

関西電力(株)美浜発電所3号炉の 運転期間延長認可の概要

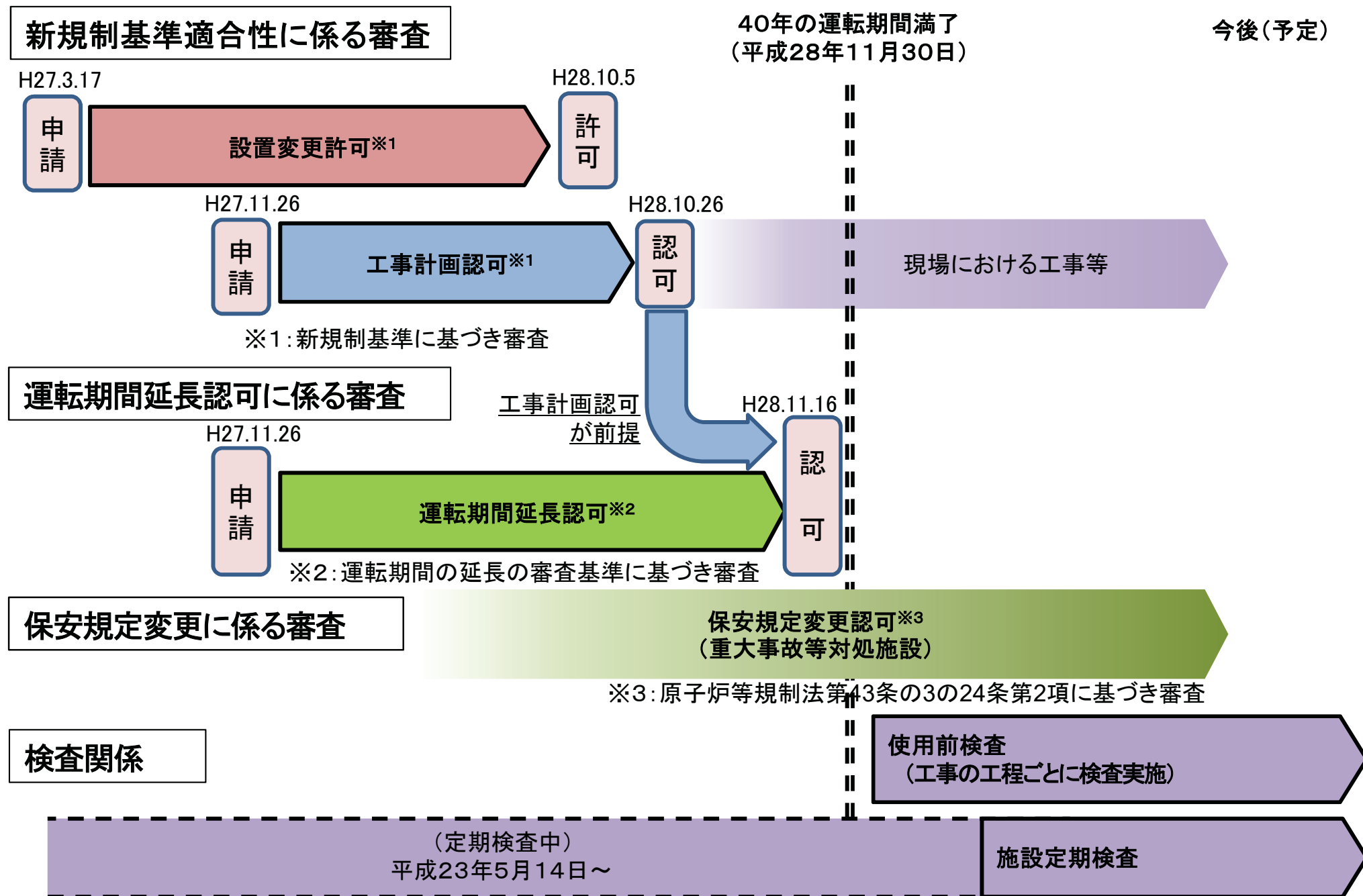
平成29年2月13日



※一部写真等については、原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合資料から抜粋

美浜3号炉における審査、検査の流れ

～新規制基準適合性に係る審査及び運転期間延長審査の関係～



申請の概要

- ・美浜3号炉の運転期間延長認可申請は、平成27年11月26日に提出され、その後4回の補正を受け、平成28年11月16日に原子力規制委員会認可
- ・延長する期間は、2036年11月30日まで(60年を経過する日まで)

	美浜3号炉
運転開始日	1976年12月1日
40年経過する日	2016年11月30日
延長する期間	20年
60年経過する日	2036年11月30日
運転期間延長認可の申請日 (高経年化に係る保安規定変更も同日)	申請 平成27年11月26日 第1回補正 平成28年 3月10日 第2回補正 平成28年 5月31日 第3回補正 平成28年 8月26日 第4回補正 平成28年10月28日

審査の経緯

- 運転延長審査は、原子力規制委員が参加する審査会合を5回実施し、主要な議論を行うとともに、原子力規制庁によるヒアリングを45回実施
- 美浜発電所において、原子力規制委員による現地調査を実施した他、原子力規制庁による現地確認を2回実施し、特別点検や保守管理の実施状況を確認

(参考) 審査会合における主な議題

回数	日付	議題
1	平成27年12月10日(第305回)	全体概要
2	平成28年 3月15日(第340回)	特別点検
3	平成28年 7月26日(第385回)	劣化状況評価(低サイクル疲労、中性子照射脆化、照射誘起型応力腐食割れ、2相ステンレス鋼の熱時効、電気・計装設備の絶縁低下、コンクリート構造物)
4	平成28年 9月20日(第403回)	劣化状況評価(耐震・耐津波安全性評価)
5	平成28年10月27日(第411回)	補正内容



現地調査・確認の状況

主な審査内容

1. 工事計画認可について

3号炉の工事の計画について、現時点で適用される実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則に適合するものとして認可がなされ、工事の計画が確定していることを確認

2. 特別点検について(P7～10)

原子炉容器の炉心領域部全ての母材及び溶接部の超音波探傷試験、原子炉格納容器の腐食状況の目視試験、コンクリート構造物の圧縮強度試験等、「実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に係る運用ガイド」で定める特別点検が適切に行われていることを確認。また、品質保証計画等に基づき、点検計画及び要領書の策定、要員の力量の確認、測定機器の管理等が行われていることを確認

3. 劣化状況評価について(P11～19)

低サイクル疲労、中性子照射脆化、照射誘起型応力腐食割れ、2相ステンレス鋼の熱時効、電気・計装設備の絶縁低下、コンクリート構造物の強度低下等の劣化事象について、特別点検の結果を踏まえた技術評価が行われ、延長しようとする期間において「実用発電用原子炉の運転の期間の延長の審査基準」(以下「審査基準」という。)の要求事項に適合することにより、延長しようとする期間において審査基準の要求事項に適合することを確認

4. 耐震・耐津波安全性評価について(P20～21)

耐震安全性評価として、耐震安全上着目すべき経年劣化事象を考慮した上で評価が行われ、延長しようとする期間において審査基準の要求事項に適合することにより、延長しようとする期間において審査基準の要求事項に適合することを確認。また、耐津波安全性評価として、耐津波安全上着目すべき経年劣化事象を考慮した上で、構造強度及び止水性に影響がある機器・構造物を抽出した結果、評価対象機器は抽出されなかったことを確認

5. 保守管理に関する方針について(P22)

美浜発電所原子炉施設保安規定に定める長期保守管理方針は、劣化状況評価等の結果において、保守管理に関する方針を定めるとした項目が抽出されていることを確認

審査結果

運転延長認可申請について、審査の結果、本申請が原子炉等規制法第43条の3の32第5項に規定する基準である実用炉規則第114条に適合しているものと認める。また、保安規定変更認可申請について、審査の結果、本申請が原子炉等規制法第43条の3の24第2項の規定する「核燃料物質若しくは核燃料物質によって汚染された物又は発電用原子炉による災害の防止上十分でないと認めるとき」には該当しないと認める。

