

原子力発電所の運転期間と機器・構造物の
経年劣化影響に関する技術レポート
(概要版)

2018年 4月

技術レポート目次

1. 国内プラントの概要

2

2. 経年劣化に対する事業者の活動

3

~

5

3. 経年劣化対応と長期停止の影響

6

~

8

4. まとめ

9

設計段階

●長期運転に対して余裕を持った設計

- 原子力発電所の運転継続に当たって、影響を与える重要な因子の1つとして、設備の経年劣化による安全機能の低下がある。このため、プラントの設計段階では、例えば40年間等、一定の運転年数を仮定し、十分耐えられる設計を行っている。
- 設計段階においては、プラントの起動・停止等の運転条件を実際の運転よりも多く仮定したり、実際より厳しい温度変化を想定したりするなど、劣化進行の想定において十分余裕のある設計となるように行っている。



運転開始後

●設備の健全性を定期的に確認

- 定期的に確認（日常保全・機器取替） → 3
- 30年を経過する原子力発電所について高経年化技術評価を実施 → 4
- 40年近く経過した機器の特別点検を実施 → 5

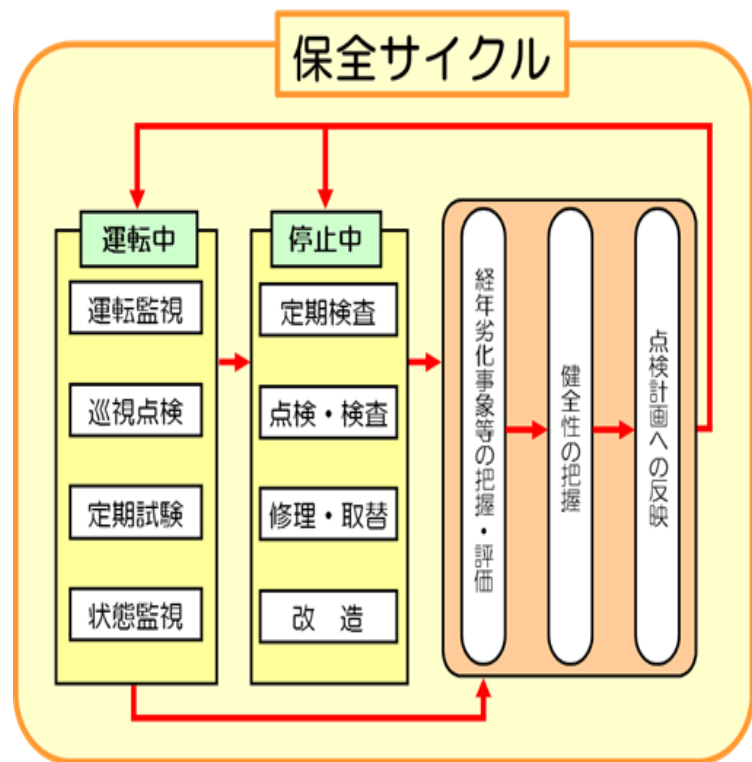
定期的に確認（日常保全・機器取替）

- ✓ プラント運転中の日々の活動を通じて、経年劣化等の兆候を早期発見。
- ✓ 定期的にプラントを停止して検査を実施し、次の運転期間（13ヶ月）の終了まで安全に運転できることを確認する。劣化した設備や部品は、修理するか又は新品に交換する。

