

原子力発電所の運営状況について

2022年9月2日
 関西電力株式会社

当社の原子力発電所における運営状況について、以下のとおりお知らせします。

1. 運転状況について（2022年9月1日現在）

発電所		電気出力 (kW)	運 転 状 況	備 考
美浜 発電所	3号機	82.6万	第26回 定期検査中 2021年10月23日～2022年9月26日予定*1 (調整運転中)	美浜発電所3号機の定期検査状況について（A封水注入フィルタ蓋フランジ部からの水漏れ） 詳細は3（2）のとおり 美浜発電所3号機の運転上の制限の逸脱について（Aアキュムレータ圧力の低下） 詳細は3（2）のとおり
高浜 発電所	1号機	82.6万	第27回 定期検査中 2011年1月10日～2023年6月3日*2	
	2号機	82.6万	第27回 定期検査中 2011年11月25日～2023年7月15日*2	
	3号機	87.0万	運転中	
	4号機	87.0万	第24回 定期検査中 2022年6月8日～2022年11月中旬予定*1	高浜発電所4号機の定期検査状況について（蒸気発生器伝熱管の損傷に関する原子炉施設故障等報告書の提出） 詳細は3（1）のとおり
大飯 発電所	3号機	118.0万	第19回 定期検査中 2022年8月23日～2023年1月中旬予定*1	
	4号機	118.0万	運転中	

※1：本格運転再開予定時期

※2：並列予定日

<新規制基準適合性審査に係る申請を行ったプラント> (2022年9月1日現在)

1. 重大事故等対処施設

発電所名	申請	申請日	補正日	許認可日
大飯 3、4号機	原子炉設置変更許可申請	2013. 7. 8	2016. 5. 18 2016. 11. 18 2017. 2. 3 2017. 4. 24	2017. 5. 24
	工事計画認可申請	2013. 7. 8 2013. 8. 5 ^{*1}	2016. 12. 1 2017. 4. 26 2017. 6. 26 2017. 7. 18 2017. 8. 15	2017. 8. 25
	保安規定変更認可申請	2013. 7. 8	2016. 12. 1 2017. 8. 25	2017. 9. 1
	使用前検査申請	3号機:2017. 8. 28 (開始:2017. 9. 11) 4号機:2017. 8. 28 (開始:2017. 9. 14)	2017. 11. 30	3号機:2018. 4. 10 4号機:2018. 6. 5
高浜 3、4号機	原子炉設置変更許可申請	2013. 7. 8	2014. 10. 31 2014. 12. 1 2015. 1. 28	2015. 2. 12
	工事計画認可申請	2013. 7. 8 2013. 8. 5 ^{*1}	2015. 2. 2 2015. 4. 15 2015. 7. 16 ^{*2} 2015. 7. 28 ^{*2} 2015. 9. 29 ^{*3}	3号機:2015. 8. 4 4号機:2015. 10. 9
	保安規定変更認可申請	2013. 7. 8	2015. 6. 19 2015. 9. 29	2015. 10. 9
	使用前検査申請	3号機:2015. 8. 5 (開始:2015. 8. 17) 4号機:2015. 10. 14 (開始:2015. 10. 21)	3号機:2015. 10. 14 ^{*4} 3号機:2015. 11. 25 4号機:2015. 11. 25 3号機:2016. 2. 8	3号機:2016. 2. 26 4号機:2017. 6. 16
美浜 3号機	原子炉設置変更許可申請	2015. 3. 17	2016. 5. 31 2016. 6. 23	2016. 10. 5
	工事計画認可申請	2015. 11. 26	2016. 2. 29 2016. 5. 31 2016. 8. 26 2016. 10. 7	2016. 10. 26
	保安規定変更認可申請	2015. 3. 17	2019. 7. 31	2020. 2. 27
	使用前検査申請	2017. 12. 15 [†] (開始:2018. 1. 15)	2019. 2. 6 2020. 4. 7 2020. 8. 21 2021. 1. 25 2021. 5. 12 2021. 5. 21	2021. 7. 27
高浜 1、2号機	原子炉設置変更許可申請 (高浜 1～4号機)	2015. 3. 17	2016. 1. 22 2016. 2. 10 2016. 4. 12	2016. 4. 20
	工事計画認可申請	2015. 7. 3	2015. 11. 16 2016. 1. 22 2016. 2. 29 2016. 4. 27 2016. 5. 27	2016. 6. 10
	保安規定変更認可申請	2019. 7. 31	-	2021. 2. 15
	使用前検査申請	2016. 10. 7 (開始:2016. 11. 14)	1、2号機:2019. 2. 6 1、2号機:2020. 4. 7 1号機 :2020. 8. 21 1号機 :2021. 2. 25 2号機 :2021. 4. 30 1、2号機:2021. 8. 2 1、2号機:2022. 2. 28 1、2号機:2022. 3. 15 1、2号機:2022. 7. 1	-

- ※1:高浜発電所3、4号機では2015. 2. 2の補正書に、大飯発電所3、4号機では2016. 12. 1の補正書に、2013. 8. 5の申請内容を含めたため、2013. 8. 5の申請を取り下げ。
- ※2:高浜発電所3号機および共用設備のうち3号機に分類した設備について補正書を提出。
- ※3:高浜発電所4号機および共用設備のうち4号機に分類した設備について補正書を提出。
- ※4:高浜発電所4号機の共用設備の使用前検査時期を高浜発電所3号機の使用前検査工程に反映した記載内容の変更。

2. 特定重大事故等対処施設

発電所名	申請	申請日	補正日	許認可日
高浜 3、4号機	原子炉設置変更許可申請	2014. 12. 25	2016. 6. 3 2016. 7. 12	2016. 9. 21
	工事計画認可申請	2017. 4. 26	2018. 12. 21 2019. 4. 26 2019. 7. 17 2019. 7. 30	2019. 8. 7
	保安規定変更認可申請	2020. 4. 17	2020. 9. 8 2020. 9. 17 2020. 9. 28	2020. 10. 7
	使用前検査申請	2019. 8. 13	2019. 8. 30 2020. 2. 3 2020. 2. 27 2020. 3. 24 2020. 4. 7 2020. 4. 23 2020. 12. 4 2021. 3. 5	3号機:2020. 12. 11 4号機:2021. 3. 25
高浜 1、2号機	原子炉設置変更許可申請 (高浜1～4号機)	2016. 12. 22	2017. 4. 26 2017. 12. 15	2018. 3. 7
	工事計画認可申請	(第1回)2018. 3. 8	(第1回)2018. 10. 5 (第1回)2019. 2. 19 (第1回)2019. 3. 20 (第1回)2019. 4. 9 (第1回)2019. 4. 19	(第1回)2019. 4. 25
		(第2回)2018. 11. 16	(第2回)2019. 5. 31 (第2回)2019. 8. 2 (第2回)2019. 8. 21	(第2回)2019. 9. 13
		(第3回)2019. 3. 15	(第3回)2019. 8. 2 (第3回)2019. 9. 27	(第3回)2019. 10. 24
		(第4回)2019. 5. 31	(第4回)2019. 12. 25 (第4回)2020. 2. 13	(第4回)2020. 2. 20
	保安規定変更認可申請	2022. 5. 23	-	-
使用前検査申請	(第1回)2019. 7. 9 (第2回)2019. 10. 17 (第3回)2019. 11. 12 (第4回)2020. 2. 27	2020. 3. 24 2020. 12. 4 2021. 4. 22 2021. 8. 2 2022. 3. 15 2022. 4. 15 2022. 7. 1	-	
美浜3号機	原子炉設置変更許可申請	2018. 4. 20	2020. 4. 1 2020. 5. 22	2020. 7. 8
	工事計画認可申請※ ¹	2020. 7. 10	2021. 3. 24 2021. 3. 31	2021. 4. 6
	保安規定変更認可申請	2021. 9. 17	2022. 2. 24 2022. 3. 24	2022. 3. 25
	使用前検査申請※ ²	2021. 4. 7	2021. 5. 12 2021. 7. 5 2021. 8. 2 2022. 2. 7 2022. 3. 15 2022. 6. 17 2022. 7. 1	2022. 7. 28
大飯 3、4号機	原子炉設置変更許可申請	2019. 3. 8	2019. 12. 26 2020. 2. 5	2020. 2. 26
	工事計画認可申請※ ¹	(第1回)2020. 3. 6	(第1回)2020. 4. 14 (第1回)2020. 12. 14	(第1回)2020. 12. 22
		(第2回)2020. 8. 26	(第2回)2021. 4. 30 (第2回)2021. 8. 13	(第2回)2021. 8. 24
	保安規定変更認可申請	2021. 9. 17	2022. 2. 24	2022. 3. 24
使用前検査申請※ ²	3号機 : (第1回)2021. 1. 8 4号機 : (第1回)2021. 5. 12	3号機 : (第1回)2021. 4. 28 3,4号機 : (第1回)2021. 6. 29 3号機 : (第1回)2021. 8. 2	4号機:2022. 8. 10	
	3,4号機:(第2回)2021. 9. 3	3,4号機:(第2回)2022. 1. 27 3,4号機:(第2回)2022. 2. 7 3,4号機:(第2回)2022. 3. 15 4号機:(第2回)2022. 5. 30 3,4号機:(第2回)2022. 7. 1	4号機:2022. 8. 10	