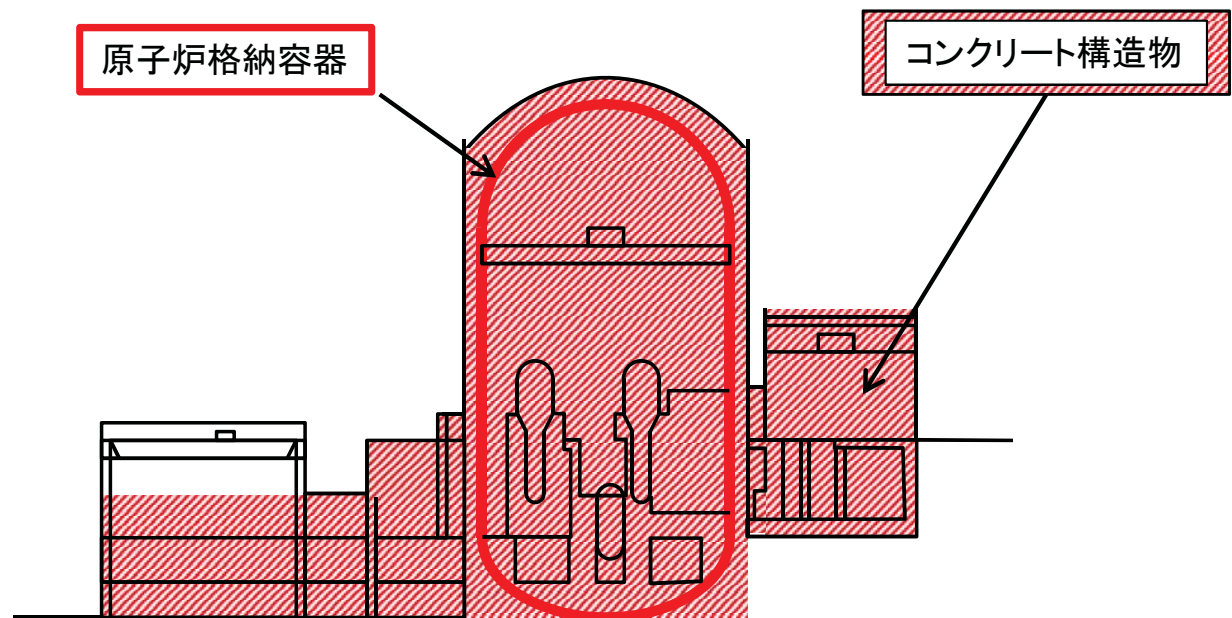
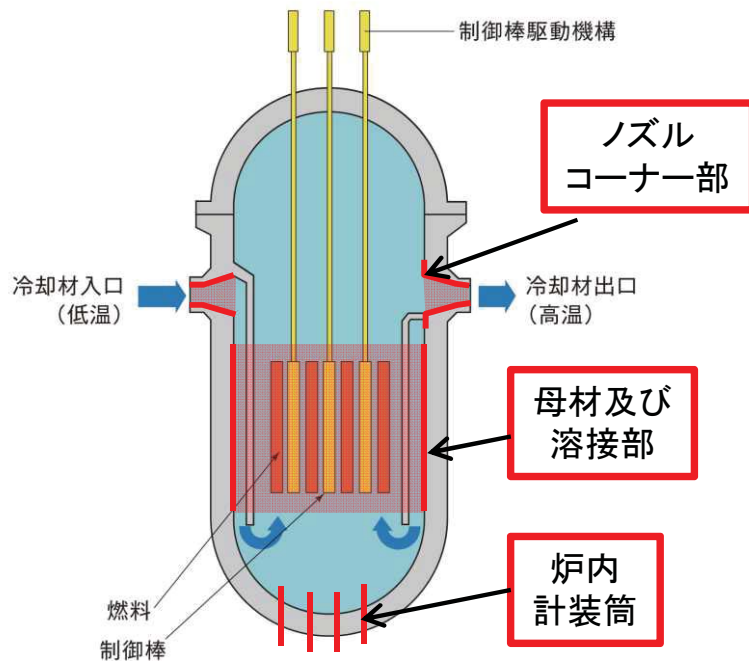
※審査書全文は原子力規制委員会ホームページに掲載しています

「運転期間延長認可 審査結果」 <http://www.nsr.go.jp/disclosure/law/PWR/00000384.html>

「高経年化技術評価に係る保安規定変更認可 審査結果」 <http://www.nsr.go.jp/disclosure/law/PWR/00000383.html>

特別点検の要求事項

これまでの運転に伴う劣化の状況の把握のため、通常の点検・検査に追加して、広範囲かつ詳細な点検を要求



原子炉容器

- 母材及び溶接部
(炉心領域の100%)
 - ・劣化事象: 中性子照射脆化
 - ・点検方法: 超音波探傷試験
- 一次冷却材ノズルコーナー部
 - ・劣化事象: 疲労
 - ・点検方法: 浸透探傷試験
渦流探傷試験
- 炉内計装筒(全数)
 - ・劣化事象: 応力腐食割れ
 - ・点検方法: 目視確認
渦流探傷試験

原子炉格納容器

- 原子炉格納容器鋼板
(接近できる点検可能範囲の全て)
 - ・劣化事象: 腐食
 - ・点検方法: 目視試験

コンクリート構造物

- コンクリート
 - ・劣化事象: 強度低下
遮蔽能力低下
 - ・点検方法: コアサンプルによる
強度、遮蔽能力、
中性化、塩分浸透、
アルカリ骨材反応

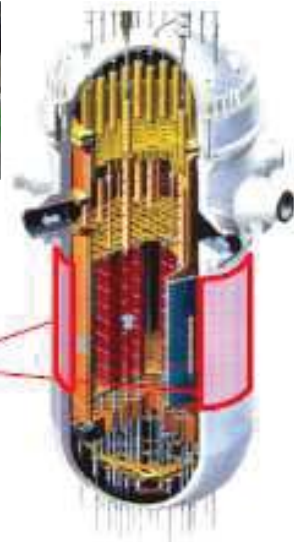
特別点検「原子炉容器」

<点検方法>

母材及び溶接部 (炉心領域の100%)

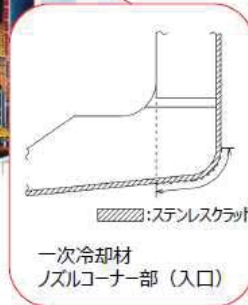
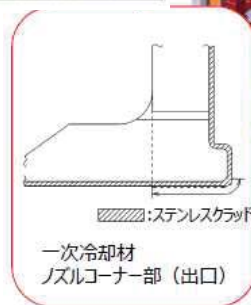


炉心領域100%
(溶接部・母材)



- ・中性子照射脆化に着目
- ・超音波探傷試験による欠陥の有無の確認

一次冷却材ノズルコーナー部 (クラッドの状態を確認)

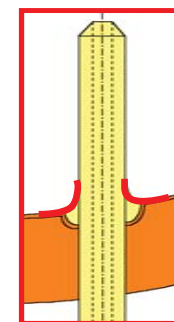


- ・疲労に着目
- ・渦流探傷試験による欠陥の有無の確認

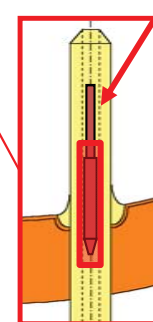
炉内計装筒 (全数)



