

志賀原子力発電所 1号炉
高経年化技術評価（30年目）審査会合における
指摘／質問事項の回答

2023年 1月19日
北陸電力株式会社

■ 2022年10月6日審査会合における指摘／質問事項は以下のとおり。

No.	指摘／質問事項	回答
① (照射誘起型応力腐食割れ)	<ul style="list-style-type: none"> 補足説明資料（照射誘起型応力腐食割れ）の4.2現状保全において、IASCCを考慮して目視点検（VT-3）を行っているが、維持規格上VT-3は、き裂の点検を目的としたものではない。現状において上部格子板にIASCCが発生していないことをどのように判断しているのか説明すること。 	本日回答
② (耐震安全性評価)	<ul style="list-style-type: none"> 耐震安全性評価に用いる地震力に耐震バックチェックの弾性設計用地震動Sdを用いているが、その設定根拠を説明すること。 Sdの設定根拠（耐震バックチェック時の報告書（平成22年4月22日）の該当記載部分と原子力保安院の確認結果）について提示すること。Sdと基準地震動S₁の比較（スペクトル図等）を提示すること。 	本日回答
③ (耐震安全性評価)	<ul style="list-style-type: none"> 流れ加速型腐食において、炭素鋼配管を評価対象としない理由を説明すること。 	本日回答

- 上部格子板グリッドプレートについて、運転開始後40年時点での中性子照射量の想定値が $2.33 \times 10^{25} \text{n/m}^2$ であり、IASCCの感受性が現れるしきい照射量 ($1 \times 10^{25} \text{n/m}^2$) を超えることを確認した。
- SCCは材料、環境、応力の3因子が重畳した時に発生することから、上部格子板グリッドプレートについて下表のとおり3因子の重畳の有無を確認した。

項目	評価内容
材料	中性子照射を受けたステンレス鋼（SUS316L）であり、IASCC発生の因子となる可能性を否定できない。
環境	通常運転時約286℃の純水であり、IASCC発生の因子となる可能性を否定できない。
応力	グリッドプレートには溶接部がないことから溶接による引張応力はない。また、運転中の差圧、熱、自重等による応力成分のうち支配的な自重による応力を評価した結果、発生応力は□MPaと小さいため、IASCC発生の因子となる可能性はない。

- これらのことから、上部格子板のグリッドプレートは、中性子照射量がしきい照射量を超え、材料、環境因子は排除できないものの、応力因子については発生応力が小さく、3因子が重畳することがないことから、IASCC発生の可能性はないと評価している。

枠囲みの内容は機密事項の観点から公開できません。

① 上部格子板の現状保全について

- 先の評価の結果から上部格子板グリッドプレートにおいては、IASCCが発生することがないと判断している。このため、現状保全としてはき裂の検出を行うことができる目視点検（MVT-1）ではなく、上部格子板に対する点検として維持規格に定められている目視点検（VT-3）により、過度の変形等の有無を確認することで機器の健全性は担保できると考えられる。これらのことから、補足説明資料（照射誘起型応力腐食割れ）において上部格子板での現状保全として、目視点検（VT-3）の実施計画を記載している。
- なお、自主的な点検として上部格子板グリッドプレートに対しては、IASCCによるき裂の発生有無を確認できるよう第15回定期検査時に目視点検（MVT-1）の実施を別途計画している。

目視試験	試験方法
VT-3	遠隔目視試験にて、炉内構造物について過度の変形・心合せ不良・傾き、部品の破損及び脱落を検出するために行う試験
MVT-1	炉内構造物の表面について、摩耗、き裂、腐食、浸食等の異常を検出するために行う試験

No.	指摘／質問事項	回答
<p>① (照射誘起型応力腐食割れ)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 補足説明資料（照射誘起型応力腐食割れ）の4.2現状保全において、IASCCを考慮して目視点検（VT-3）を行っているが、維持規格上VT-3は、き裂の点検を目的としたものではない。現状において上部格子板にIASCCが発生していないことをどのように判断しているのか説明すること。 	<p>本日回答</p>
<p>② (耐震安全性評価)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 耐震安全性評価に用いる地震力に耐震バックチェックの弾性設計用地震動Sdを用いているが、その設定根拠を説明すること。 Sdの設定根拠（耐震バックチェック時の報告書（平成22年4月22日）の該当記載部分と原子力保安院の確認結果）について提示すること。Sdと基準地震動S₁の比較（スペクトル図等）を提示すること。 	<p>本日回答</p>
<p>③ (耐震安全性評価)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 流れ加速型腐食において、炭素鋼配管を評価対象としない理由を説明すること。 	<p>本日回答</p>