※1 : 2020. 4. 1以降は関係法令等の改正 (新検査制度導入) により「設計及び工事計画認可申請」として申請
 ※2 : 2020. 4. 1以降は関係法令等の改正 (新検査制度導入) により「使用前確認申請」として申請

2. 廃止措置の状況（2022年9月1日現在）

発電所名	廃止措置の状況
美浜1号機	・2次系設備の解体撤去作業中（2018.4.2～）
美浜2号機	・2次系設備の解体撤去作業中（2018.3.12～）
大飯1号機	・2次系設備の解体撤去作業中（2020.4.1～） ・第2回 定期事業者検査中（2022.7.6～2022.12月上旬予定） ・残存放射能調査作業中（2022.8.1～）
大飯2号機	・2次系設備の解体撤去作業中（2020.4.1～） ・第2回 定期事業者検査中（2022.7.6～2022.12月上旬予定） ・残存放射能調査作業中（2022.7.15～）

3. トラブル情報等について

（1）法令に基づき国に報告する事象（安全協定の異常時報告事象にも該当する事象）

発電所名	高浜発電所4号機	発生日	2022年7月8日
件名	高浜発電所4号機の定期検査状況について （蒸気発生器伝熱管の損傷に関する原子炉施設故障等報告書の提出） 添付資料1～5参照		
事象概要 および 対策等	<p>高浜発電所4号機（加圧水型軽水炉 定格電気出力87万キロワット、定格熱出力266万キロワット）は、2022年6月8日から実施している第24回定期検査において、3台（A、B、C）ある蒸気発生器（SG）の伝熱管全数^{※1}について渦流探傷検査（ECT）^{※2}を実施しました。</p> <p>その結果、A-SGの伝熱管4本、B-SGの伝熱管1本およびC-SGの伝熱管5本について、管支持板^{※3}部付近に外面（2次側）からの減肉とみられる有意な信号指示^{※4}が認められました。</p> <p>これらのほか、A-SGの伝熱管1本およびB-SGの伝熱管1本について、管支持板部付近に外面（2次側）からの微小な減肉とみられる信号指示（判定基準未満）が認められました。</p> <p>その後、小型カメラによる調査結果から、伝熱管の周方向に摩耗減肉とみられるきずを確認するとともに、当該伝熱管周辺の管支持板下面に接触痕を確認しました。また、SG器内にスケール^{※5}およびスラッジ^{※6}が残存していることを確認しました。</p> <p>引き続き、小型カメラによるSG器内のスケールおよびスラッジの残存状況等の調査を進めるとともに、SG器内からスケールを回収し、それらの形状や性状等の調査や対策等の検討を行うこととしました。</p> <p>なお、本件による環境への放射能の影響はありません。</p> <p>※1：過去に有意な信号指示が認められ、施栓した管等を除きA-SGで3,243本、B-SGで3,247本、C-SGで3,253本、合計9,743本。 ※2：高周波電流を流したコイルを伝熱管に接近させることで対象物に渦電流を発生させ、対象物のきず等により生じた渦電流の変化を電気信号として取り出すことできず等を検出する検査であり、伝熱管の内面（1次側）から、伝熱管の内面（1次側）と外面（2次側）の両方を検査している。 ※3：伝熱管を支持する部品。 ※4：割れを示す信号や20%以上の減肉を示す信号の指示。 ※5：2次冷却水に含まれる鉄の微粒子が、給水系統によってSG内に流れ集まって伝熱管に付着したもの。 ※6：スケールが砕けて小さくなったもの。</p> <p style="text-align: right;">（2022年7月8日、22日 お知らせ済み）</p> <p>その後、当社は、調査結果や原因と対策を取りまとめ、2022年8月23日、原子力規制委員会に原子炉施設故障等報告書を提出しました。</p> <p>今後、原子力規制委員会が当該報告書の確認を行うことから、当社は、真摯に対応してまいります。</p>		

事象概要
 および
 対策等

1. 外面からの信号指示があった伝熱管の調査

伝熱管の外面減肉については、高浜発電所3号機および4号機の前回定期検査（3号機：第24回、4号機：第23回）、前々回定期検査（3号機：第23回、4号機：第22回）においても同様の事例が発生しており、調査の結果、原因はスケールによるものと推定しています。

このことから、小型カメラによる損傷箇所の調査に加え、改めてSG器内のスケールの形状や性状の調査および伝熱管の外観観察等を実施しました。

また、高浜発電所3号機および4号機では、前回定期検査において、スケールの脆弱化を図るために、薬品洗浄を実施しましたが、高浜発電所3号機の今定期検査（第25回）における調査では、薬品洗浄後も稠密なスケールがSG器内に残存していたと推定されました。

このため、高浜発電所4号機においても、高浜発電所3号機と同様に、前回定期検査で実施した薬品洗浄の効果について調査しました。

(1) 信号指示が認められた箇所の外観調査

小型カメラを用いて、有意な減肉信号指示が認められた伝熱管10本および微小な減肉信号指示が認められた伝熱管2本（合計12本）の外観を観察した結果、信号指示箇所の伝熱管の周方向に摩耗減肉とみられるきずがありました。

その大きさは、幅1mm以下から約1mm、周方向に約2mmから約7mmでした。

なお、きずの周辺にはスケール等の付着物は認められなかったものの、当該伝熱管周辺の管支持板下面に接触痕がありました。

(2) SG器内のスケールおよびスラッジの残存状況等の調査

小型カメラを用いて、A、B、C-SGの管板から第7管支持板上面の調査を行った結果、スケールおよびスラッジが残存していました。

(3) SGから回収したスケールの形状および性状の調査

A、B、C-SGの管板から第3管支持板上面に残存しているスケールのうち、比較的大きなものを選定し、約200個取り出しました。

(スケールの形状)

各SGから取り出したスケールは、主に多角型、長尺型に分類され、長さが最大のものは、前者が長さ約25mm、幅約13mm、後者が長さ約29mm、幅約6mmであり、大半は管支持板の流路穴よりも大きく、運転中に管支持板下面に留まる可能性のある形状でした。

これらのスケールは、目視確認の結果、やや湾曲した形状をしており、そのうち各SGから取り出した15個のスケールについて、3次元測定器により計測した結果、直径約22.3～22.5mmの円筒状に沿った形状であり、伝熱管（円筒）の外径（直径22.2mm）に近い形状でした。

(スケールの性状)

スケールの化学成分分析を実施した結果、主成分はマグネタイトで、SG器内で発生するスラッジと同成分であることを確認しました。

スケール120個を対象に断面観察を行った結果、稠密層（密度の高い酸化鉄の層）が主体のスケールを48個確認するとともに、スケール50個を対象（約10mm×5mm以上）に摩耗試験を行い、伝熱管とスケールの摩耗体積比を調査した結果、伝熱管の減肉量がスケール摩滅量以上のスケールを2個確認しました。

今回取り出したスケールについて、今後、追加の3次元測定器による計測、断面観察および摩耗試験を実施し、スケールの形状や性状に関する知見の拡充を図ります。

事象概要
 および
 対策等

(接触痕を有するスケールの調査)

減肉が認められた伝熱管に接触していた可能性のあるスケールを調査するために、A～C—SG器内から取り出したスケールの外観を観察しました。このうち、AおよびB—SG伝熱管減肉部の下方（第2管支持板上面）に残存していたスケール各1個については、伝熱管減肉部と接触していたと想定される部位に接触痕および光沢がありました。

これらのスケールの形状を計測した結果、直径約22.6mm（A—SG採取スケール）、直径約22.3mm（B—SG採取スケール）の円筒状に沿った形状であり、伝熱管（円筒）の外径（直径22.2mm）に近い形状でした。

電子顕微鏡による観察を行った結果、接触想定部位に伝熱管との摺動によりできたものと推定される筋状痕がありました。

化学成分分析の結果、主成分はマグネタイトで、SG器内で発生するスラッジと同成分であり、接触想定部位に伝熱管の主成分であるニッケルおよびクロムの成分を検出しました。

これらのスケールを切断して断面を観察した結果、スケールの厚さは約0.2mm（A—SG採取スケール）、約0.3mm（B—SG採取スケール）であり、稠密層が主体のスケールでした。

(4) SG器内の伝熱管表面の観察

SG器内のスケールの残存状況等の調査に合わせ、伝熱管の外観観察を行った結果、ほぼ全ての伝熱管は全面的にスケールに覆われていました。しかし、一部の伝熱管には局所的にスケールが剥離した痕跡等が認められました。

これらの状況については、高温側と低温側（水平方向）、管支持板間（上下方向）において有意な差は認められませんでした。

(5) SGの運転履歴調査等（前回定期検査における調査結果）

スケールの生成には、SG器内への鉄イオンや鉄微粒子の持ち込み量が関係していることから、前回定期検査において、SGの運転時間、水質管理の履歴および長期停止の影響について調査を行いました。

その結果、水質管理に問題はなかったものの、高浜発電所3号機および4号機はSGの運転時間が長いことなどから、SG器内に持ち込まれた鉄分の積算量は、他プラントに比べ多いことを確認しました。