ECTプローブ



溶接部VT検査



管内面ECT検査

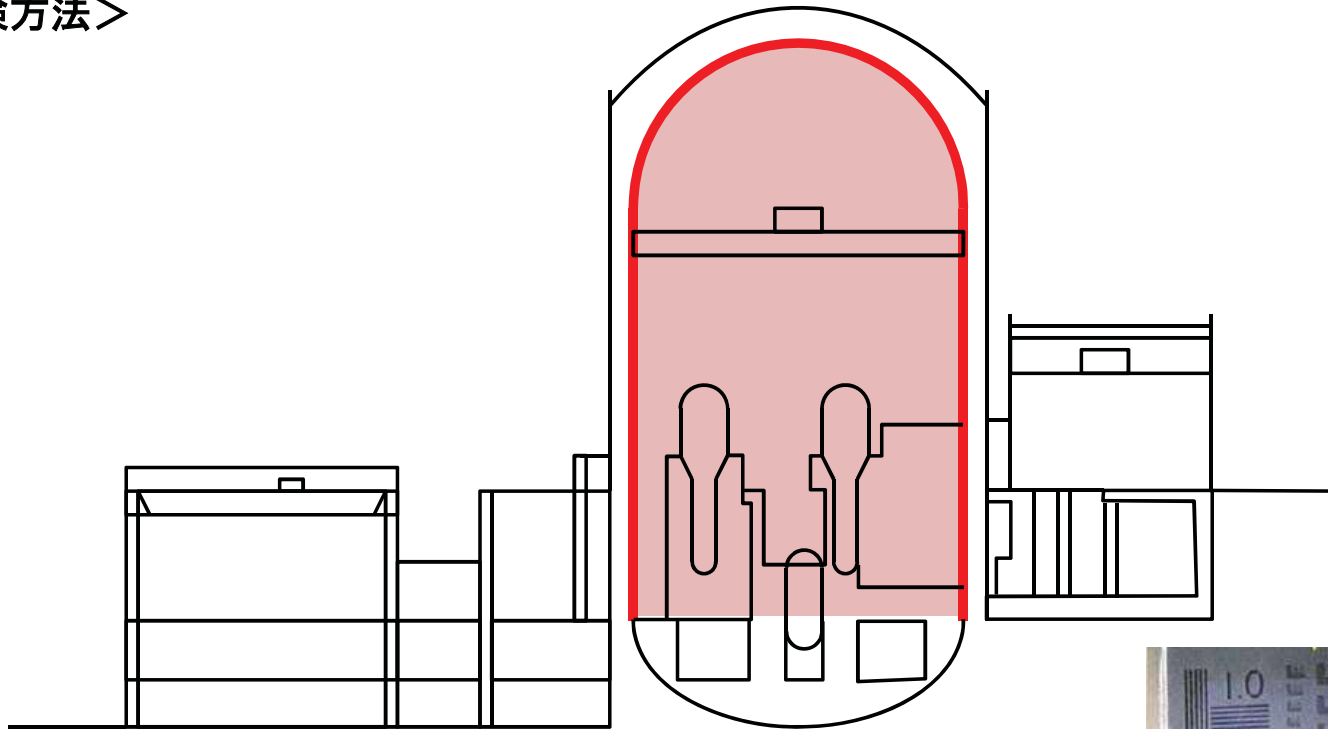
- ・応力腐食割れに着目
- ・目視試験及び渦流探傷試験による欠陥の有無の確認

<主な確認結果>

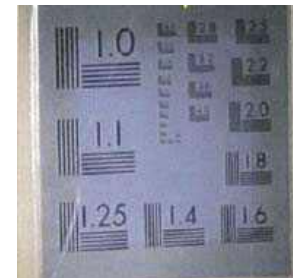
- 対象部位、着目する劣化事象、点検方法に基づき適切に行われていること
- 保安規定の品質保証計画等に基づき、点検計画及び要領書の策定、要員の力量の確認、測定機器の管理等が行われていること
- 点検の結果、有意な欠陥は認められなかったこと

特別点検「原子炉格納容器」

＜点検方法＞



- ・腐食に着目
- ・目視試験による塗膜状態の確認



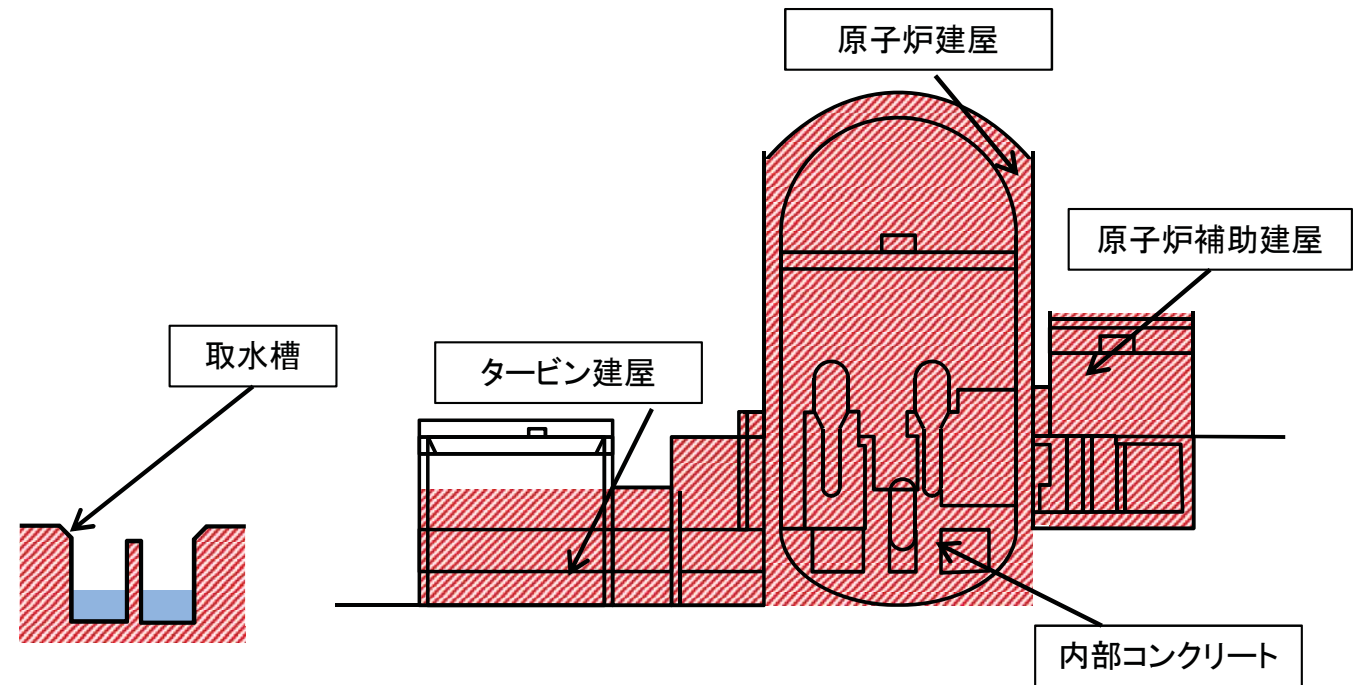
＜主な確認結果＞

- 対象部位、着目する劣化事象、点検方法に基づき適切に行われていること
- 保安規定の品質保証計画等に基づき、点検計画及び要領書の策定、要員の力量の確認、測定機器の管理等が行われていること
- 点検の結果、有意な塗膜の劣化や腐食は認められなかったこと

特別点検「コンクリート構造物」

＜点検方法＞

- ・強度低下及び遮蔽能力低下に着目
- ・採取したコアサンプルによる強度、中性化深さ、塩分浸透、遮蔽能力、アルカリ骨材反応の確認



強度



中性化深さ



塩分浸透



遮蔽能力



アルカリ骨材反応



＜主な確認結果＞

- 対象部位、着目する劣化事象、点検方法に基づき適切に行われていること
- 保安規定の品質保証計画等に基づき、点検計画及び要領書の策定、要員の力量の確認、測定機器の管理等が行われていること
- 点検の結果、得られた測定値等は、劣化状況評価で使用していること