■ 今回の耐震安全性評価に用いた弾性設計用地震動Sd

- 「志賀原子力発電所1号機「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価結果報告書」（平成22年4月27日）（以下、「志賀1号炉本報告」という。）における弾性設計用地震動Sd-1, 2, 3を包絡する地震動（0.79×基準地震動Ss-1）を用いた。

■ 経緯

- 志賀原子力発電所2号炉についての「志賀原子力発電所「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う耐震安全性評価結果中間報告書」（平成20年3月14日）に関する第10回原子力安全委員会（平成21年2月18日）の審議において、弾性設計用地震動Sd-1, 2, 3は基準地震動Ss-1, 2, 3のそれぞれ0.5倍として設定し、評価に用いる弾性設計用地震動Sdは弾性設計用地震動Sd-1, 2, 3を包絡する0.77×基準地震動Ss-1で代表する考え方が妥当と評価された（次頁参照）。
- その後、原子力安全・保安院の海上音波探査結果を踏まえて基準地震動Ss-2, 3を変更した。
- これに伴い、代表する地震動を新たな弾性設計用地震動Sd-1, 2, 3を包絡する0.79×基準地震動Ss-1に見直したものを志賀1号炉本報告に記載して提出した。

■ 結論

- 今回の耐震安全性評価に用いた弾性設計用地震動Sd（0.79×基準地震動Ss-1）は、当時の規制機関に妥当と評価された弾性設計用地震動Sd-1, 2, 3を包絡する地震動（0.77×基準地震動Ss-1）を上回るものであるため妥当である。

■ 第10回原子力安全委員会（平成21年2月18日） 資料第4－1（抜粋）

第10回原子力安全委員会
資料第4－1号

平成21年2月18日

原子力安全委員会委員長
鈴木篤之殿

耐震安全性評価特別委員会
委員長 入倉 孝次郎

「耐震設計審査指針の改訂に伴う北陸電力株式会社 志賀原子力発電所2号機
耐震安全性に係る中間報告の評価について」に対する見解について

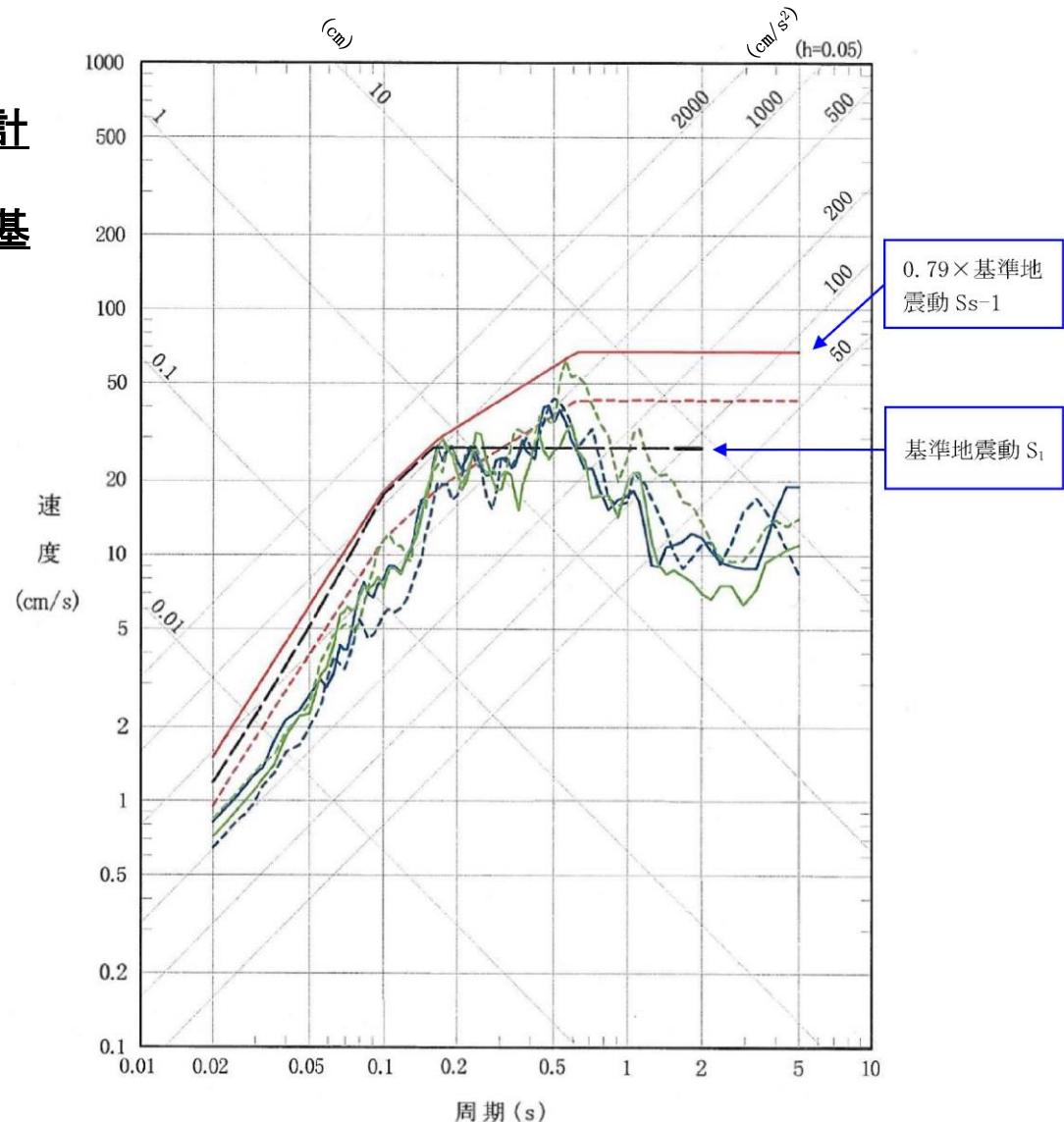
当特別委員会では、「耐震設計審査指針の改訂に伴う北陸電力株式会社 志賀原子
力発電所2号機耐震安全性に係る中間報告の評価について」について調査審議を行い、
別添のとおり見解を取りまとめましたので報告します。