また、福島第一原子力発電所事故後の長期停止に伴い、腐食防止のため、SG器内をヒドラジン水による満水保管にしており、その状態を模擬した試験の結果、時間の経過とともにスケールを構成する鉄粒子が結合し粒径が大きくなることを確認しました。

このため、長期停止に伴い、スケールの粒径が大きくなることで、伝熱管との接触面積が減少し、プラントの運転等に伴い伝熱管から剥離しやすくなったものと推定しました。

(6) 異物混入の可能性の調査

SG器外の系統を対象に、SGブローダウン系統およびタービンサンプラインの仮設ストレーナ等の開放点検を実施した結果、異物はありませんでした。

また、小型カメラによりSG器内の管板から第7管支持板の間の調査を行った結果、異物はありませんでした。

事象概要
および
対策等

(7) 減肉メカニズムの検討

工場における再現試験等の結果、SG器内の2次冷却水の流れにより、スケールの形状によっては管支持板下面に留まりました。

また、伝熱管がプラント運転に伴い振動することでスケールと繰り返し接触し、摩耗減肉が発生しました。

(8) 高浜発電所3号機および4号機のこれまでのスケールへの対策

高浜発電所3号機および4号機の前回定期検査において、スケールの脆弱化を目的として2回の薬品洗浄（1回目：第3管支持板以下を薬品濃度3%、2回目：伝熱管全域を薬品濃度2%）を実施しましたが、高浜発電所3号機の今定期検査（2022年3月～8月）において、スケールによるものと推定される伝熱管の外面減肉事象が再度発生しました。

これを受けて薬品洗浄の再現試験を行ったところ、スケール近傍にスラッジが存在する場合はスケールの脆弱化効果が低減することを確認したため、薬品洗浄の前に小型高圧洗浄装置を用いてスケールおよびスラッジを可能な限り除去することとしました。

また、SG器内の構成部品に大きな影響を及ぼすことなくスケールの脆弱化を凶る薬品洗浄条件について再度検討した結果、伝熱管全域を薬品濃度3%での薬品洗浄を2回実施することにより、スケール近傍にスラッジが存在する場合でもスケールを脆弱化できることを工場試験で確認しました。

そこで、高浜発電所3号機の今定期検査において、小型高圧洗浄装置を用いたスケールおよびスラッジの除去ならびに新規条件での薬品洗浄を実施したところ、管支持板上等のスケールおよびスラッジを大幅に低減でき、薬品洗浄後にSG器内からの鉄除去量を評価した結果、1基あたり約1,000kgの鉄分が除去されたことを確認しました。

2. 推定原因

SG器内の調査結果から、伝熱管の外面減肉が認められた原因は、これまでの運転に伴い、伝熱管表面に生成された稠密なスケールが前回定期検査時の薬品洗浄の後もSG器内に残存し、プラント運転中に管支持板下面に留まり、そのスケールに伝熱管が繰り返し接触したことで摩耗減肉が発生した可能性が高いと推定しました。

3. 対策

(1) 蒸気発生器器内の洗浄

高浜発電所3号機の今定期検査において実施した対策によりSG器内のスケール除去・脆弱化が効果的に実施できたこと、および高浜発電所4号機の今定期検査において採取したスケールに対しても、高浜発電所3号機の今定期検査で実施した薬品洗浄が有効に作用することを確認したことから、高浜発電所4号機の今定期検査においては以下の対策を実施します。

- ・ 薬品洗浄前にSG器内のスケールおよびスラッジを可能な限り除去するため、小型高圧洗浄装置を用いて管支持板の洗浄を実施します。
- ・ その上で、SG器内のスケールの脆弱化を凶るため、前回より薬品量を増やした条件（1回目、2回目ともに伝熱管全域を薬品濃度3%で洗浄）で薬品洗浄を実施します。

(2) 伝熱管の施栓

きずが認められた伝熱管12本については、高温側および低温側管板部で閉止栓（機械式栓）を施工し、使用しないこととします。

（2022年8月23日 お知らせ済）

以上

(2) 安全協定の異常時報告事象

発電所名	美浜発電所3号機	発生日	2022年8月1日
件名	美浜発電所3号機の定期検査状況について (A封水注入フィルタ蓋フランジ部からの水漏れ)		
事象概要 および 対策等	添付資料6参照		
	<p>美浜発電所3号機(加圧水型軽水炉 定格電気出力82万6千キロワット、定格熱出力244万キロワット)は、第26回定期検査中のところ、1次冷却材系統の漏えい試験のため、同系統の昇温、昇圧中の8月1日、原子炉補助建屋内のA封水注入フィルタ蓋フランジ部から水の漏えいを確認しました。床面の水溜まり量や原子炉補助建屋サンプの水位上昇量から、漏えい量は、約7m³(放射エネルギーは約2.2×10⁶Bq)と推定しました。</p> <p>調査の結果、前回定期検査でのフィルタ取替工事において、フランジ部のボルトを締め付けるトルク値(締め付け力)の誤った値が作業要領に記載されており、現場でも本来のトルク値より低い値でフランジ部のボルトが締め付けられていることが分かりました。このため、プラントの運転等に伴う系統圧力により、当該フランジ部の漏れ止め用のOリングが徐々に外側に押し出され、破断し、漏えいが発生したと推定しました。</p> <p>作業要領に誤ったトルク値が記載された原因は、前回定期検査でのフィルタ取替工事において、協力会社作業員が、当該工事の作業要領を作成するにあたり、当社が承認した工事計画に記載されているトルク値を引用すべきところ、協力会社作業員のパソコンに保存されていた誤ったトルク値を引用したためでした。</p> <p>発電所における工事の契約・発注の流れは、「契約と発注を一括して行う工事」と「契約と発注を別に行う工事」に大別され、当該工事は「契約と発注を別に行う工事」に該当しますが、「契約と発注を別に行う工事」では、契約後、協力会社が工事計画書を作成し、当社が承認することになっているものの、その後、工事計画書に基づき作成する作業要領については、発注を受けた協力会社が作成し、そのまま工事を実施する運用になっていました。</p> <p>対策として、「契約と発注を別に行う工事」について、協力会社は、作成した作業要領のトルク等が承認された工事計画書の値と同じであることを確認したうえで当社へ報告し、当社は、協力会社が作成する作業要領を工事実施前に確認する運用とします。また、漏えい防止および機器の動作不良防止の観点から、起動時の現場点検を強化します。</p> <p style="text-align: right;">(2022年8月1日、16日 お知らせ済み)</p> <p>その後、起動試験時の1次冷却材系統の昇温・昇圧過程およびその完了後において、当社社員や協力会社など延べ約200名の体制で現場点検を実施しました。</p> <p>今後、定格熱出力一定運転到達後の段階においても、同様の体制で現場点検を行う予定です。</p> <p style="text-align: right;">(2022年8月29日 お知らせ済み)</p> <p style="text-align: right;">以上</p>		

発電所名	美浜発電所3号機	発生日	2022年8月21日
件名	美浜発電所3号機の運転上の制限の逸脱について (Aアキュムレータ圧力の低下)		
事象概要 および 対策等	<p style="text-align: right;">添付資料7参照</p> <p>美浜発電所3号機（加圧水型軽水炉 定格電気出力82万6千キロワット、定格熱出力244万キロワット）は、第26回定期検査中、8月21日、中央制御室において「Aアキュムレータ^{※1}圧力低」の警報が発信しました。関連パラメータを確認したところ、Aアキュムレータ圧力が、保安規定に定める運転上の制限値4.04MPaを下回り、4.010MPaに低下していることを確認したため、保安規定の運転上の制限^{※2}を満足していない状態にあると判断しました。なお、同日中にAアキュムレータ圧力が4.052MPaに回復したことから、保安規定の運転上の制限を満足する状態に復帰しています。</p> <p>その後、Aアキュムレータの本体、圧力計、安全弁^{※3}等について、外観点検等を実施した結果、安全弁に長さ9mm、幅1mmの打痕を確認しました。なお、本体や圧力計等に異常はなく、また、当該弁の分解点検では、部品間への異物混入やバネのへたりが無いことを確認しました。</p> <p>今回の定期検査状況を確認した結果、当該弁近傍で足場設置等の作業が行われており、この打痕は作業で使用した資機材が接触したことにより生じた可能性があることが判明しました。</p> <p>当該弁に衝撃が加わった場合、弁体にずれが生じ、作動圧力が変動する可能性があることから、当該弁に資機材が接触したことで作動圧力が変動し、本来作動すべき設定値より低い値で作動した結果、Aアキュムレータの圧力が低下したものと推定しました。</p> <p>対策として、当該弁の手入れや漏えい検査等を行い復旧しました。また、安全弁への接触に関する注意事項を社内マニュアルに反映するとともに、協力会社へ本事象を説明し注意喚起を図りました。さらに、今回の定期検査において、足場設置等の作業を実施したエリアを対象に、資機材が接触する可能性のある全ての機器の外観点検を実施し、機能・性能に影響を及ぼすような打痕等がないことを確認しました。</p> <p>※1：ほう酸水を蓄えているタンクで、3系統ある1次冷却系統にそれぞれ1基ずつ設置されている。1次冷却材喪失事故時など、1次冷却系統の圧力が窒素で加圧されているアキュムレータの圧力よりも低下した際に、ほう酸水が系統に注入される。</p> <p>※2：保安規定第51条および85条において、モード1、2および3（1次冷却材圧力が6.89MPaを超える場合）におけるアキュムレータ圧力は、4.04MPa以上であることが求められている。</p> <p>※3：アキュムレータの過加圧による機器損傷を防止するため減圧させるための機器。</p> <p style="text-align: right;">（2022年8月21日、29日 お知らせ済み）</p> <p style="text-align: right;">以上</p>		