劣化状況評価の評価対象事象、評価事項

③照射誘起型応力腐食割れ
中性子の照射により、応力腐食割れの感受性が高くなり、ひび割れが発生する事象

⑤電気・計装設備の絶縁低下
電気・計装設備に使用されている絶縁物が環境要因等で劣化し、電気抵抗が低下する事象

⑦耐震・耐津波安全性評価

耐震設計において、必要な構造・強度に影響する劣化事象を考慮した評価

津波を受ける浸水防護施設の経年劣化事象を考慮した評価

⑥コンクリート構造物の強度低下

コンクリートの強度が、熱、放射線照射等により低下する事象。また、放射線の遮へい能力が熱により低下する事象

②原子炉容器の中性子照射脆化
長期間にわたり原子炉容器に中性子が照射されることにより、その靱性が徐々に低下(脆化)する事象

①低サイクル疲労

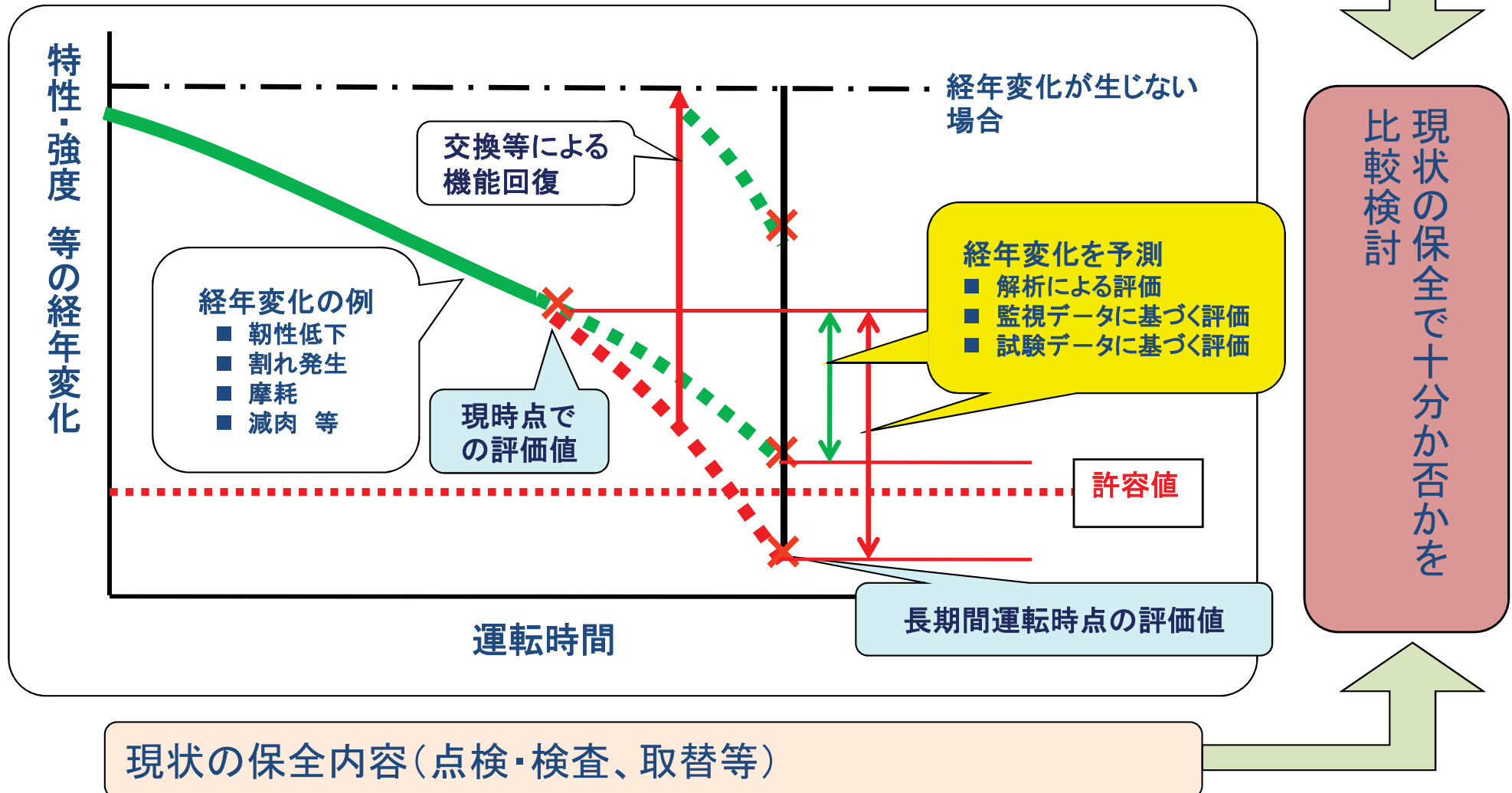
温度・圧力の変化によって、大きな繰返し応力がかかる部位に割れが発生する事象

④2相ステンレス鋼の熱時効
ステンレス鋳鋼が高温での長期使用に伴い、靱性の低下を起こす事象

劣化状況評価の考え方

プラントの運転開始から延長しようとする期間において、機器・構造物の健全性評価を行うとともに、現状の保全内容が十分かどうか確認し、追加すべき保全策の必要性を検討する。

60年の使用期間を仮定した健全性評価

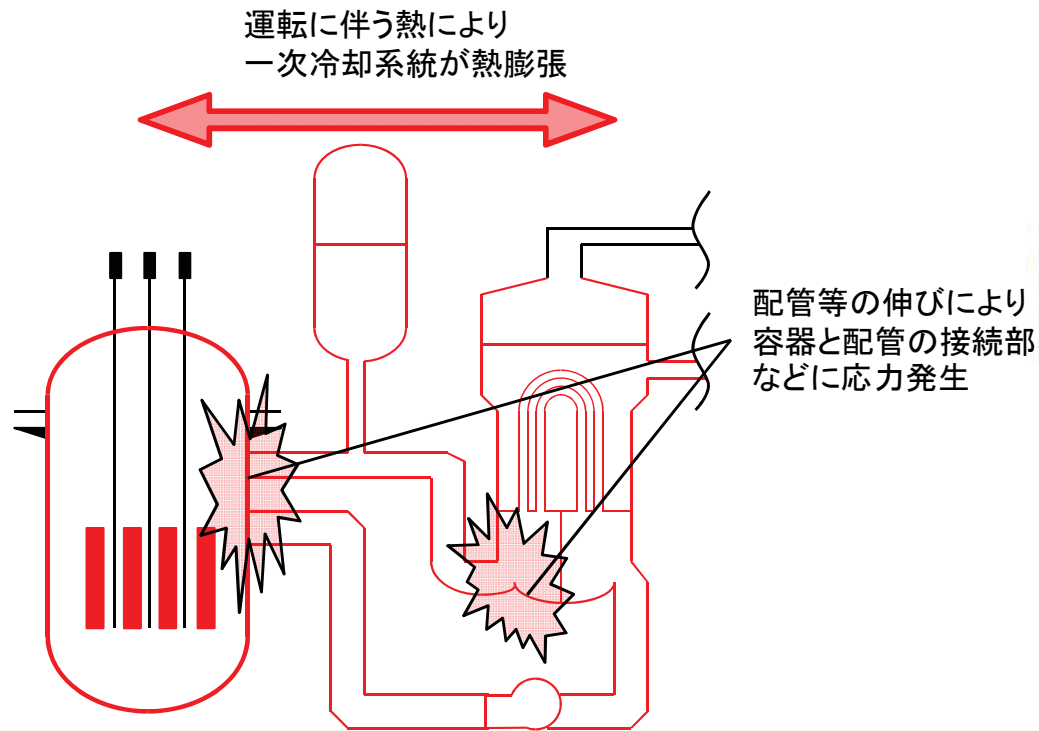


劣化状況評価 ①「低サイクル疲労」

1次系の配管等は運転－停止に伴う加熱－冷却の熱サイクルにより繰り返し応力を受ける
容器と配管の接続部等、応力集中の大きい部位で、加熱－冷却の繰り返しによる疲労割れが発生する可能性がある

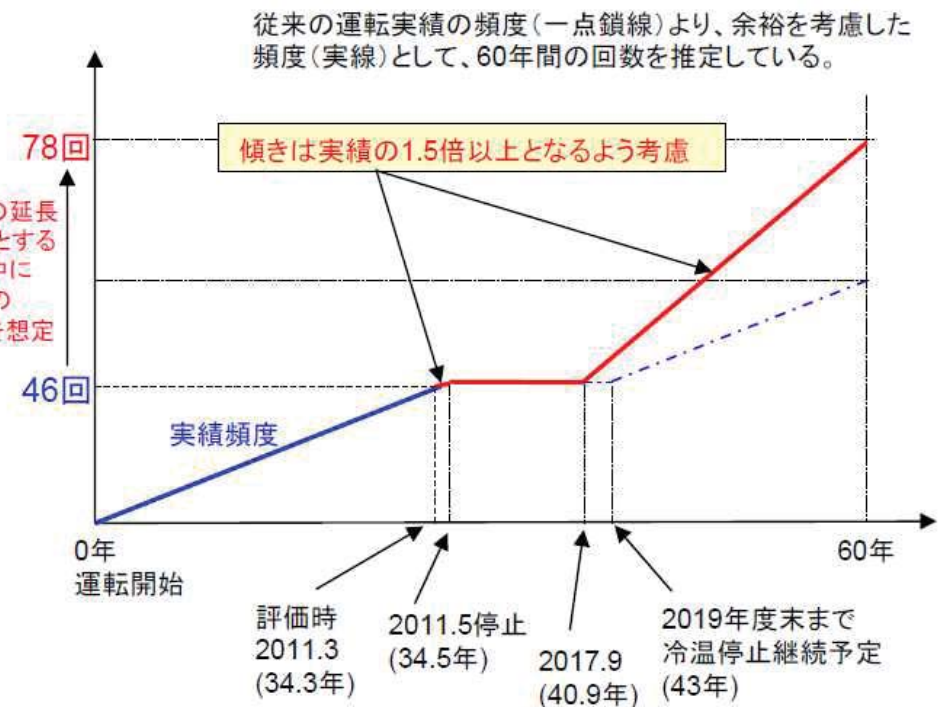
<主な要求事項>

健全性評価の結果、評価対象部位の疲れ累積係数が1を下回ること



熱サイクルによる疲労の発生

過渡回数設定のイメージ(起動の例)