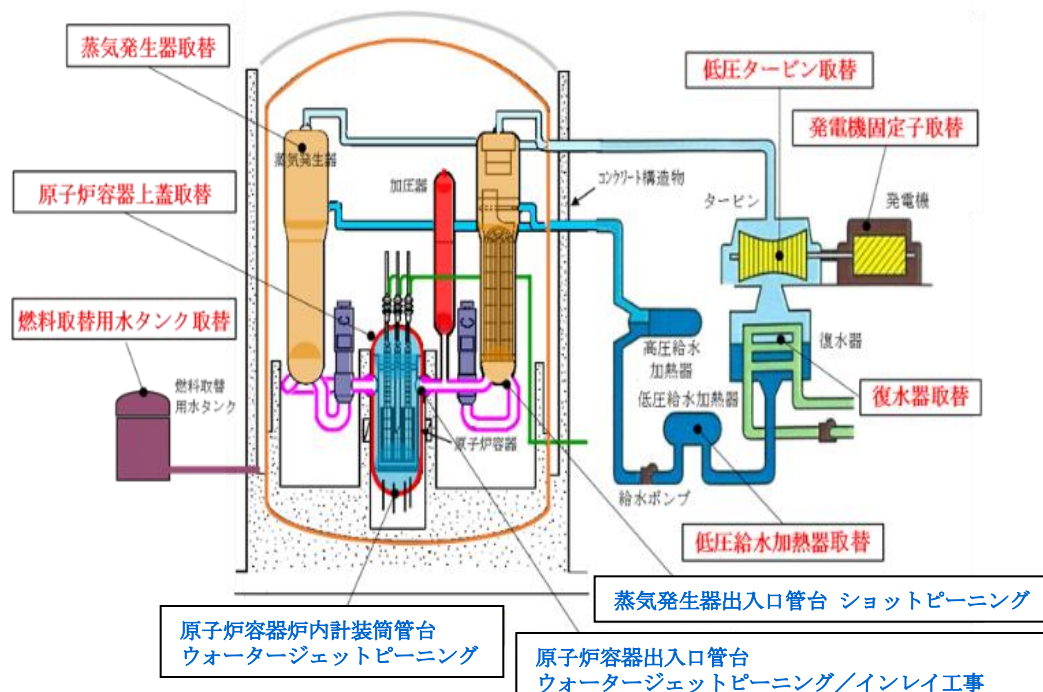
保守管理活動

- ◆ 運転パラメータの監視や巡視点検
- ◆ 定期的にプラントを停止し、詳細な非破壊検査や機器を分解した部品レベルの点検

- ◆ 国内外の原子力発電所における運転経験や経年劣化に係る技術知見等に基づき、機器・構造物の健全性が損なわれる前に補修・取替等の予防保全対策活動を積極的に実施



<PWRの大型機器取替等の例>



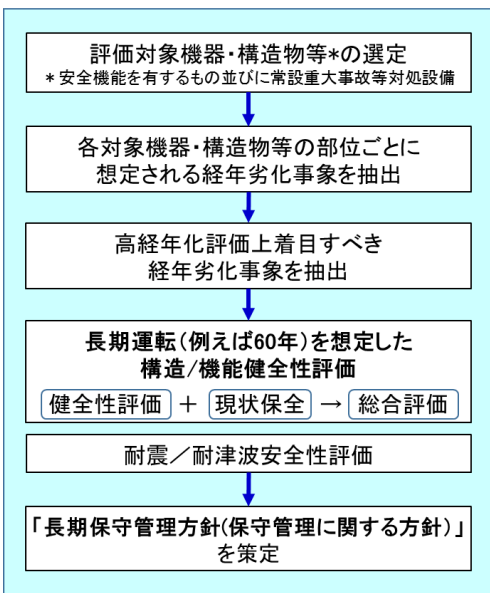
高経年化技術評価

✓ 節目となる30年目には幅広く詳細に確認（30年以降、10年に1回）

30年を経過する原子力発電所においては、機器・構造物に想定される経年劣化事象に対して、長期運転（例えば60年）を想定した構造／機能健全性の評価等（高経年化技術評価）を実施し、今後の運転継続への健全性を確保・確認する。

高経年化技術評価

高経年化技術評価の流れ



[主な経年劣化事象]

- 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
- ステンレス鋼の熱時効
- 電気・計装品の絶縁低下
- コンクリート構造物の強度低下及び遮蔽能力低下

<これまでの実績>

●PWR

美浜1,2（30年、40年）高浜1,2、美浜3（30年、40年）、高浜3,4（30年）、玄海1,2（30年）、川内1,2（30年）、伊方1,2（30年）、大飯1,2（30年）

●BWR

福島第一1（30年、40年）、福島第一,2,3,4,5,6（30年）、浜岡1,2（30年）、島根1,2（30年）、東海第二（30年、40年）、敦賀1（30年、40年）