（5）弾性設計用地震動Sdの設定の考え方等

○弾性設計用地震動Sdの設定の考え方等については、弾性設計用地震動Sdを基準地震動Ssによる安全機能保持をより確実なものとする観点から、弾性設計用地震動Sdと基準地震動Ssの応答スペクトルの比率（Sd/Ss）を0.5とすることを原則としているが、簡易的評価においては、基準地震動Ss-1～Ss-3に対応する弾性設計用地震動の応答スペクトルを包絡するように基準地震動Ss-1に0.77を乗じたもので確認しており、その考え方等は妥当であると考え。

■ 応答スペクトル図の比較

- 耐震安全性評価に用いた**弾性設計用地震動Sd** ($0.79 \times$ **基準地震動Ss-1**) は、右図に示すとおり、**基準地震動S₁**を上回るものである。



- : $0.79 \times$ 基準地震動Ss-1 (Ss-1に対し, 0.79倍)
- - : $0.5 \times$ 基準地震動Ss-1 (Ss-1に対し, 0.5倍)
- : $0.5 \times$ 基準地震動Ss-2_{NS} (Ss-2_{NS}に対し, 0.5倍)
- - : $0.5 \times$ 基準地震動Ss-2_{EW} (Ss-2_{EW}に対し, 0.5倍)
- : $0.5 \times$ 基準地震動Ss-3_{NS} (Ss-3_{NS}に対し, 0.5倍)
- - : $0.5 \times$ 基準地震動Ss-3_{EW} (Ss-3_{EW}に対し, 0.5倍)
- - : 基準地震動S₁

0.79 × 基準地震動Ss-1と基準地震動S₁の応答スペクトル図
(志賀1号炉本報告より抜粋)

No.	指摘／質問事項	回答
<p>① (照射誘起型応力腐食割れ)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 補足説明資料（照射誘起型応力腐食割れ）の4.2現状保全において、IASCCを考慮して目視点検（VT-3）を行っているが、維持規格上VT-3は、き裂の点検を目的としたものではない。現状において上部格子板にIASCCが発生していないことをどのように判断しているのか説明すること。 	<p>本日回答</p>
<p>② (耐震安全性評価)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 耐震安全性評価に用いる地震力に耐震バックチェックの弾性設計用地震動Sdを用いているが、その設定根拠を説明すること。 ・ Sdの設定根拠（耐震バックチェック時の報告書（平成22年4月22日）の該当記載部分と原子力保安院の確認結果）について提示すること。Sdと基準地震動S₁の比較（スペクトル図等）を提示すること。 	<p>本日回答</p>
<p>③ (耐震安全性評価)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 流れ加速型腐食において、炭素鋼配管を評価対象としない理由を説明すること。 	<p>本日回答</p>

＜耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出方法について＞

- 経年劣化の進展により振動応答特性又は構造・強度への影響が有意である劣化事象について、下表の3ステップで抽出した。
- この結果、「振動応答特性上又は構造・強度上、影響が「軽微もしくは無視」できない事象（◎）」については、耐震安全性評価を実施している。（別冊（耐震安全性評価）表1）

