張を考慮している。一方で、「反応度の誤投入」においては、ほう酸水の流入・流出に関する方程式で1次系全体としてのほう素濃度変化を評価する手法を用いており、1次系体積変化が結果に直接的に影響することを踏まえ、評価に使用する体積としては保守的に熱膨張を考慮せず、かつ、加圧器保有水等を除いた有効体積を使用するようにしている。

今回のSGR前後での1次冷却材保有水量及び1次冷却材有効体積を表1に示す。また、1次冷却材保有水量及び1次冷却材有効体積それぞれの算出過程を表2に示す。

表2に示す通り、1次冷却材の状態が常温から全出力運転状態まで変化した場合の熱膨張（3%熱膨張^{*}）の考慮の有無、及び算出過程での丸め誤差により、1次冷却材保有水量はSGR前後で8m³の差であるのに対し、1次冷却材有効体積についてはSGR前後で7m³の差となっているものである。

※1次冷却系を構成する金属材料の熱膨張及び内圧上昇等による1次冷却材体積の増加を考慮している。

表1 SGR前後の1次冷却材保有水量及び1次冷却材有効体積

SG 関連データ	取替前 設計値 (51F型)	取替後 設計値 (54FⅡ型)
1次冷却材保有水量(m ³)	256	264
1次冷却材有効体積(m ³)	208	215

表 2 1次冷却材保有水量と1次冷却材有効体積の差の説明

SG 関連データ	SGR 前 (51F)		SGR 後 (54FII)		SGR 前後の差分
	SG 入口/出口 水室体積 (3基合計)	SG 伝熱管体積 (SG 施栓率 10%) (3基合計)	合計(a)	合計(b)	
有効体積 (低温時)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	合計(a) <input type="text"/>	合計(b) <input type="text"/>	(b) - (a) 7m ³
	<input type="text"/>	<input type="text"/>			
保有水量 (高温時)**	<input type="text"/>	<input type="text"/>	合計(a) <input type="text"/>	合計(b) <input type="text"/>	(b) - (a) 8m ³
	<input type="text"/>	<input type="text"/>			

※低温時の体積に高温時の熱膨張(3%熱膨張)及び算出過程の丸め誤差を含む値

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。