※ 冷温停止状態が維持されることを前提とした評価のみの実績は除く

- これまで、延べ35基分の高経年化技術評価を実施
- 確立された評価技術により、運転期間60年を想定した機器・構造物の健全性を確認

40年近く経過した機器・構造物の特別点検

- ✓ 通常の保守管理に加えて、原子炉圧力容器、原子炉格納容器及びコンクリート構造物に対して、運転延長認可制度の下で、特別点検を実施し、供用期間が40年近く経過した機器・構造物の劣化状況を詳細に把握。

特別点検

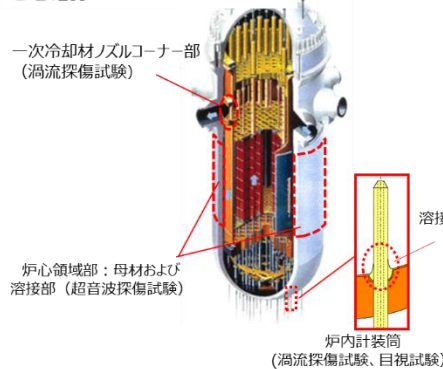
<これまでの実績>

- PWR：高浜発電所1,2号機、美浜発電所3号機
- BWR：東海第二発電所

<PWR>

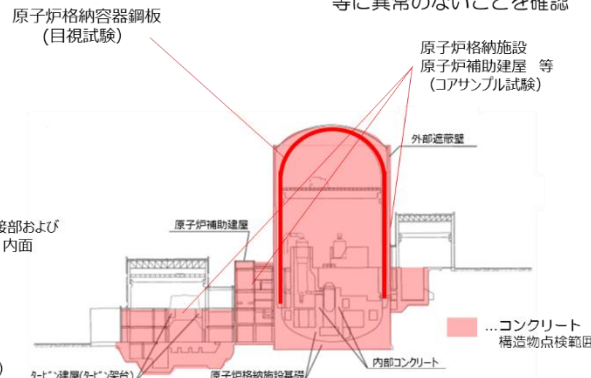
原子炉圧力容器点検

原子炉圧力容器炉心領域部等に対し、非破壊試験や目視点検を実施し、欠陥等の異常のないことを確認



原子炉格納容器点検

格納容器鋼板内外表面の目視点検を行い、塗膜の状態に異常のないことを確認



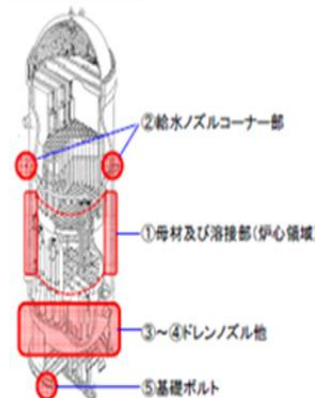