- 今後の熱サイクル回数(過渡回数)の予測は実績の1.5倍以上となるよう設定

<主な確認結果>

今後の熱サイクル回数の予測回数をこれまでの実績の1.5倍とした評価を行い、評価対象部位のすべてにおいて疲れ累積係数が1を下回ったこと

劣化状況評価 ②「原子炉容器の中性子照射脆化」(1)

原子炉の運転に伴い、原子炉容器の材料である低合金鋼が中性子照射を受けることにより靱性(粘り強さ)が低下する

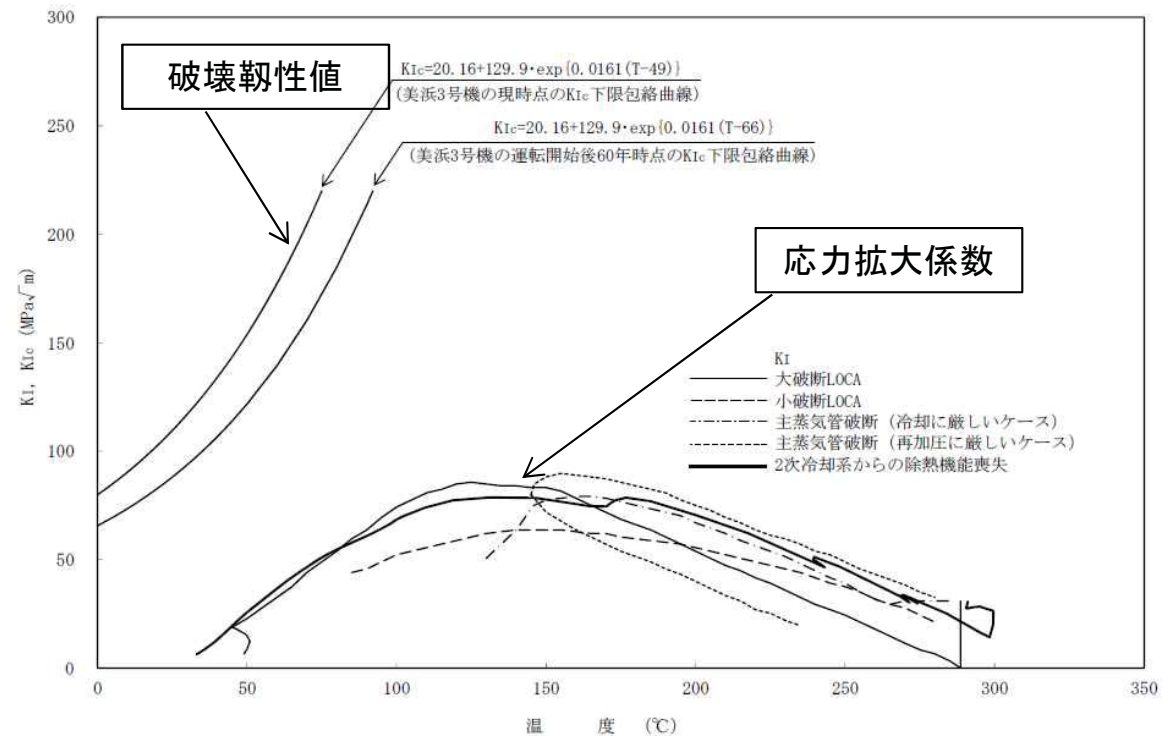
<主な要求事項(1)>

加圧熱衝撃評価の結果、原子炉圧力容器の評価対象部位において破壊靱性値が応力拡大係数を上回ること

加圧熱衝撃事象の評価

加圧された運転状態における事故の際に、非常用炉心冷却系の作動に伴う冷却水の炉内注入により原子炉圧力容器が冷却され、原子炉圧力容器内外間の温度差により高い引張応力が容器内面に発生する現象

加圧熱衝撃の評価では原子炉容器の耐え得る力(破壊靱性値)が欠陥を想定した上で亀裂を進展させようとする力(応力拡大係数)を上回ることを確認する



加圧熱衝撃評価の評価例

運転開始後60年時点での予測される破壊靱性値と応力拡大係数をすべての温度域で確認

<主な確認結果>

加熱衝撃試験の結果、原子炉容器の耐力の指標となる「破壊靱性値」は、設計基準事故及び重大事故等時に亀裂を進展させようとする力「応力拡大係数」を上回り、原子炉容器が破壊を起こさないこと

劣化状況評価 ②「原子炉容器の中性子照射脆化」(2)

原子炉の運転に伴い、原子炉容器の材料である低合金鋼が中性子照射を受けることにより靱性(粘り強さ)が低下する

<主な要求事項(2)>

原子炉圧力容器について供用状態に応じ以下を満たすこと。ただし、上部棚吸収エネルギーの評価の結果、68J以上である場合は、この限りでない。

- ・延性亀裂進展性評価の結果、亀裂進展抵抗が亀裂進展力を上回ること。
- ・亀裂不安定性評価の結果、亀裂進展抵抗と亀裂進展力が等しい状態で亀裂進展抵抗の微小変化率が亀裂進展力の微小変化率を上回ること。
- ・欠陥深さ評価の結果、評価対象部位において母材厚さの75%を超えないこと。
- ・塑性不安定破壊評価の結果、塑性不安定破壊を生じないこと。

上部棚吸収エネルギーの評価

原子炉運転状態の温度領域(上部棚)において、原子炉容器母材の粘り強さ(吸収エネルギー)が68Jを上回るかどうか確認する

68J以下の場合は、運転時の温度・圧力(供用状態)に応じた亀裂進展評価を行う

表:母材の1/4t深さにおける関連温度と
上部棚吸収エネルギーの予測値

対象炉	評価時期:運転開始後60年時点	
	関連温度	上部棚 吸収エネルギー
美浜3号炉	64℃	125J

<主な確認結果>

上部棚吸収エネルギー評価の結果、美浜3号炉は125Jであり、判断基準の68Jを上回ったこと

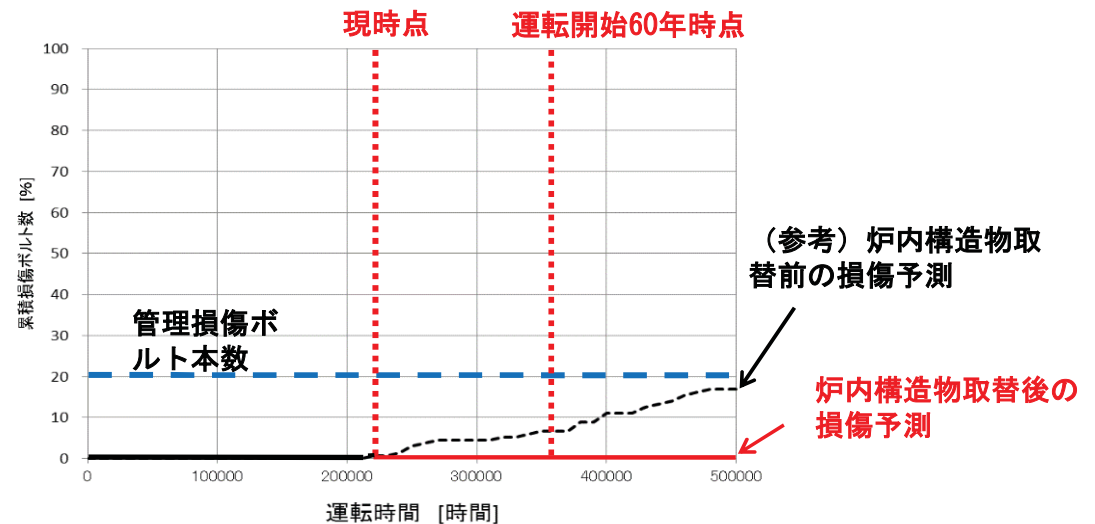
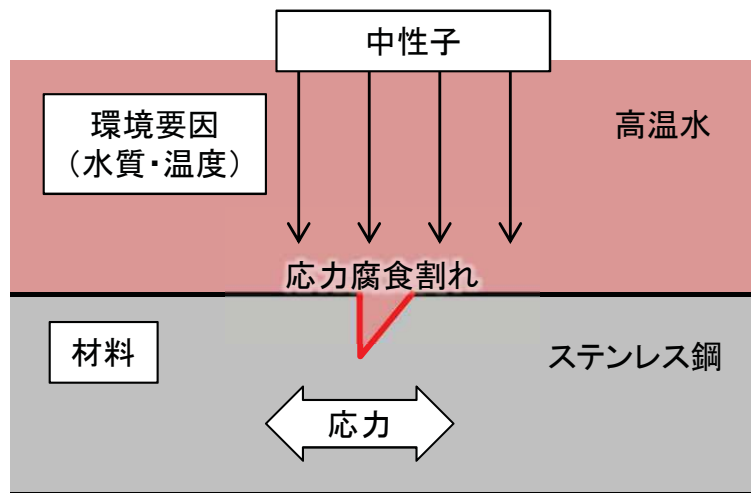
劣化状況評価 ③「照射誘起型応力腐食割れ」

