

原子力規制庁技術報告「中性子照射がコンクリートの強度に
及ぼす影響に関する知見」に対する電気事業者の対応状況

2020年5月22日
原子力エネルギー協議会

1. 今回の議論の背景
2. 知見概要
3. 電気事業者の対応について
4. 高経年化技術評価における中性子照射量
5. 評価概要

1. 今回の議論の背景

- ・ NRA技術報告「中性子照射がコンクリートの強度に及ぼす影響」（NTEC-2019-1001）（令和元年8月公表）において、中性子照射がコンクリートの強度に及ぼす影響に関する知見の報告があった。
- ・ 本日は、本知見に対し、事業者の技術的見解をフィードバックすることを目的として、電気事業者の対応として、中性子照射量が $1 \times 10^{19} \text{n/cm}^2$ からコンクリートの強度低下に影響を及ぼすものとした場合の健全性に対する影響を確認すること、今後の高経年化技術評価においては、本知見を踏まえた評価を実施すること等を報告する。

2. 知見概要

コンクリートが中性子照射を受けた場合、コンクリートの強度低下（圧縮強度低下）が生じる可能性があることが知られている。

実用発電用原子炉の運転の期間の延長の審査基準^(参考1)では「評価対象部位の累積放射線照射量が、コンクリート強度に影響を及ぼす可能性のある値を超えている又は超える可能性が認められる場合は、耐力評価を行い、その結果、当該部位を構成する部材又は構造体の耐力が設計荷重を上回ること」とされており、これまでの高経年化技術評価及び運転期間延長認可申請では、Hilsdorfらの論文^(参考2)を参照し、 $1.0 \times 10^{20} \text{n/cm}^2$ 程度の中性子照射量では有意な強度低下がみられないとしてきた。原子力規制庁はその評価を妥当と判断されている。

一方、原子力規制庁において、コンクリートの材料及び温度条件等を考慮したコンクリートの特性変化に関する研究の必要性から、コンクリートの強度に対する中性子照射量と石英含有率の影響に関する知見を取得することを目的とした安全研究プロジェクト^(参考3)が実施された。本研究では、石英含有率の異なる骨材及びコンクリートに中性子照射した試験体に対し、材料試験を実施した。試験では、軽水炉で中性子に曝されるコンクリートの材料及び温度条件が考慮された。また、中性子スペクトル影響を考慮し、0.1MeVを超えるエネルギー範囲の中性子照射量に基づき、中性子照射及び非照射の圧縮強度比が評価された。令和元年8月に原子力規制庁技術報告^(参考4)が公表され、コンクリートの圧縮強度は中性子照射量がおよそ $1 \times 10^{19} \text{n/cm}^2$ から低下傾向にあること等が示された。

電気事業者は、本知見は、高経年化対策実施ガイド^(参考5)に基づき、評価に反映すべき知見と判断した。

3. 電気事業者の対応について

- ①本知見の反映にあたっては、本研究成果を踏まえ、中性子照射量が $1 \times 10^{19} \text{n/cm}^2$ からコンクリートの強度低下に影響を及ぼすものとした場合の健全性に対する影響を確認する。
- ②これまでに実施した高経年化技術評価に影響を及ぼすのはPWRプラントのみであることを確認した（済み）。
- ③PWRプラントの高経年化技術評価について、現時点の健全性への影響がないことを簡易評価にて確認した（済み）。
- ④詳細評価を踏まえて、これまでの高経年化技術評価書の見直しを行う（実施中）。
※詳細評価実施済みプラントの結果より、運転開始後60年時点において、構造体の耐力上の影響が無く、本知見が長期健全性に影響を与えるものではないことを確認した。
- ⑤今後の高経年化技術評価においては、本知見を踏まえた評価を実施する（PWR、BWR共通）。