コンクリート構造物点検

原子炉格納施設等から採取したコンクリートのコアサンプルにより、強度や遮へい性能等に異常のないことを確認

<BWR>

原子炉圧力容器点検

原子炉圧力容器炉心領域に対し、非破壊試験や目視点検を実施し、欠陥等の異常のないことを確認

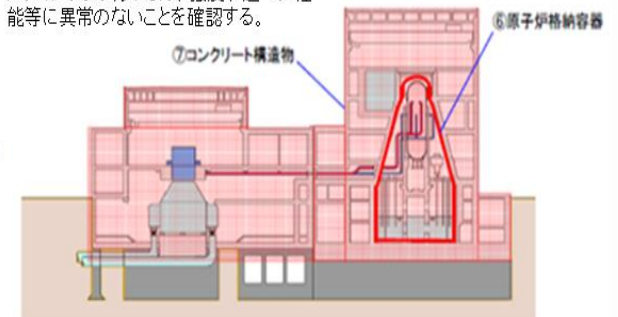


コンクリート構造物点検

原子炉格納容器等から採取したコンクリートのコアサンプルにより、強度や遮へい性能等に異常のないことを確認する。

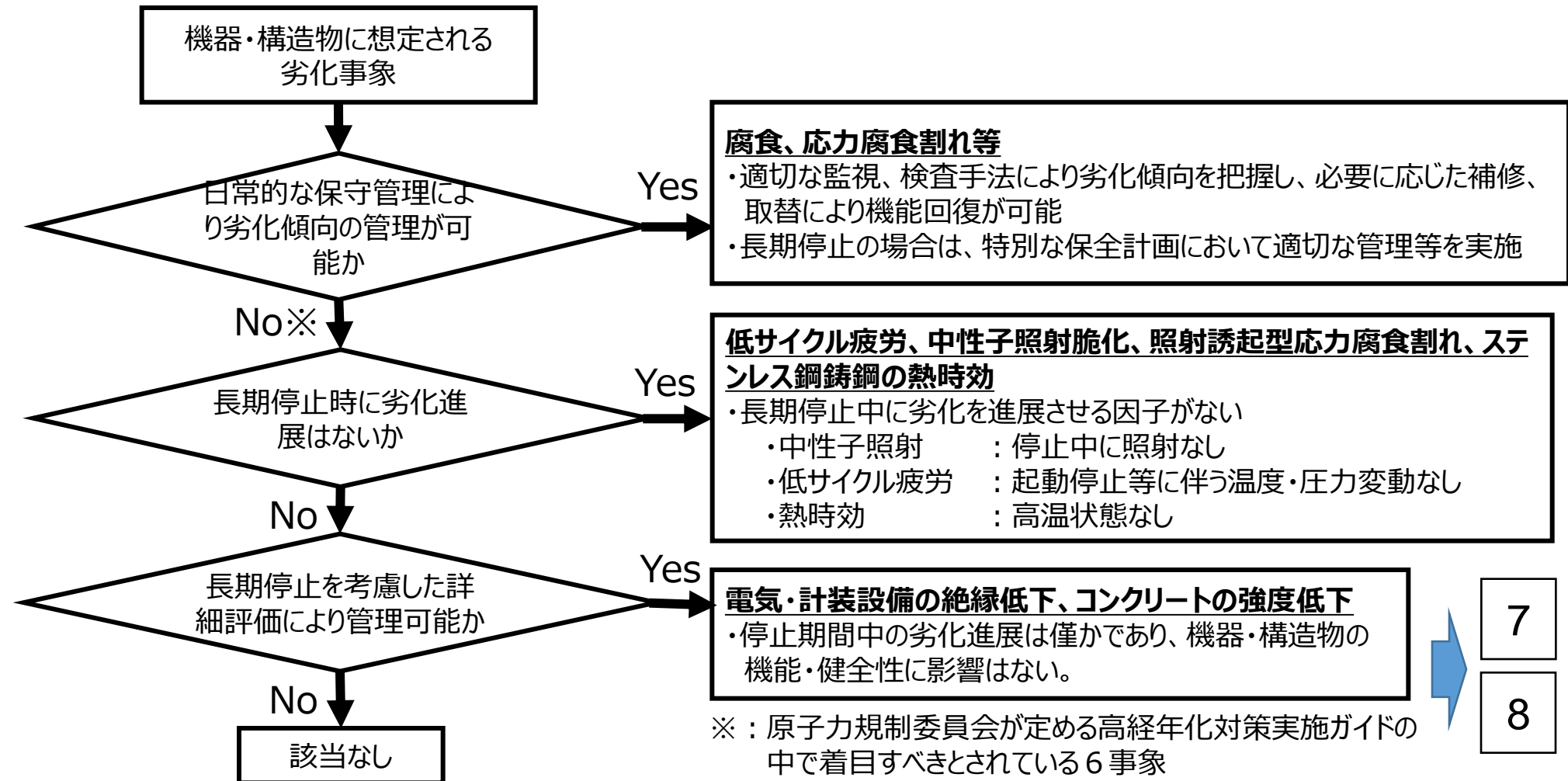
原子炉格納容器点検

格納容器内外表面の目視点検を行い、塗膜の状態に異常のないことを確認



長期停止による劣化影響検討

- ✓ 長期運転（例えば60年）の健全性を確認している高経年化技術評価をベースに、長期停止期間を加味して劣化影響を検討。
- ✓ 長期停止期間においても、適切に日常的な保守管理を実施すること、および、経年劣化の発生・進展を評価することにより、機器・構造物の機能・健全性に影響はないことを確認した。