原子炉の炉内構造物は、運転に伴う中性子照射量が一定の値を超えた場合、材料の組成、構造物にかかる応力、水質・温度の環境の3つの条件が重なることにより、応力腐食割れが発生する可能性がある

＜主要事項＞

ステンレス鋼で中性子の照射量が多く、応力の高い構造物に対し、応力腐食割れが発生するかどうかを評価し、発生した場合を想定しても技術基準規則に適合すること

照射誘起型応力腐食割れの発生イメージ



バッフルフォーマボルトの損傷予測結果

- 中性子照射量の大きい炉内構造物のステンレス鋼として、バッフルフォーマボルトが主な対象となっている。

美浜3号機は、今回の停止期間中に炉内構造物取替を予定しているため、取替後による評価を実施

＜主な確認結果＞

照射誘起型応力腐食割れの発生予測方法に基づき、美浜3号炉のバッフルフォーマボルトの損傷予測を行った結果、運転開始後60年時点の損傷予測本数は、管理損傷ボルト本数(全体の20%)以下であったこと

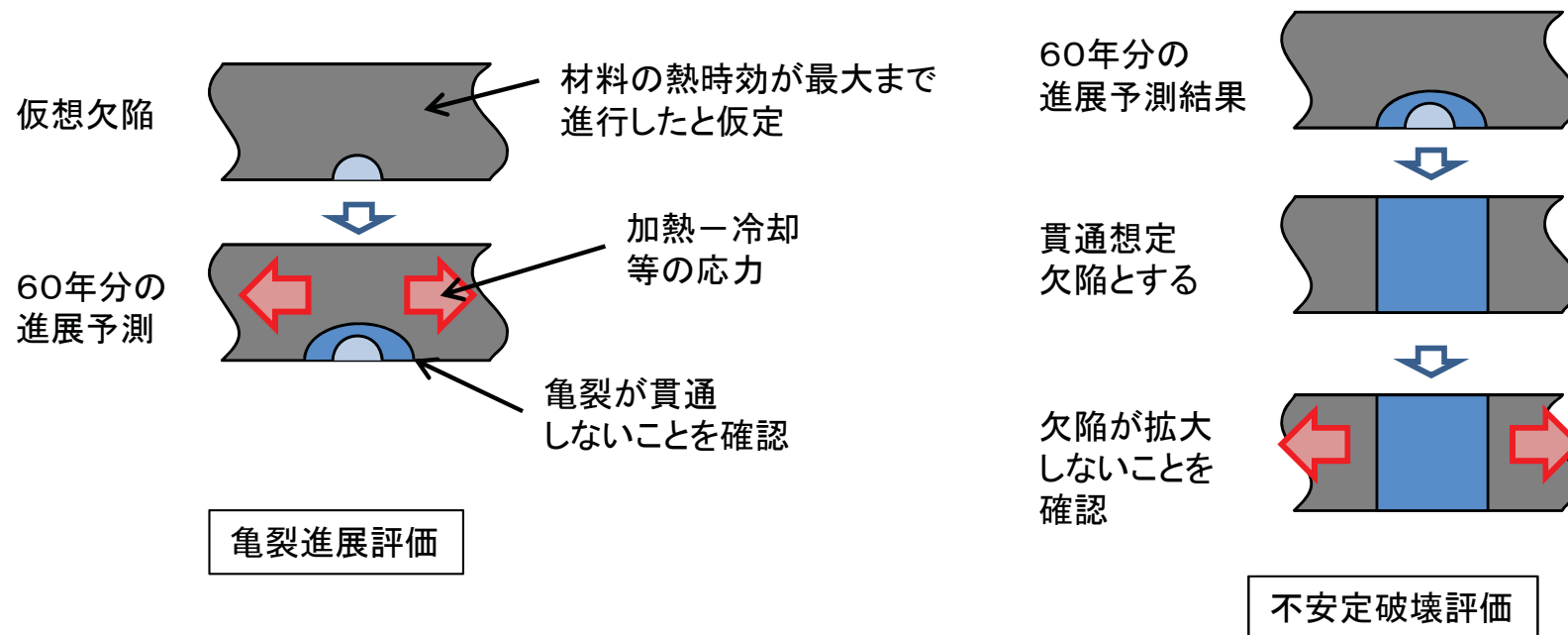
劣化状況評価 ④「2相ステンレス鋼の熱時効」

1次冷却材管、弁・ポンプのケーシングに使用されている2相ステンレス鋼※は、原子炉の運転に伴い長期間高温にさらされると材料の靱性(粘り強さ)が低下する

※2相ステンレス鋼:ステンレス鋼のうち、鋳造法で製造され、フェライト相とオーステナイト相の組織構造を有するもの

＜主な要求事項＞

原子炉施設で使用されている2相ステンレス鋼の熱時効(靱性低下)について、欠陥を想定した亀裂進展評価及び不安定破壊評価にて、亀裂が進展しないこと



＜主な確認結果＞

熱時効による靱性低下が、使用年数によらずその材料の最大まで進行したと仮定した

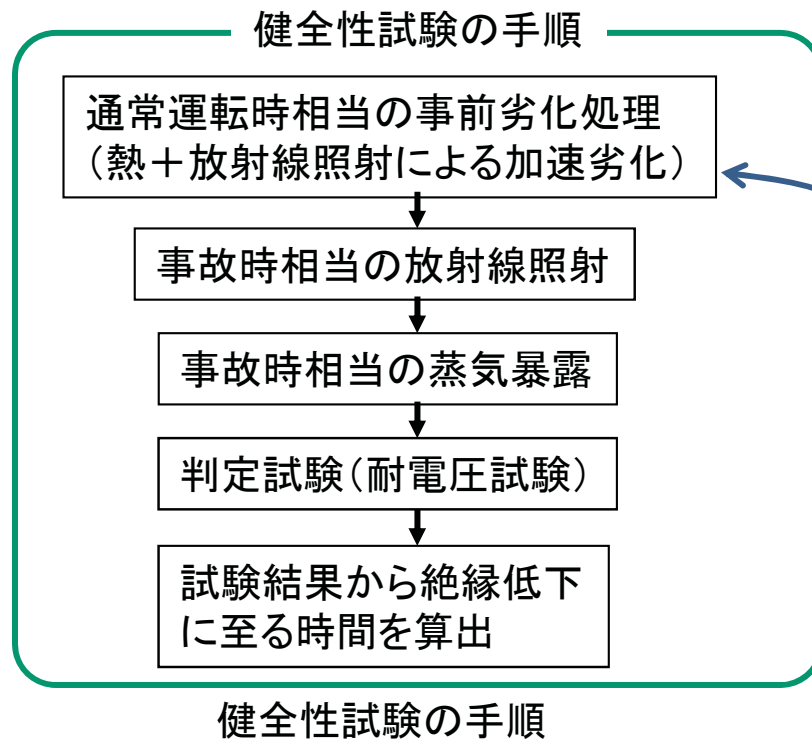
- ・亀裂進展評価の結果、初期欠陥を想定して60年後の亀裂の進展を想定しても、亀裂は貫通まで至らないこと
- ・不安定破壊評価の結果、貫通欠陥を想定しても、欠陥が拡大することはないこと