4. 高経年化技術評価における中性子照射量

PLM評価実施済プラントのうち、新知見による影響があるのはPWRプラントのみ

区分	プラント	高経年化技術評価の中性子照射量予測		備考
		中性子照射量 (n/cm ²)	経過年	
PWR	美浜3号機	4.14×10^{19}	60年	
	高浜1号機	4.43×10^{19}	60年	
	高浜2号機	4.49×10^{19}	60年	
	高浜3号機	4.7×10^{19}	60年	
	高浜4号機	4.8×10^{19}	60年	
	川内1号機	4.7×10^{19}	60年	
	川内2号機	4.6×10^{19}	60年	
	泊1号機	4.0×10^{19}	60年	停(※)
	泊2号機	3.6×10^{19}	60年	停(※) (2020年に新知見を反映した評価実施済)
	敦賀2号機	1.7×10^{19}	60年	停(※)
BWR	柏崎刈羽1号機	9.96×10^{14}	60年	停(※)
	柏崎刈羽2号機	1.24×10^{15}	40年	停(※) (2019年に新知見を反映した評価実施済)
	柏崎刈羽5号機	9.16×10^{14}	40年	停(※) (2019年に新知見を反映した評価実施済)
	浜岡3号機	7.1×10^{12}	40年	停(※)
	島根2号機	1.32×10^{14}	60年	
	東海第二	4.10×10^{15}	60年	

※停：冷温停止状態が維持されることを前提とした評価

5. 評価概要

(1) 健全性への影響について（簡易評価）

評価対象（1次遮蔽壁）について、新知見を踏まえて強度低下に影響を及ぼす可能性がある中性子照射量を $1 \times 10^{19} \text{n/cm}^2$ とした場合でも、現時点の健全性に影響を与えるものではないことは確認済み。

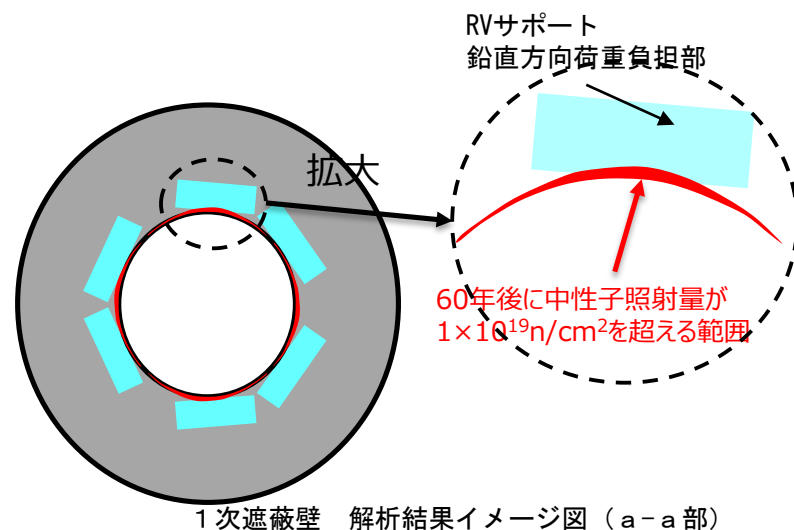
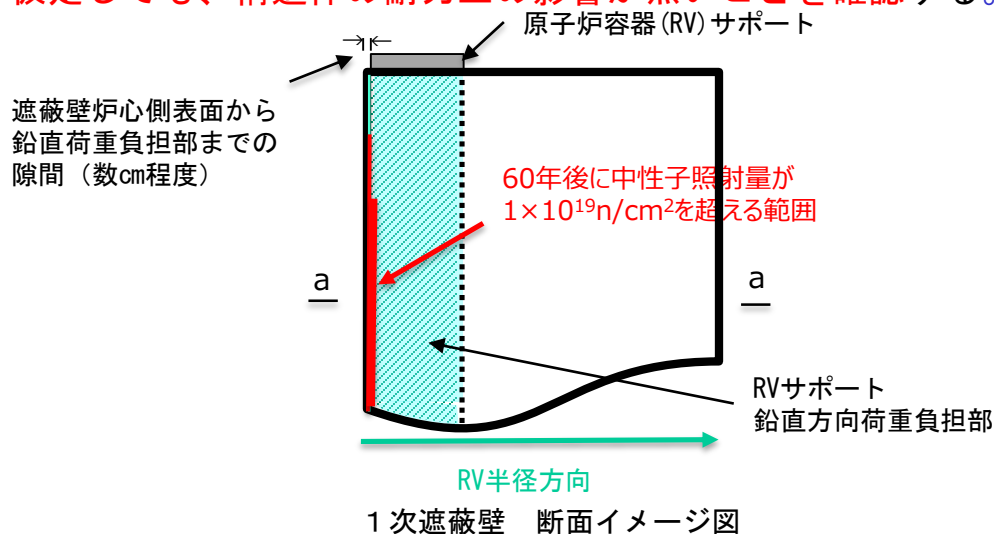
(2) 評価書見直しについて（詳細評価）