長期停止の影響（電気・計装設備の絶縁低下）

- ✓ 長期停止中の劣化の影響は、機能に影響を与えるものではないことを確認した。
- ✓ 更に、必要に応じてケーブル取替を行うことも可能。

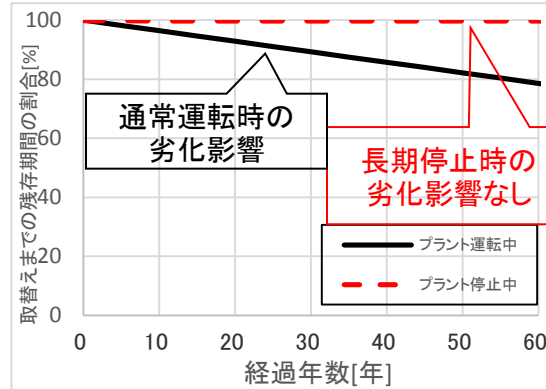
ケーブルの絶縁低下

・絶縁低下の主要因は温度・放射線であるが、プラント停止中における環境は、運転中に比べ、温度・放射線ともに低い状況（表1参照）であるため、プラント停止中の劣化進展は運転中に比べて小さい。（図1参照）

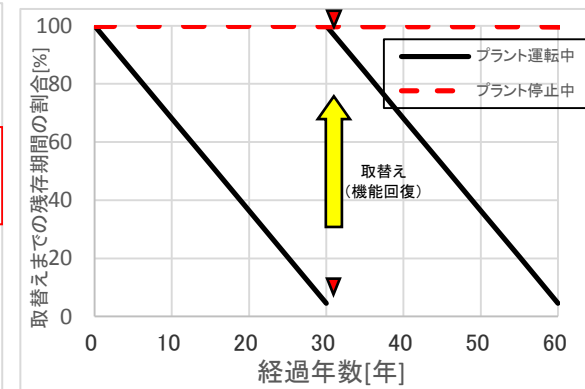
- ・長期健全性試験（環境認定試験）の健全性評価年数はプラント運転中の厳しい環境に晒されている状態（稼働率100%）を想定し、保守的に健全性を評価し、その年数に基づき取替え等の管理を行なっている（図1(b)黒線参照）。
- ・仮に、10年間の停止期間の劣化を、これまでに実施された劣化状況評価の結果へ追加的に考慮し、影響を評価したところ、健全性評価結果（年数）に影響を与えるものではないことを確認した。

表1. 最も環境の厳しいケーブル布設環境の比較

プラント	実布設環境条件			
	温度		放射線量率	
	通常運転中	停止期間中	通常運転中	停止期間中
高浜発電所 1号機 (格納容器内)	50[°C]	24[°C]	0.0130 [Gy/h]	0.001 [Gy/h] 以下
東海第二 発電所 (格納容器内)	65.6[°C]	25[°C]	0.250 [Gy/h]	0.001 [Gy/h] 以下



(a) 高浜発電所 1号機の例



(b) 東海第二発電所の例

図1. 運転中・停止中におけるケーブル劣化進展状況の模式図

※：取替えまでの残存期間の割合

$$= (1 - (\text{経過年数} / \text{長期健全性試験を踏まえて各環境条件から算出した取替えが必要となる年数})) \times 100$$

長期停止の影響（コンクリートの強度低下）

- ✓ コンクリート構造物は、中性化及び塩分浸透によるコンクリートの強度低下に対して、十分に余裕があることを確認した。
- ✓ 更に、必要に応じてコンクリートの補修等の対策を行うことも可能。