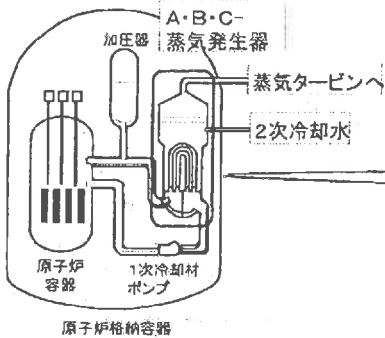
(3) 保全品質情報等
なし

以上

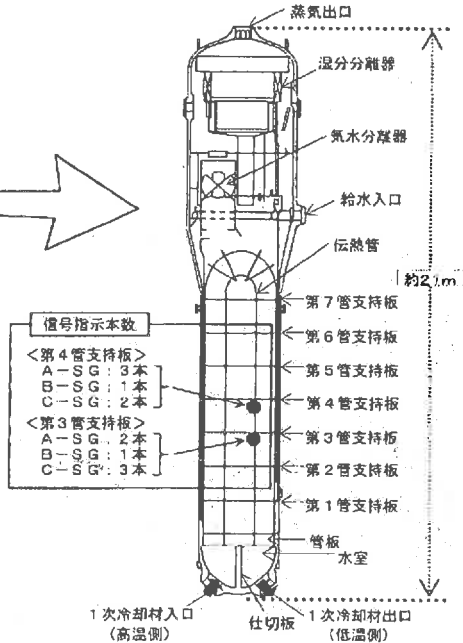
外面からの信号指示があった伝熱管の調査

発生箇所

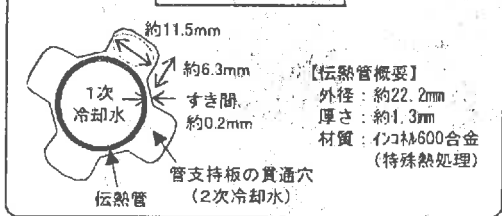
系統概要図



蒸気発生器の概要図

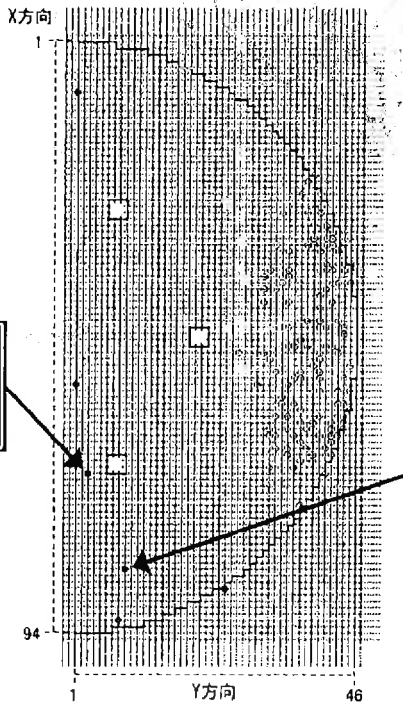


伝熱管の拡大平面図



B-蒸気発生器の調査

B-蒸気発生器上部から見た伝熱管位置を示す図



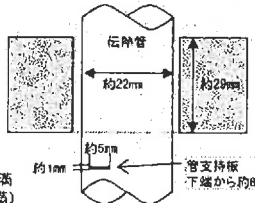
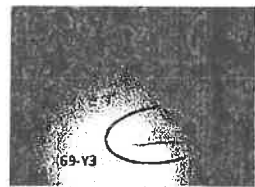
<第3管支持板>
微小な信号指示管 (X69-Y3)

<第4管支持板>
有意な信号指示管 (X84-Y9)

- 今回外面減肉が認められた位置 (2本)
- 駆逐検査箇所 (外面減肉) (1本)
- 駆逐検査 (駆逐部応力腐食割れ) (3本)
- 駆逐検査 (駆逐部応力腐食割れ以外) (131本)

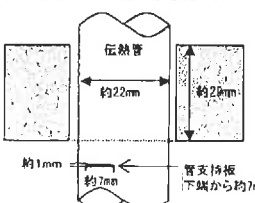
小型カメラで確認したきずの状況

第3管支持板 (X69-Y3)



きずの深さ: 減肉率20%未満 (判定基準未滿)

第4管支持板 (X84-Y9)



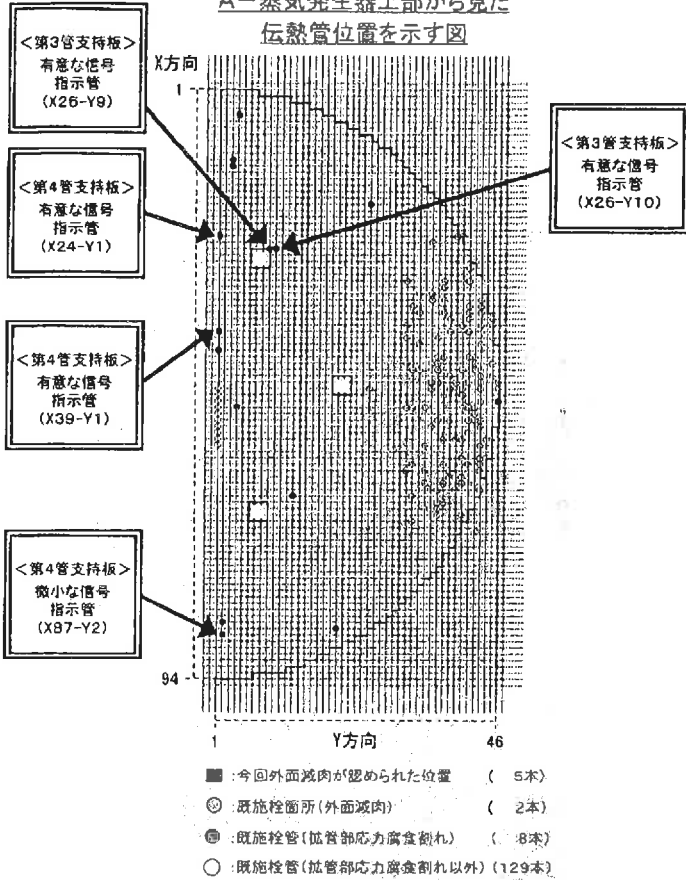
きずの深さ: 減肉率約49%

※ 渦流探傷検査 (ECT) 結果による

A-蒸気発生器の調査

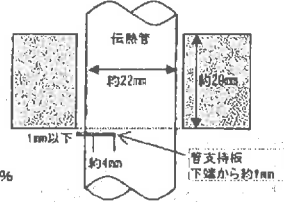
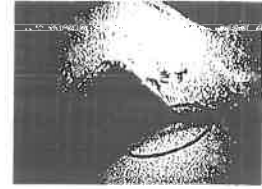
小型カメラで確認したきずの状況

A-蒸気発生器上部から見た
伝熱管位置を示す図



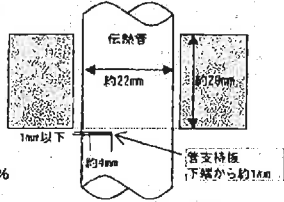
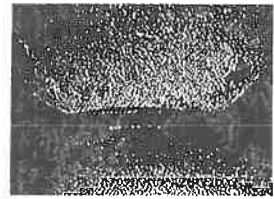
- : 今回外面減肉が認められた位置 (5本)
- ◎ : 既施検査箇所(外面減肉) (2本)
- : 既施検査(拡管部応力腐食割れ) (8本)
- : 既施検査(拡管部応力腐食割れ以外) (129本)

第3管支持板
(X26-Y9)



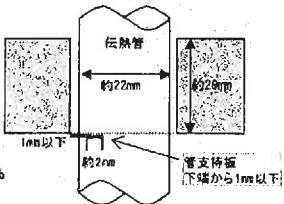
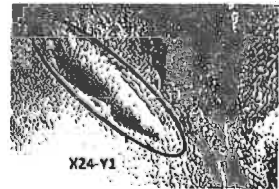
きずの深さ* : 減肉率約33%

第3管支持板
(X26-Y10)



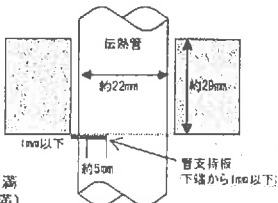
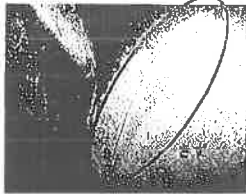
きずの深さ* : 減肉率約40%

第4管支持板
(X24-Y1)



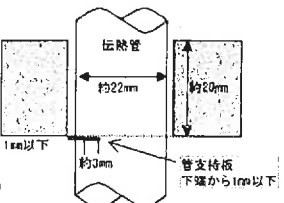
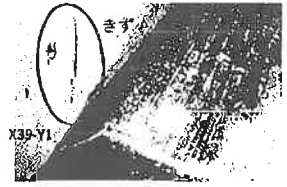
きずの深さ* : 減肉率約25%