劣化状況評価 ⑤「電気・計装設備の絶縁低下」

電気・計装設備は使用環境や設計基準事故、重大事故時の熱・放射線により絶縁性能が低下する可能性がある

＜主要要求事項＞

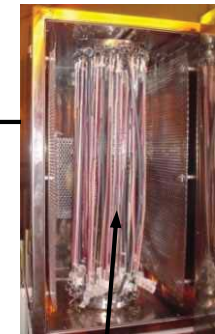
設計基準事故及び重大事故等で機能が要求される電気・計装設備は、健全性試験による評価の結果、有意な絶縁低下が生じないこと



放射線源(コバルト60の線源を配置)



恒温槽内部



ケーブル

健全性試験の実施状況例
(熱+放射線照射)

＜主要確認結果＞

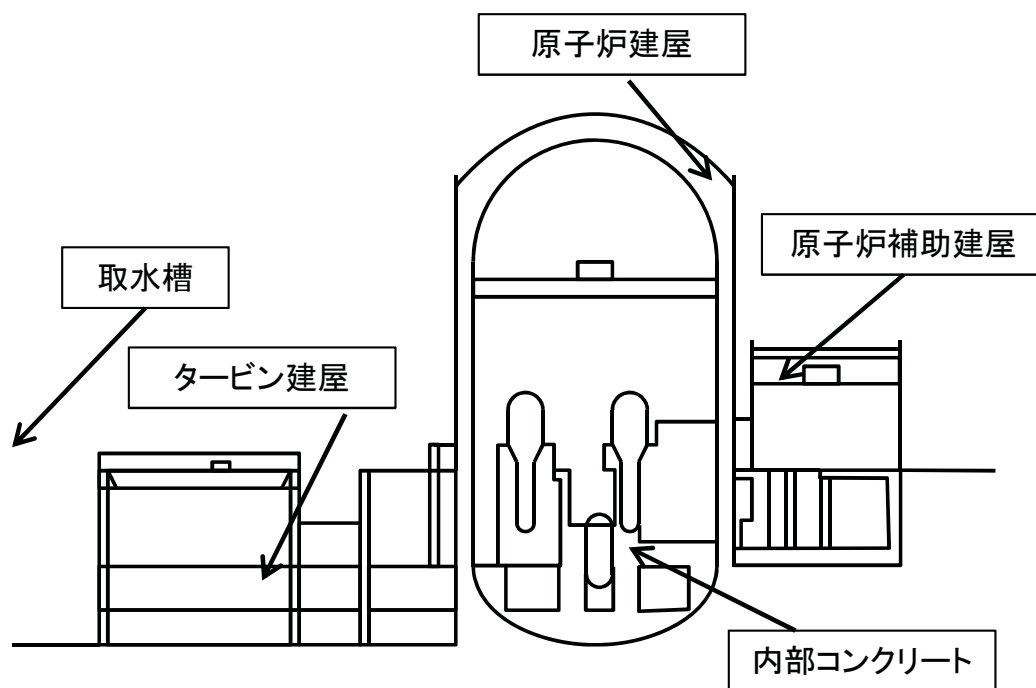
健全性評価の結果、電気計装設備は運転開始後60年まで、有意な絶縁低下が発生しないと評価されたこと

劣化状況評価 ⑥「コンクリート構造物の強度低下」

コンクリートは、「熱」、「放射線」、「中性化」、「塩分浸透」、「機械振動」、「アルカリ骨材反応」、「凍結融解」等の経年劣化事象により、強度が低下する可能性がある

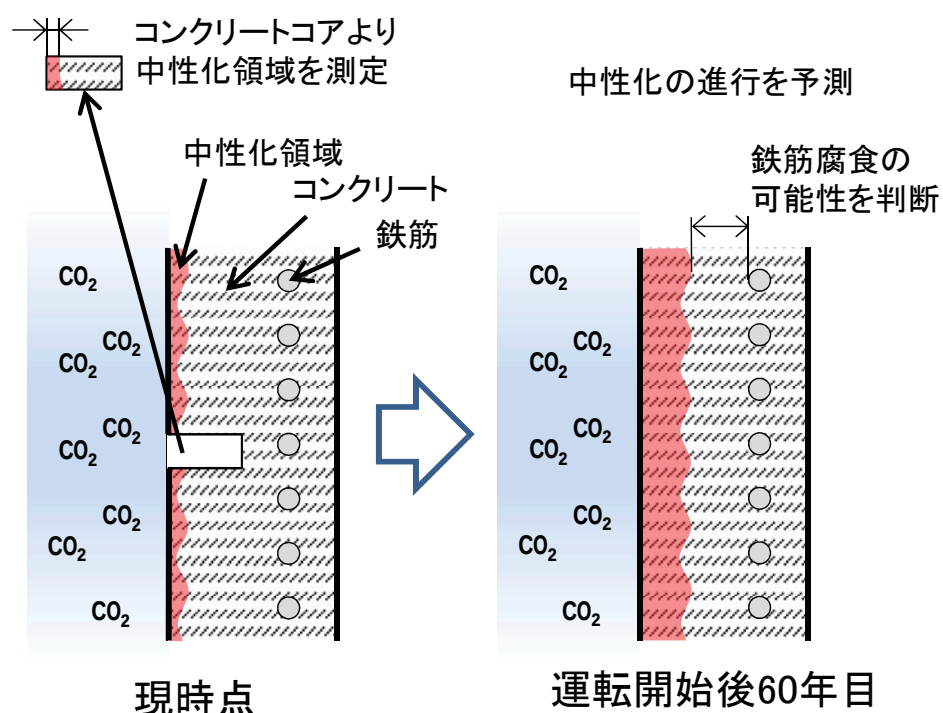
<主な要求事項>

コンクリート構造物の強度は、経年劣化事象の進行により設計強度を下回ることがないこと



評価対象のコンクリート構造物

評価の一例：中性化による強度低下



<主な確認結果>

評価の結果、コンクリートの中性化深さは運転開始後60年目においても、鉄筋が腐食し始める深さにならなかったこと
また、中性化以外の劣化事象について特別点検の結果を踏まえ評価を行った結果、コンクリート構造物の強度は経年劣化事象の進行により設計強度を下回らなかったこと

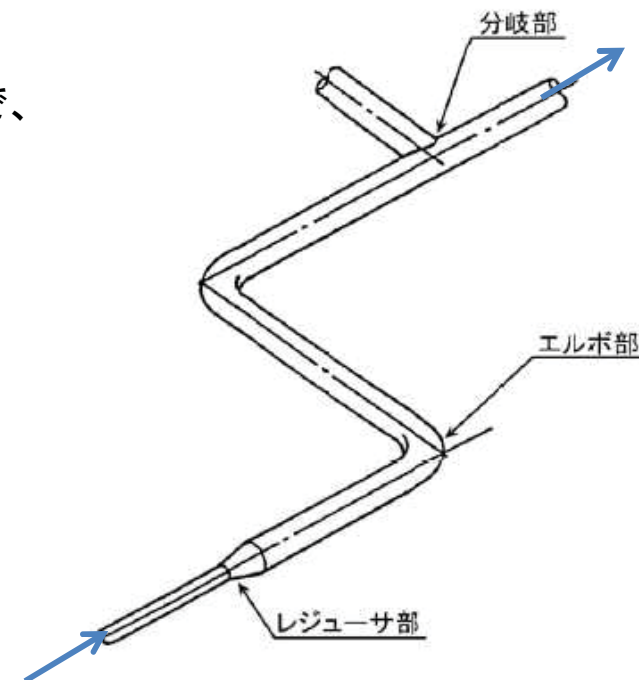
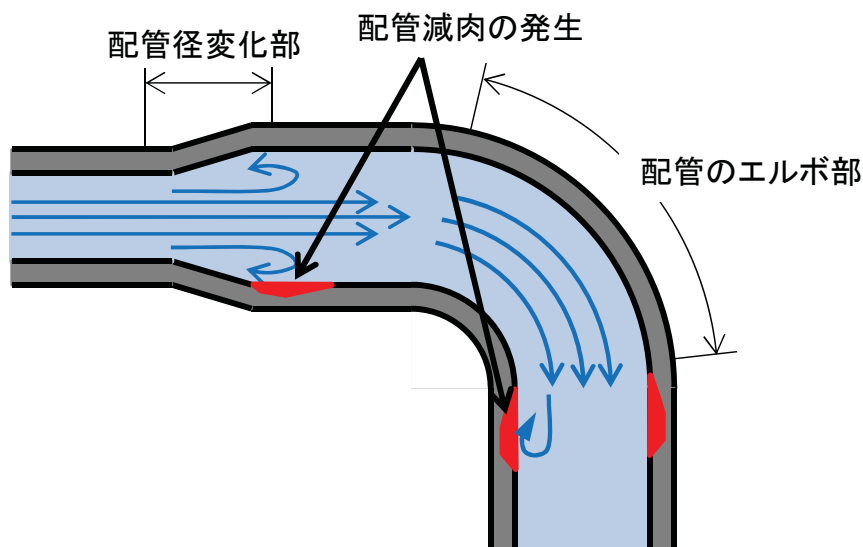
劣化状況評価 ⑦「耐震安全性評価」