○長期停止中に進展が想定され、コンクリート構造物の性能に影響を与える経年劣化事象は、中性化及び塩分浸透（経年劣化要因）によるコンクリートの強度低下【中性化】

・本来コンクリートはアルカリ性であるが、大気中の炭酸ガス等の外部環境の影響を受け、徐々にアルカリ性を失っていき、コンクリートが中性化していく現象

【塩分浸透】

・飛来塩分及び海水とその飛沫の影響により、コンクリート表面に付着した塩分に含まれる塩化物イオンがコンクリート内部に浸透していく現象

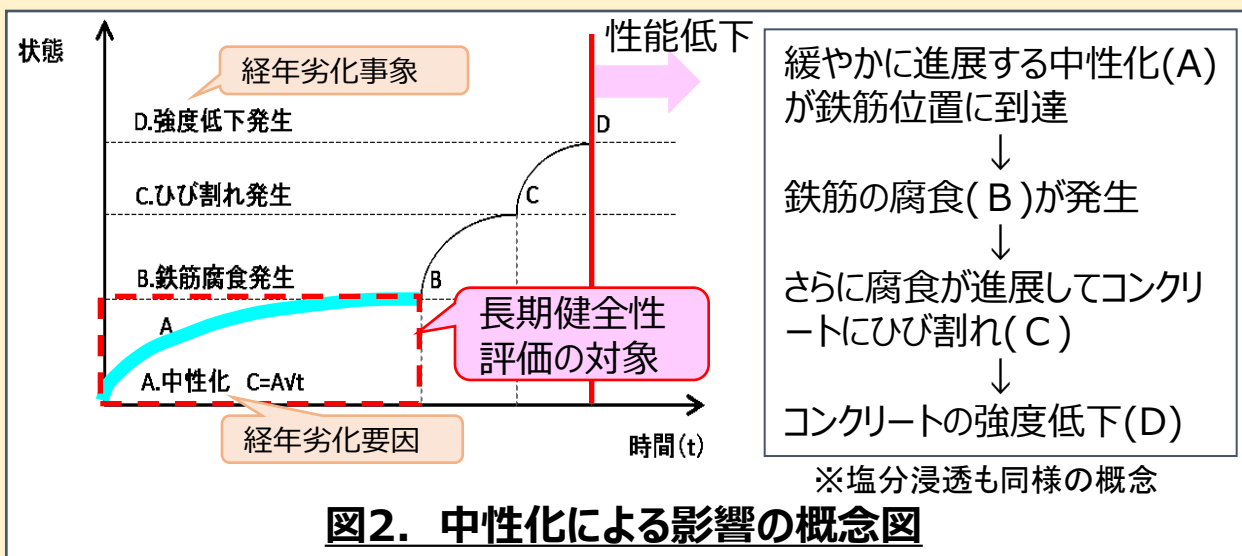


表2. 運転期間60年+停止期間10年間を考慮した長期健全性評価結果

プラント (評価対象部位)	中性化深さ [cm]		
	60年 時点 推定値	70年 時点 推定値	評価 基準値
美浜3号機 (内部コンクリート上部)	5.3	5.5	6.0
東海第二 (タービン建屋外壁)	5.0	5.4	6.0
プラント (評価対象部位)	鉄筋の腐食減量 (塩分浸透) [$\times 10^{-4}g/cm^2$]		
	60年 時点 推定値	70年 時点 推定値	評価 基準値
高浜2号機 (取水構造物)	21.1	26.6	90.1
東海第二 (取水口構造物)	18.1	21.5	67.7

・評価基準値に達しても、耐力評価を行うことで、安全性の確保が可能（原子力規制委員会審査基準）。
 ・上記評価結果は、評価基準値に対して最も大きな推定値となるプラント（評価対象部位）を例示。

○コンクリートの強度低下（D）を引き起こす手前の劣化要因（A）を対象に、保守的に評価を実施。（図2）また、運転開始後70年が経過したコンクリートを想定しても、評価基準値に対して余裕あり。（表2）

まとめ

設計段階

- 長期運転に対して余裕を持った設計

運転開始後

- 設備の健全性を定期的に確認
 - ・ 定期的に確認（日常保全・機器取替）
 - ・ 30年を経過する原子力発電所について高経年化技術評価を実施
 - ・ 40年近く経過した機器の特別点検を実施



長期停止期間

- 長期停止期間を考慮しても機器・構造物の機能・健全性に影響を与えない。
 - ・ 長期運転（例えば60年）の健全性を確認している高経年化技術評価をベースに、長期停止期間を加味して劣化影響を検討。
 - ・ 長期停止期間においても、適切に日常的な保守管理を実施すること、および、経年劣化の発生・進展を評価することにより、健全性を確認。