第4管支持板
(X87-Y2)



きずの深さ* : 減肉率20%未満
(判定基準未満)

第4管支持板
(X39-Y1)



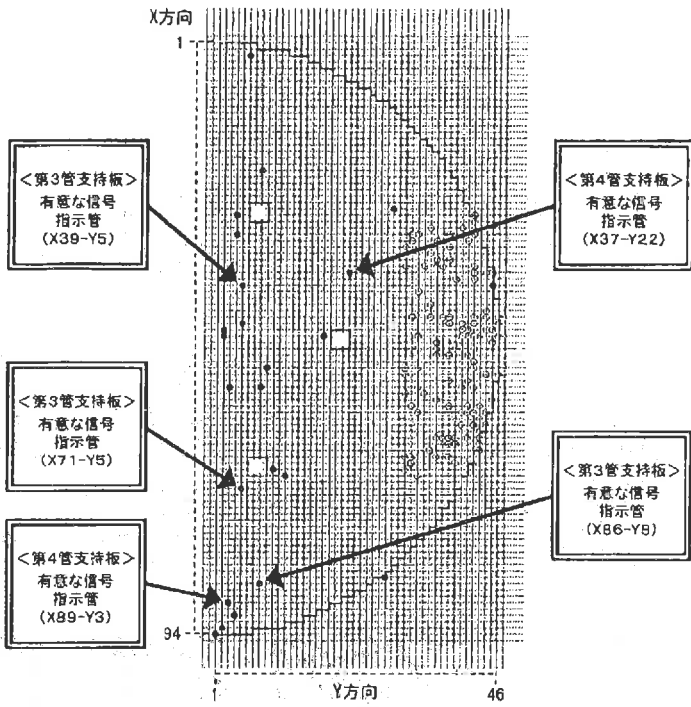
きずの深さ* : 減肉率約47%

* 渦流探傷検査(ECT)結果による

C-蒸気発生器の調査

小型カメラで確認したきずの状況

C-蒸気発生器上部から見た
伝熱管位置を示す図



<第3管支持板>
有意な信号
指示管
(X39-Y5)

<第4管支持板>
有意な信号
指示管
(X37-Y22)

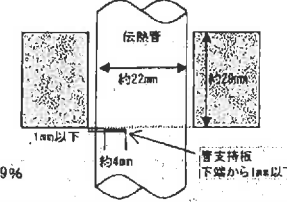
<第3管支持板>
有意な信号
指示管
(X71-Y5)

<第3管支持板>
有意な信号
指示管
(X86-Y8)

<第4管支持板>
有意な信号
指示管
(X89-Y3)

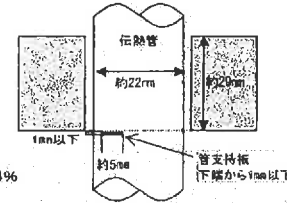
- : 今回外面減肉が認められた位置 (5本)
- ◎ : 既施設箇所(外面減肉) (6本)
- : 既施設管(拡管部応力腐食割れ) (13本)
- : 既施設管(拡管部応力腐食割れ以外) (110本)

第3管支持板
(X39-Y5)



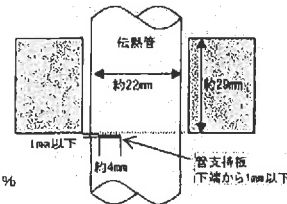
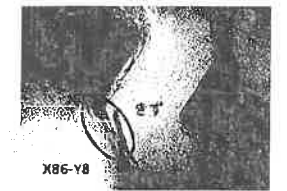
きずの深さ*: 減肉率約49%

第3管支持板
(X71-Y5)



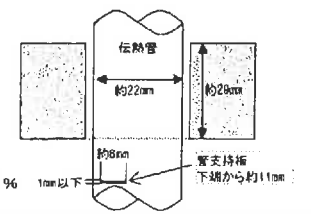
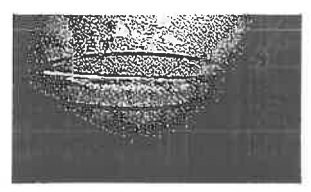
きずの深さ*: 減肉率約34%

第3管支持板
(X86-Y8)



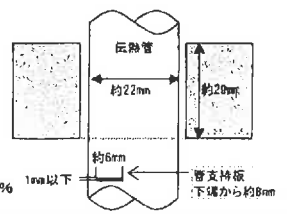
きずの深さ*: 減肉率約35%

第4管支持板
(X89-Y3)



きずの深さ*: 減肉率約31%

第4管支持板
(X37-Y22)



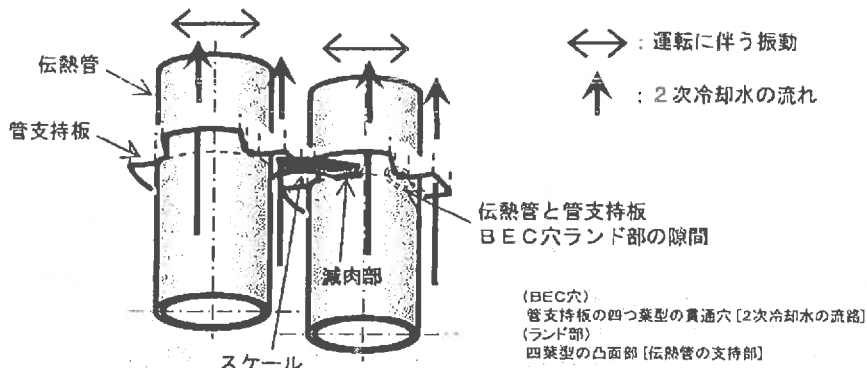
きずの深さ*: 減肉率約34%

*: 渦流探傷検査(ECT)結果による

スケールの形状および伝熱管外表面の調査結果

管支持板下面での減肉のメカニズム

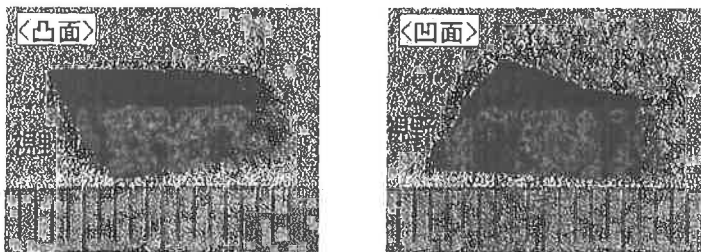
工場における再現試験等の結果、蒸気発生器内の水・蒸気の流れにより管支持板下面に留まったスケールに伝熱管が繰り返し接触することにより、摩耗減肉が発生することを確認しました。



スケールの形状調査結果

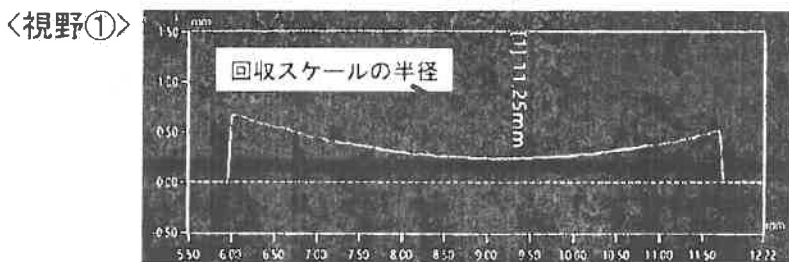
A、B、C蒸気発生器の管板、第1管支持板、第2管支持板および第3管支持板上面等に残存しているスケールのうち、比較的大きなものを選定し、約200個を取り出したものの中から、スケールの形状調査を行いました。