・解析により、評価対象（1次遮蔽壁）について、**運転開始後60年経過時点の中性子照射量の分布を把握し、新知見を踏まえて強度低下に影響を及ぼす可能性がある中性子照射量を $1 \times 10^{19} \text{n/cm}^2$ とした場合の60年経過時点の健全性評価を実施する。**

・上記結果を踏まえて、高経年化技術評価書の見直しを実施する。

【健全性評価方法例】

鉛直方向荷重のコンクリートの圧縮耐力について、**圧縮力を負担するRVサポートブラケット直下のコンクリートに対して、解析により算定した中性子照射量 $1 \times 10^{19} \text{n/cm}^2$ を超える範囲を保守的に耐力がないものと仮定しても、構造体の耐力上の影響が無いことを確認する。**



高浜1, 2号炉及び美浜3号炉の詳細評価により、**運転開始後60年時点において、構造体の耐力上の影響が無く、本知見が長期健全性に影響を与えるものではないことを確認した。**

高経年化技術評価書見直しの対象プラントと完了時期目途

対象プラント	見直し完了時期の目途
第 1 グループ 高浜発電所 1, 2 号炉 美浜発電所 3 号炉	令和 2 年 3 月末 (見直し完了済み)
第 2 グループ 川内原子力発電所 1, 2 号炉 高浜発電所 3, 4 号炉 敦賀発電所 2 号炉※1 泊発電所 1 号炉※1	令和 2 年 9 月末

※1：敦賀発電所 2 号炉および泊発電所 1 号炉は、冷温停止状態が維持されることを前提とした評価のみ

コンクリートに係る技術開発

・ 産業界においては、高経年化対策に係る技術開発課題への取り組みを効率的に推進するための組織として、2007年にPLM研究推進会議及びその下にPLM研究総括検討会を設置しており、電力会社、電力中央研究所、ゼネコン等が主体となって活動している。PLM研究総括検討会には各経年劣化事象を個別に扱うサブグループが設置され、個別の技術開発課題に対する研究方針や具体的な研究計画の検討が行われており、その研究成果は発電所の保全活動や高経年化技術評価に反映され、原子力発電所の長期運転に対する信頼性が向上される。

・ 本日NRA技術報告への対応状況をご説明するコンクリートに関しても、以下の取り組みを実施しているところであり、NRA技術報告も踏まえながら、引き続き、長期運転に向けた自主的な安全性向上への取り組みを推進していく。

<コンクリートに係る技術開発テーマ>

- ・ 検査・モニタリング技術「地下水の化学的侵食」
 - ・ 評価手法の開発・検証「長期間の熱影響評価技術」
- ほか

参考文献

参考 1 実用発電用原子炉の運転の期間の延長の審査基準(平成28年4月改正、原子力規制委員会決定)

参考 2 H.K. Hilsdorf, J. Kropp, and H.J. Koch, The Effects of Nuclear Radiation on the Mechanical Properties of Concrete, Special Publication of the American Concrete Institute, Volume 55, Number 10, pp. 223-254, 1978.

参考 3 運転期間延長認可制度及び高経年化対策制度に係る技術的知見の整備に関する研究(平成23～28年度)

参考 4 中性子照射がコンクリートの強度に及ぼす影響, NTEC-2019-1001, 原子力規制庁, 2019年8月

参考 5 実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド(平成29年9月20日改正、原子力規制委員会決定)