技術評価書で想定される経年劣化事象		ステップ1	ステップ2		ステップ3	
高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	下記を除く劣化事象	○	i	高経年化対策上着目すべき経年劣化事象であるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、又は小さいもの	×	×
			ii	現在発生しているか、又は将来にわたって起こることが否定できないもの	○	振動応答特性上又は構造・強度上、影響が「軽微もしくは無視」できない事象 振動応答特性上又は構造・強度上、影響が「軽微もしくは無視」できる事象
高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	想定した劣化事象と実際の劣化事象との乖離が考え難い経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）	○	i	日常劣化管理事象であるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、又は小さいもの	—	—
			ii	現在発生しているか、又は将来にわたって起こることが否定できないもの	○	振動応答特性上又は構造・強度上、影響が「軽微もしくは無視」できない事象 振動応答特性上又は構造・強度上、影響が「軽微もしくは無視」できる事象
	現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）	—			—	—

○：評価対象として抽出 ◎：耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象として抽出
 —：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象であり、日常劣化管理事象以外であるもの、あるいは日常劣化管理事象であるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、又は小さいものとして評価対象から除外
 ×：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではあるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、又は小さいものとして評価対象から除外
 ■：振動応答特性上又は構造・強度上、影響が「軽微もしくは無視」できる事象として評価対象から除外

＜炭素鋼配管の流れ加速型腐食（FAC）の各ステップでの判断について＞

■ 炭素鋼配管での流れ加速型腐食（FAC）については、ステップ1～3においてそれぞれ以下のとおり判断した。

➤ ステップ1

- 炭素鋼配管は、常時流れがある高温の純水及び蒸気環境で流れの乱れが起きる箇所では流れ加速型腐食（FAC）が想定される。そのため、内部流体の環境条件等を考慮して選定した点検箇所で行い減肉傾向の把握及び余寿命を算出し、結果に応じて取替等の日常劣化管理を行っていることから、評価対象として抽出した。（ステップ1：○）

➤ ステップ2

- 肉厚測定の結果より減肉傾向が確認されているため、「現在発生しているか、又は将来にわたって起こることが否定できないもの」と分類した。（ステップ2：○）

➤ ステップ3

- 流れ加速型腐食（FAC）が生じても、現状保全によって管理される程度の腐食による固有振動の影響は軽微であることから、「現在発生しているか、又は将来にわたって起こることが否定できないが、機器の振動応答特性又は構造・強度への影響が「軽微もしくは無視」できる事象」と分類した。（ステップ3：■）

- 機器の振動応答特性又は構造・強度への影響については、以下の理由により「軽微もしくは無視」できると判断した。

機器の振動応答特性への影響

各系統のうち余寿命が最も短い部位を含むモデルを抽出し、各部位の測定実績等に基づく減肉率を付与して算出した評価時点での肉厚を基に減肉前後での固有周期の変化を確認し、有意な変化がないことを確認した。

評価対象ライン	条件	固有周期（秒）
給水系	減肉前	0.073
	減肉後	0.074
主蒸気系	減肉前	0.172
	減肉後	0.173

構造・強度への影響

上記と同様の条件にて発生応力と疲れ累積係数を評価し、許容値を下回ることを確認した。

系統	クラス	地震波	供用状態	一次+二次応力（MPa）			疲れ累積係数（許容値 1 以下）		
				評価点	発生応力	許容応力	U	USs	U+USs
給水系	1	Ss-1	Ds	22	258	375	0.0190	0.0028	0.0218
主蒸気系	1	Ss-3	Ds	33	512	366	0.0472	0.1227	0.1699

※：各系統で発生応力及び疲れ累積係数が最大となる評価結果のみ表に記載

＜耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出結果について＞

- これらの結果から、炭素鋼配管の流れ加速型腐食（FAC）については、「振動応答特性上又は構造・強度上、影響が「軽微もしくは無視」できる事象（■）」と判断したことから、「耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象（◎）」として抽出していない。

技術評価書で想定される経年劣化事象	ステップ1	ステップ2	ステップ3	
高経年化対策上着目すべき経年劣化事象	○	i 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象であるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、又は小さいもの	×	×
		ii 現在発生しているか、又は将来にわたって起こることが否定できないもの	○	振動応答特性上又は構造・強度上、影響が「軽微もしくは無視」できない事象 ◎ 振動応答特性上又は構造・強度上、影響が「軽微もしくは無視」できる事象 ■
高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象	○	i 日常劣化管理事象であるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、又は小さいもの	—	—
		ii 現在発生しているか、又は将来にわたって起こることが否定できないもの	○	振動応答特性上又は構造・強度上、影響が「軽微もしくは無視」できない事象 ◎ 振動応答特性上又は構造・強度上、影響が「軽微もしくは無視」できる事象 ■
現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）	—	—	—	

- ：評価対象として抽出 ◎：耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象として抽出
- ：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象であり、日常劣化管理事象以外であるもの、あるいは日常劣化管理事象であるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、又は小さいものとして評価対象から除外
- ×：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではあるが、現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの、又は小さいものとして評価対象から除外
- ：振動応答特性上又は構造・強度上、影響が「軽微もしくは無視」できる事象として評価対象から除外

こたえていく。かなえていく。