A 蒸気発生器 管板上面（高温側）から回収したスケール



形状：主に多角型と長尺型
 寸法：多角型で長さが最大のものは、長さ約25mm、幅約13mm
 長尺型で長さが最大のものは、長さ約29mm、幅約6mm

スケールを3次元測定器で計測した結果



直径約22.3~22.5mmの円筒状に沿った形状で、伝熱管（円筒）の外周（直径22.2mm）に近い形状

伝熱管外表面の観察結果

A 蒸気発生器 （第3管支持板、低温側）

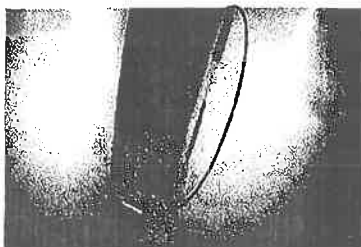
第4管支持板側



第2管支持板側

B 蒸気発生器 （第1管支持板、低温側）

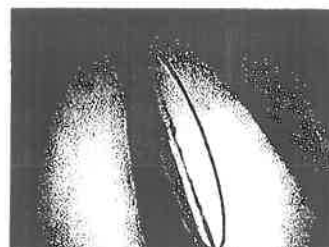
第2管支持板側



管板側

C 蒸気発生器 （第2管支持板、低温側）

第3管支持板側




第1管支持板側

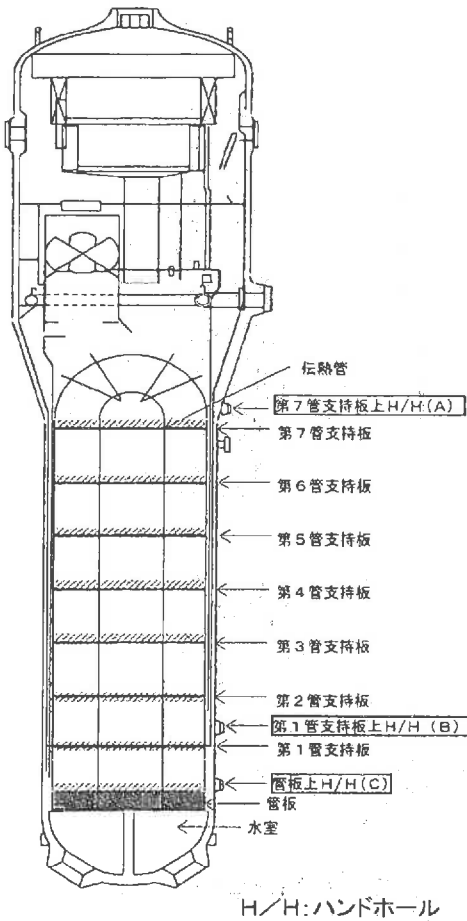
○：スケールの剥離痕

A、B、C蒸気発生器のほぼ全ての伝熱管は全面的にスケールに覆われていました。また、一部の伝熱管は局所的にスケールが剥離した痕跡等も認められました。

蒸気発生器器内の洗浄

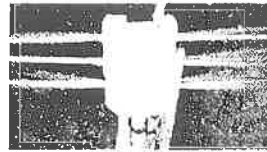
① 小型高圧洗浄装置による洗浄(スケール等の回収)

洗浄箇所: 
(管板および第1管支持板から第7管支持板上)

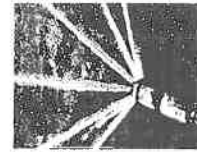


STEP1: 第7～第3管支持板の洗浄

第7管支持板上ハンドホール(A)から装置を挿入し、高圧水を噴射することにより、上層の第7管支持板上から順に第3管支持板上までのスケール等を下層の管支持板へ落下させる。



第7管支持板用



第3～6管支持板用

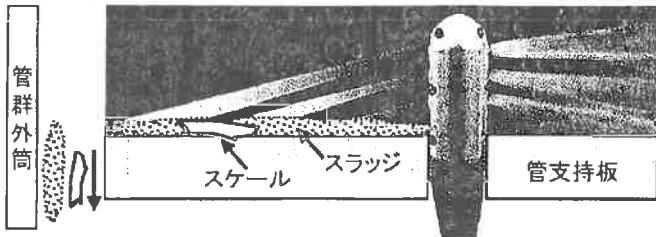
STEP2-1: 第2, 1管支持板の洗浄(垂直ノズルによる洗浄)

第1管支持板上ハンドホール(B)から装置を挿入し、上下方向に高圧水を噴射することで、管支持板と伝熱管との隙間を清掃し、スケール等を管支持板上へ移動させる。



STEP2-2: 第2, 1管支持板の洗浄(水平ノズルによる洗浄)

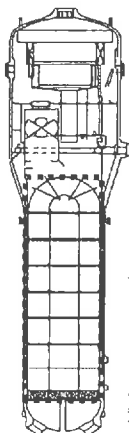
STEP2-1により管支持板上に移動させたスケール等を押し流し、管板に落下させる。



STEP3: 管板上の洗浄

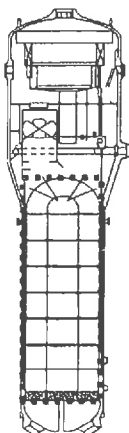
定期検査毎に実施している高圧水による管板上の洗浄により、管板上ハンドホール(C)からスケール等を回収する。

② 薬品による洗浄(スケール全体の脆弱化)



STEP 1 鉄洗浄

濃度: 3%
 範囲: 伝熱管全体
 <前回>
 濃度: 3%
 範囲: 第3管支持板以下



STEP 2 鉄洗浄

濃度: 3%
 範囲: 伝熱管全体
 <前回>
 濃度: 2%
 範囲: 伝熱管全体

洗浄箇所: 



スケール排出
(回収)

STEP 3

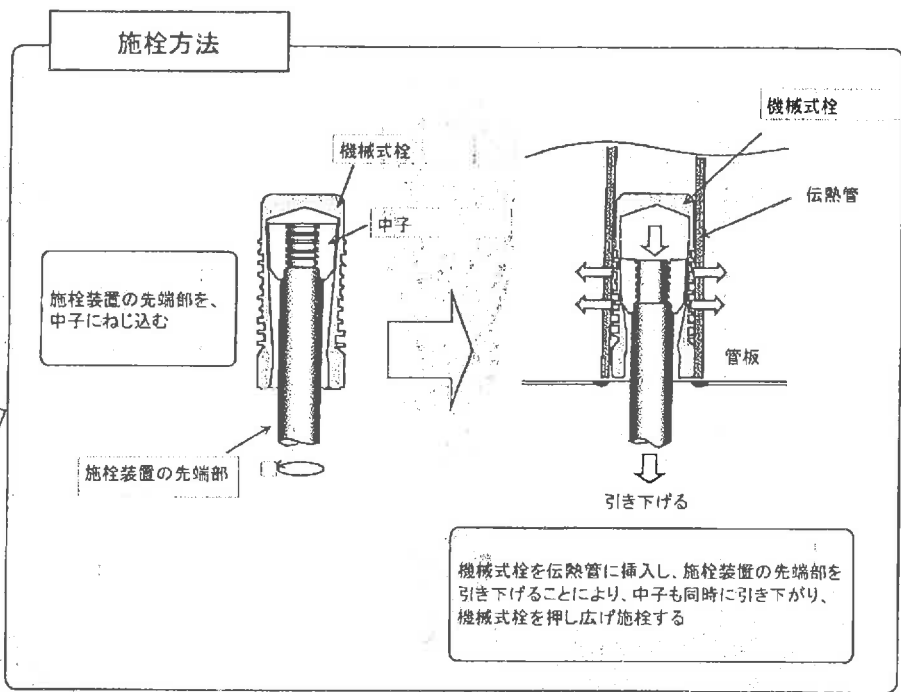
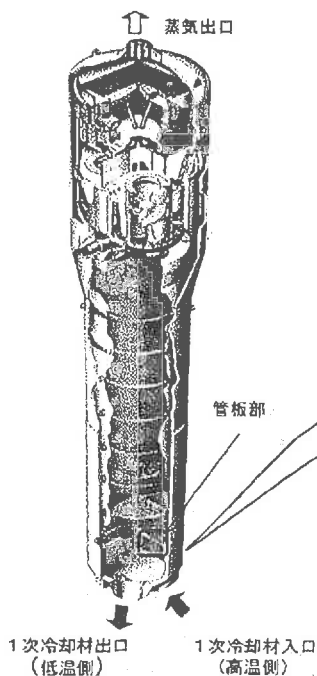
純水による洗浄

蒸気発生器伝熱管の施栓方法と施栓状況

蒸気発生器伝熱管の施栓方法

損傷が認められた蒸気発生器伝熱管12本については、高温側および低温側管板部で閉止栓（機械式栓）を施工し、使用しないこととします。

蒸気発生器の概要図



高浜発電所4号機の蒸気発生器伝熱管の施栓状況



	A蒸気発生器 (3,382本)	B蒸気発生器 (3,382本)	C蒸気発生器 (3,382本)	合計 (10,146本)
検査対象本数	3,243	3,247	3,253	9,743
今回施栓予定	5	2	5	12
累積施栓本数 (応力腐食割れによる施栓本数) (外面減肉による施栓本数) [施栓率]	144 (8) (7) [4.3%]	137 (3) (3) [4.1%]	134 (13) (11) [4.0%]	415 (24) (21) [4.1%]

○蒸気発生器1基あたりの伝熱管本数:3,382本

○安全解析施栓率は10%

(伝熱管の施栓率が10%の状態において、プラントの安全性に問題がないことが確認されている)