＜主な要求事項＞

- ・これまでに評価した各種経年劣化事象を考慮した耐震評価の結果、耐震上の設計許容値を下回ること
- ・弁やポンプなど動的機能が要求される機器に対して、劣化を考慮しても、地震時に確認済み加速度以下であること
- ・劣化を考慮した燃料集合体の耐震評価の結果、相対変位と制御棒挿入時間が規定範囲にあること

評価の一例：流れ加速型腐食

- ・炭素鋼配管のエルボ部、配管径変化部等の内部の流体が偏流する部位で、流速、温度条件等により配管の腐食が発生する。



【流れ加速型腐食が想定される代表的な部位】

＜主な確認結果＞

評価の結果、流れ加速型腐食を考慮しても、耐震上の許容応力を下回ること、それ以外の耐震安全性評価項目についても、要求事項を満足したこと

劣化状況評価 ⑦「耐津波安全性評価」

<主な要求事項>

経年劣化事象を考慮した機器・構造物について、津波時に発生する応力等を評価し、健全性を確保すること



美浜発電所の耐津波安全性評価対象設備

<主な確認結果>

日常的な点検を実施し、施設の健全性を確保することにより、津波が発生した場合においても浸水防護施設が機能すること

保守管理に関する方針

<主な要求事項>

原子炉その他の設備の劣化の状況に関する技術的な評価の結果、要求事項に適合しない場合には、延長しようとする期間における原子炉その他の設備についての保守管理に関する方針の実施を考慮した上で、延長しようとする期間において、要求事項に適合すること。

No	保守管理に関する方針
1	原子炉容器胴部(炉心領域部)の中性子照射脆化については、今後の原子炉の運転サイクル・照射量を勘案して第5回監視試験を実施する。
2	疲労評価における実績過渡回数の確認を継続的に実施し、運転開始後60年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

<主な確認結果>

劣化状況評価の結果、保守管理に関する方針については、要求事項を満足しているが、更なる対応として、監視試験を行う等の方針を定めていること

- 事業者は、運転期間延長認可取得後においても、保安規定に定めた長期保守管理方針に基づき、保守管理を実施することをはじめ、原子炉施設が技術基準に適合するよう、継続的な保守管理業務を適切に実施することが重要。
- また、高経年化技術評価については、運転開始後50年を経過する日までに、再度、それまでの運転実績に基づく技術評価の実施が必要。
- 原子力規制委員会は、事業者の保守管理の実施の状況について、保安検査をはじめとする各種検査・審査において厳正に確認していく。

参考

平成29年までに運転開始後40年を迎える施設の現状

施設名	運転開始後40年を経過する日(認可の期限)	運転開始40年経過に際する事業者の対応状況
敦賀1号炉	平成28年7月7日 ※	廃止(廃止措置計画認可申請済)
美浜1号炉	平成28年7月7日 ※	廃止(廃止措置計画認可申請済)
美浜2号炉	平成28年7月7日 ※	廃止(廃止措置計画認可申請済)
島根1号炉	平成28年7月7日 ※	廃止(廃止措置計画認可申請済)
高浜1号炉	平成28年7月7日 ※	運転期間延長認可
玄海1号炉	平成28年7月7日 ※	廃止(廃止措置計画認可申請済)
高浜2号炉	平成28年7月7日 ※	運転期間延長認可
美浜3号炉	平成28年11月30日	運転期間延長認可
伊方1号炉	平成29年9月29日	廃止(電気事業法に基づく届出済)

※経過措置が適用され、新規制基準施行の日(平成25年7月8日)から起算して3年を経過する日(平成28年7月7日)が認可の期限となっているプラント。

運転期間延長認可制度に係る法令

◆原子炉等規制法(抄)

(運転の期間等)

第四十三条の三の三十二 発電用原子炉設置者がその設置した発電用原子炉を運転することができる期間は、当該発電用原子炉の設置の工事について最初に第四十三条の三の十一第一項の検査に合格した日から起算して四十年とする。

2 前項の期間は、その満了に際し、原子力規制委員会の認可を受けて、一回に限り延長することができる。

5 原子力規制委員会は、前項の認可の申請に係る発電用原子炉が、長期間の運転に伴い生ずる原子炉その他の設備の劣化の状況を踏まえ、その第二項の規定により延長しようとする期間において安全性を確保するための基準として原子力規制委員会規則で定める基準に適合していると認めるときに限り、同項の認可をすることができる。

◆実用炉規則(抄)

(発電用原子炉の運転の期間の延長に係る認可の申請)

第百十三条 法第四十三条の三の三十二第四項の規定により同条第一項の発電用原子炉を運転することができる期間の延長について認可を受けようとする者は、当該期間の満了前一年以上一年三月以内に次に掲げる事項を記載した申請書を原子力規制委員会に提出しなければならない。

一 氏名又は名称及び住所並びに法人にあっては、その代表者の氏名

二 発電用原子炉を運転することができる期間の延長に係る工場又は事業所の名称及び所在地

三 発電用原子炉を運転することができる期間の延長の対象となる発電用原子炉の名称

四 延長しようとする期間

2 前項の申請書には、次に掲げる書類を添付しなければならない。

一 申請に至るまでの間の運転に伴い生じた原子炉その他の設備の劣化の状況の把握のための点検の結果を記載した書類

二 延長しようとする期間における運転に伴い生ずる原子炉その他の設備の劣化の状況に関する技術的な評価の結果を記載した書類

三 延長しようとする期間における原子炉その他の設備についての保守管理に関する方針を記載した書類

(発電用原子炉の運転の期間の延長に係る認可の基準)

第百十四条 法第四十三条の三の三十二第五項の原子力規制委員会規則で定める基準は、延長しようとする期間において、原子炉その他の設備が延長しようとする期間の運転に伴う劣化を考慮した上で技術基準規則に定める基準に適合するものとする。

高経年化対策制度に係る法令

◆原子炉等規制法(抄)

(保安及び特定核燃料物質の防護のために講ずべき措置)

第四十三条の三の二十二 発電用原子炉設置者は、次の事項について、原子力規制委員会規則で定めるところにより、保安のために必要な措置(重大事故が生じた場合における措置に関する事項を含む。)を講じなければならない。

一 発電用原子炉施設の保全

◆実用炉規則(抄)

(発電用原子炉施設の経年劣化に関する技術的な評価)

第八十二条

2 法第四十三条の三の二十二第一項の規定により、発電用原子炉設置者は、運転を開始した日以後三十年を経過した発電用原子炉(法第四十三条の三の三十二第二項の規定による認可を受けたものに限る。)に係る発電用原子炉施設について、発電用原子炉の運転を開始した日以後四十年を経過する日までに、安全上重要な機器等並びに前項各号に掲げる機器及び構造物の経年劣化に関する技術的な評価を行い、この評価の結果に基づき、法第四十三条の三の三十二第二項の規定による認可を受けた延長する期間が満了する日までの期間において実施すべき当該発電用原子炉施設についての保守管理に関する方針を策定しなければならない。

(保安規定)

第九十二条 法第四十三条の三の二十二第一項の規定による保安規定の認可を受けようとする者は、認可を受けようとする工場又は事業所ごとに、次に掲げる事項について保安規定を定め、これを記載した申請書を提出しなければならない。

一～二十四(略)

二十五 発電用原子炉施設の保守管理に関する事(溶接事業者検査及び定期事業者検査の実施に関する事並びに経年劣化に係る技術的な評価に関する事及び長期保守管理方針を含む。)