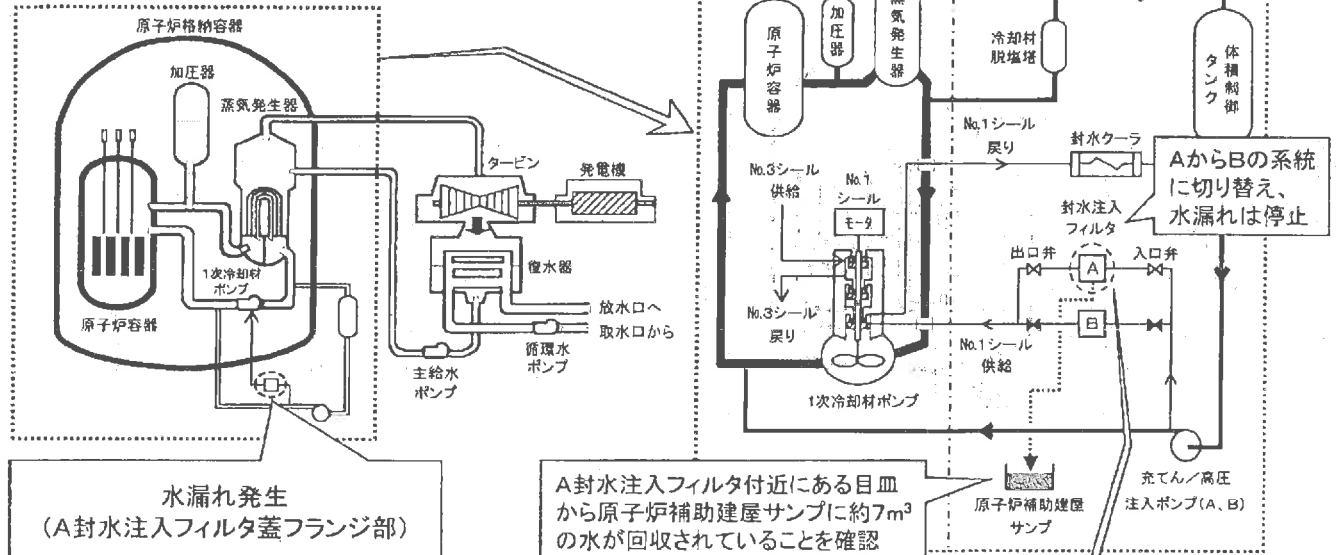
これまでの経緯(高浜発電所3、4号機における蒸気発生器伝熱管外面の損傷事例)

定期検査	蒸気発生器伝熱管外面の 損傷本数	調査結果概要		スケールに対する 対策
3号機 第23回 (2018年8月～)	A-蒸気発生器:1本 (第3管支持板) 【減肉率:20%未満】	減肉指示のあった箇所付近にスケールを確認。スケールの回収中に破損したため、スケール以外の異物による減肉と推定。異物は流出したものと推定。		
4号機 第22回 (2019年9月～)	A-蒸気発生器:1本 (第3管支持板) B-蒸気発生器:1本 (第3管支持板) C-蒸気発生器:3本 (第2管支持板2本、 第3管支持板1本) 【最大減肉率:63%】	A-蒸気発生器内にステンレス薄片を確認したが、摩耗痕が確認されなかったため、原因となった異物は前回の定期検査時に混入していたものと推定。なお、異物は流出したものと推定。		
3号機 第24回 (2020年1月～)	B-蒸気発生器:1本 (第3管支持板) C-蒸気発生器:1本 (第3管支持板) 【最大減肉率:56%】	AおよびC-蒸気発生器内にガスケットフープ材を確認。C-蒸気発生器伝熱管の損傷原因を異物と推定。B-蒸気発生器伝熱管の損傷原因となった異物は流出したものと推定。		薬品洗浄を実施
4号機 第23回 (2020年10月～)	A-蒸気発生器:1本 (第3管支持板) C-蒸気発生器:3本 (第3管支持板) 【最大減肉率:36%】	A-蒸気発生器の減肉箇所にスケールが残存。C-蒸気発生器の減肉箇所近傍から回収したスケール3個にも接触痕を確認し、原因は、スケールによる減肉と推定。		
<ul style="list-style-type: none"> 4号機第23回定期検査において、蒸気発生器器内から回収したスケールの性状調査や摩耗試験などを実施した結果、蒸気発生器伝熱管表面からはく離した稠密なスケールによるものと原因を推定。 上記の蒸気発生器伝熱管の外面減肉の原因が、スケールの可能性も否定できないことから、対策として、3号機第24回および4号機第23回定期検査において、蒸気発生器器内の薬品洗浄を実施。 				
3号機 第25回 (2022年3月～)	A-蒸気発生器:2本 (第3管支持板1本、 第4管支持板1本) B-蒸気発生器:1本 (第2管支持板) 【最大減肉率:57%】	摩耗痕のあるスケールは回収できなかったが、各蒸気発生器から採取したスケールの性状、摩耗試験等の調査の結果、スケールによる減肉と推定。		薬品洗浄の前に小型高圧洗浄装置による洗浄を実施し、薬品洗浄を実施。
4号機 第24回 (今回)	A-蒸気発生器:5本 (第3管支持板2本、 第4管支持板3本) B-蒸気発生器:2本 (第3管支持板1本、 第4管支持板1本) C-蒸気発生器:5本 (第3管支持板3本、 第4管支持板2本) 【最大減肉率:49%】	小型カメラによる損傷個所の調査に加え、蒸気発生器器内のスケールの形状や性状および伝熱管の外観観察等の調査を実施した結果、スケールによる減肉と推定。 なお、A-蒸気発生器およびB-蒸気発生器より回収したスケール各1個に接触痕を確認。		薬品洗浄の前に小型高圧洗浄装置による洗浄を実施し、薬品洗浄を実施予定。

定期検査状況について (A封水注入フィルタ蓋フランジ部からの水漏れ)

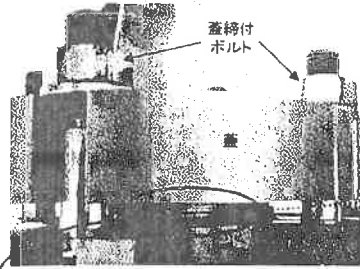
事象概要

<系統概略図>



調査結果①

<封水注入フィルタ蓋フランジ部写真>

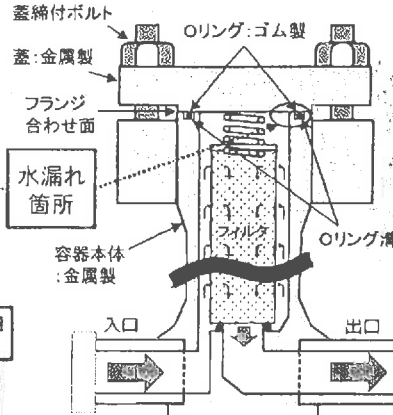


<蓋を取り外した状態の写真>

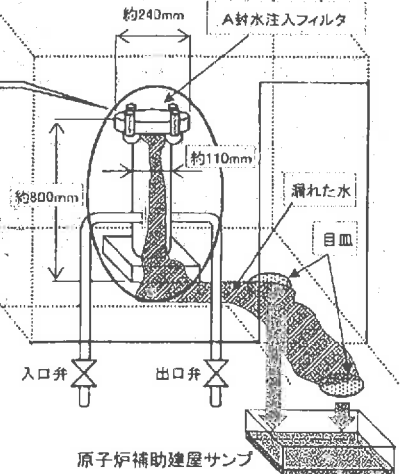
リングがフランジの周方向約4分の1の範囲で端面からはみ出しており、一部が破断



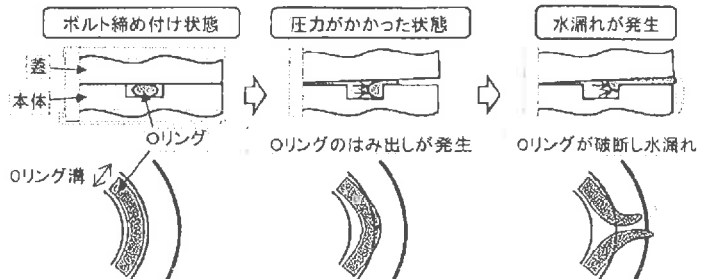
<封水注入フィルタの断面図>



【封水注入フィルタ室イメージ】



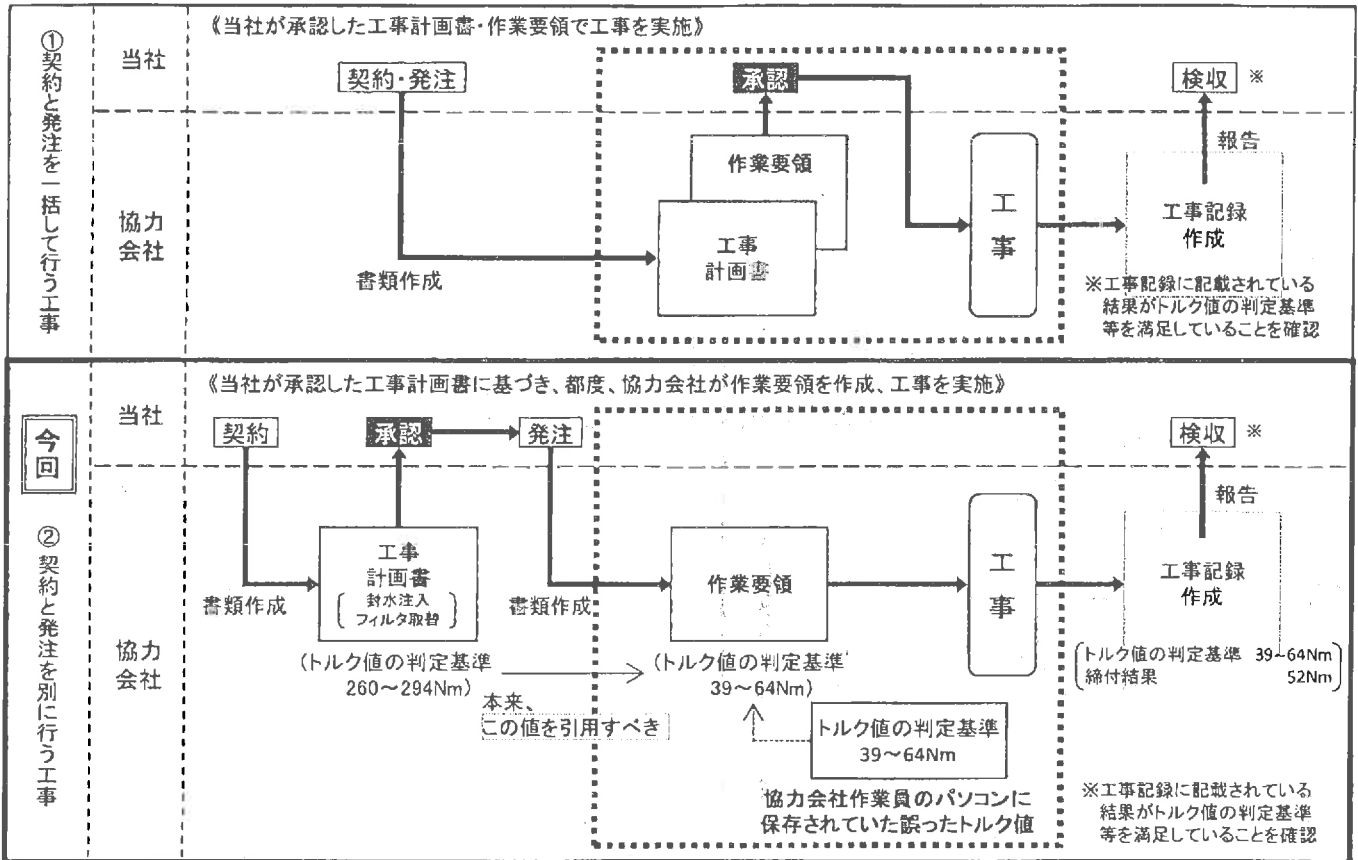
水漏れ発生のメカニズム



フィルタ蓋フランジのボルトが規定トルク値で締め付けられていなかったことが判明

調査結果②

- ・発電所における工事の契約・発注の流れは、①「契約と発注を一括して行う工事」と②「契約と発注を別に行う工事」の2パターンに大別。
- ・今回の工事は②のパターンで実施。このパターンでは、本来、当社が承認した工事計画書に基づき、協力会社が作業要領を作成、工事を実施すべきところ、今回、工事計画書とは異なる数値を作業要領に記載し、工事を実施。



調査結果③

- ・今回のA、B封水注入フィルタ工事以外に、契約と発注を別に行う工事を対象として、当社が承認した工事計画書と工事記録を比較した結果、トルク値の判定基準に誤りがないことを確認した。
- ・また、美浜発電所3号機に加えて、高浜発電所3、4号機、大飯発電所3、4号機について調査した結果、トルク値の判定基準に誤りはなかった。

対象プラント	調査機器数	結果
美浜3号機	1,287機器	A・B封水注入フィルタの2機器以外は問題なし
高浜3号機	932機器	問題なし
高浜4号機	899機器	問題なし
大飯3号機	1,395機器	問題なし
大飯4号機	1,387機器	問題なし
合計	5,900機器	問題があったのは2機器のみ (美浜発電所3号機A・B封水注入フィルタ)

推定原因

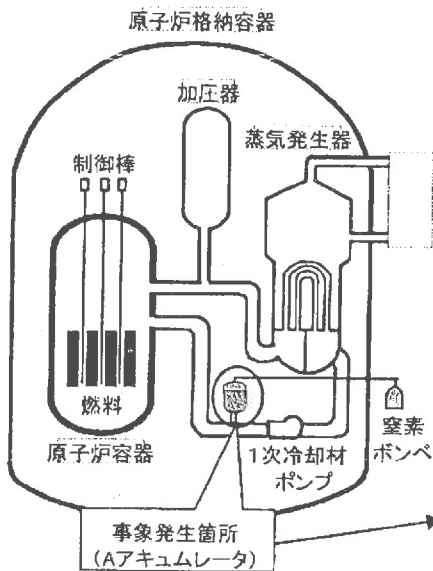
- ・調査結果から、今回、漏えいのあった当該フランジ部については、前回定期検査でのフィルタ取替工事において、本来のトルク値より低い値でボルトが締め付けられていました。
- ・そのトルク値が低かった原因は、協力会社の作業員が、作業要領を作成するにあたり、工事計画書に記載されているトルク値の判定基準を引用すべきところ、協力会社作業員のパソコンに保存されていた誤ったトルク値の判定基準を引用したことによるものでした。
- ・このため、その後のプラントの運転等に伴う系統圧力により、当該フランジ部の漏れ止め用のOリングが徐々に外側に押し出され、破断し、漏えいが発生したものと推定しました。

対策

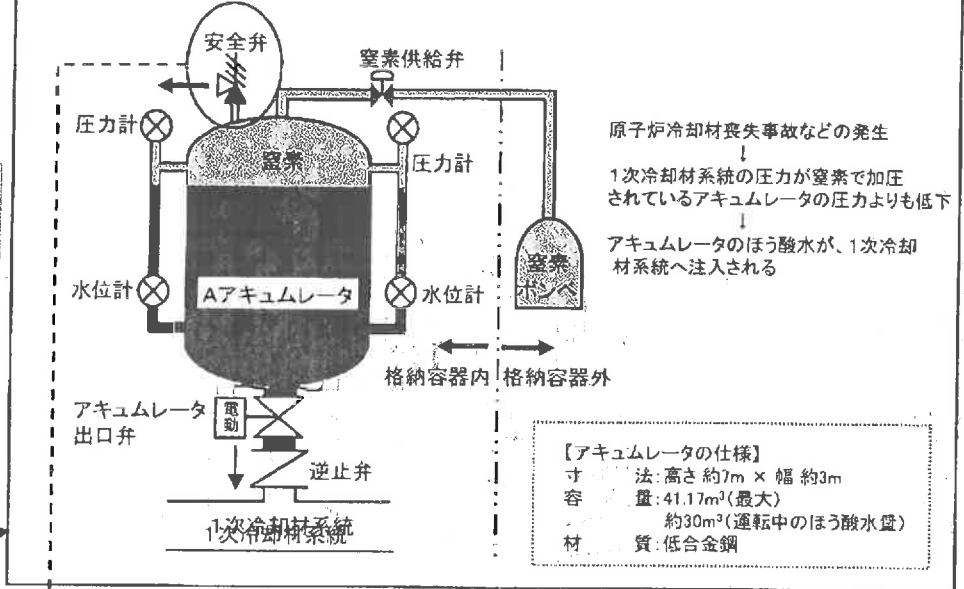
- ・契約と発注を別に行う工事について、当社は、従来の工事計画書の承認に加え、協力会社が作成する作業要領を工事実施前に確認する運用としました。
- ・協力会社に対して、速やかに本事象の周知を行っており、新たな運用の徹底を図りました。さらに、中長期的に、定期検査ごとの説明会等、当社が協力会社に行う教育の場を通じてルールの遵守等について周知を図り

美浜発電所3号機の運転上の制限の逸脱について (Aアキュムレータ圧力の低下)

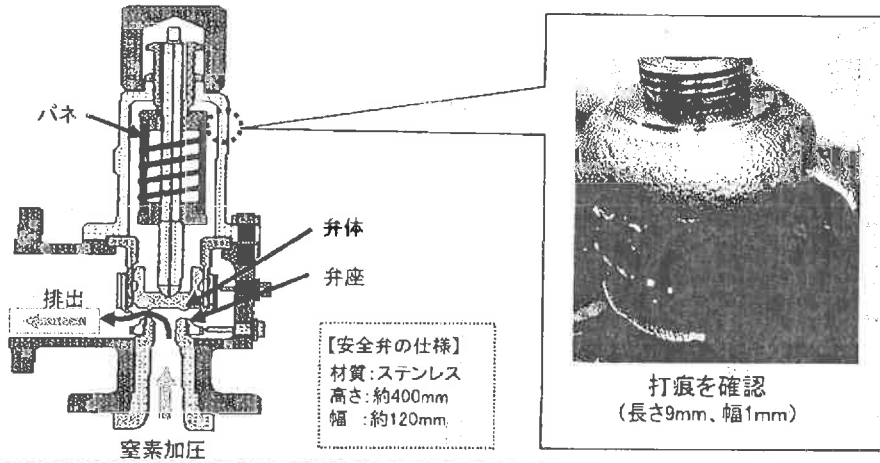
事象概要



<アキュムレータの機能概要>



<安全弁拡大図>



原因

今回の定期検査状況を確認した結果、当該弁近傍で足場設置等の作業が行われており、確認された打痕は作業で使用した資機材が接触したことにより生じた可能性があることが判明しました。

当該弁に衝撃が加わった場合、弁体にずれが生じ、作動圧力が変動する可能性があることから、当該弁に資機材が接触したことで作動圧力が変動し、本来作動すべき設定値より低い値で作動した結果、Aアキュムレータの圧力が低下したものと推定しました。

対策

対策として、当該弁の手入れや漏えい検査等を行い復旧しました。また、安全弁への接触に関する注意事項を社内マニュアルに反映するとともに、協力会社へ本事象を説明し注意喚起を図りました。さらに、今回の定期検査において、足場設置等の作業を実施したエリアを対象に、資機材が接触する可能性のある全ての機器の外観点検を実施し、機能・性能に影響を及ぼすような打痕等がないことを確認しました。