

件番	1			
発電所名	美浜発電所 3号機			
発生事象名	海水ポンプ室における協力会社作業員の負傷			
発生年月日	令和2年 8月12日（異常事象に該当すると判断した日）			
終結年月日	令和2年 8月17日（対策が完了した日）			
発生時プラント状況	第25回定期検査中			
系統設備名	—			
国への報告区分	—			
尺度区分	基準1	基準2	基準3	評価レベル
	—	—	—	—
事象概要	<p>美浜3号機は、第25回定期検査中のところ、8月12日14時10分頃、海水ポンプ室（屋外）において、ケーブル敷設作業に従事していた作業員が、足場から身を乗り出し、単管パイプに足をかけた状態で、安全帯のフックを近くの梁の一部にかけようとした際、足を滑らせ、約1.8mの高さから落下し、負傷した。病院で診療を受けた結果、約3～4週間の入院を要すると診断された。</p> <p>作業状況を確認したところ、電線管にケーブルを通す準備として、ガイド用ワイヤーを通す作業が行われており、別の作業員がワイヤーを送り出し、当該作業員がワイヤーの進み具合を確認していた。当該作業員は、別の作業員からワイヤーの詰まりが生じているとの連絡を受け、詰まりが発生する可能性のある電線管の部位を確認することとした。その場所は足場のない高所にあつたため、近くの足場から身を乗り出し、単管パイプに足をかけた状態で安全帯のフックを近くの梁の一部にかけて確認しようとしたことが分かった。</p>			
原因	<p>原因は、足場から身を乗り出しての作業は禁止されているにもかかわらず、ワイヤーの詰まりを確認しようと足場から身を乗り出して作業を行ったため、落下したものと推定された。</p>			
対策	<p>高所でケーブル等が通らない場合は作業方法を検討した上で確認を実施することを作業手順書に反映するとともに、事前に計画していない作業が発生した際は、作業責任者に報告し、対策を検討することを全作業員に周知した。また、実施中の工事について、関西電力社員が協力会社作業員と不安全な行為について事例検討を行った上で現場の確認を行った。</p>			

件番	2			
発電所名	大飯発電所 3号機			
発生事象名	タービン建屋における協力会社作業員の負傷			
発生年月日	令和2年 8月31日（異常事象に該当すると判断した日）			
終結年月日	令和2年 9月 3日（対策が完了した日）			
発生時プラント状況	第18回定期検査中			
系統設備名	—			
国への報告区分	—			
尺度区分	基準1	基準2	基準3	評価レベル
	—	—	—	—
事象概要	<p>大飯3号機は、第18回定期検査中のところ、8月28日17時35分頃、タービン建屋地下1階（非管理区域）において、循環水配管（海水管）の上部にある2次系配管の点検の準備のため、作業員が海水管上で仮設足場を設置する作業を行っていたところ、足を滑らせ約2mの高さから落下し、負傷した。病院で診療を受けた結果、約1～2週間の入院加療を要すると診断された。</p> <p>作業状況を確認したところ、海水管上の作業員が上方にあるタービン建屋1階の開口部から搬入される足場材の受け渡しを行おうとしたが、うまく受け取れないことから、作業責任者が作業員（被災者）に対し、別の位置で受け取るよう指示した。その際、当該作業員は、一時的に安全帯のフックを外して移動していたことが分かった。</p>			
原因	<p>原因は、安全帯のフックを外して移動することが禁止されているにもかかわらず、足場材を受け取ろうと一時的に安全帯のフックを外して移動したため、落下したものと推定された。</p>			
対策	<p>高所では移動時においても安全帯のフックは必ず懸架することを全作業員に周知した。また、当該作業員が原子力発電所での新規入構者であったことも踏まえ、作業当日に実施するTBM<sup>*</sup>後に、新規入構者と個別に作業の内容や注意点等を確認するなど相互確認を行うよう協力会社に周知した。さらに、新規入構者の教育として、今回発生した事例を含む重篤な労働災害の事例教育を新たに追加した。</p> <p><small>※ToolBoxMeeting：作業当日の着手前に、作業内容や手順、注意点等を作業グループ全員で確認する打合せ</small></p>			

件番	3			
発電所名	大飯発電所 3 号機			
発生事象名	加圧器スプレイ配管溶接部における有意な信号指示			
発生年月日	令和 2 年 10 月 19 日（定期検査期間の延長を決定した日）			
終結年月日	令和 3 年 7 月 5 日（対策が完了した日）			
発生時プラント状況	第 18 回定期検査中			
系統設備名	原子炉冷却系統			
国への報告区分	—			
尺度区分	基準 1	基準 2	基準 3	評価レベル
	—	—	—	—
事象概要	<p>大飯発電所 3 号機は、第 18 回定期検査中の 8 月 31 日、クラス 1 機器の供用期間中検査として 1 次冷却材配管と加圧器スプレイ<sup>※1</sup>配管の溶接部付近の超音波探傷試験<sup>※2</sup>を実施したところ、配管内面に有意な信号指示が認められた。9 月 1 日に詳細な検査を実施した結果、当該部に傷（長さ約 67mm、深さ約 4.6mm）があると評価された。</p> <p>当該部の配管厚さは約 14.0mm であり、原子炉等規制法の規定に基づく技術基準で求められる設計上の必要最小厚さ 8.2mm は満足している。</p> <p>調査のため配管を切り出し、内面の浸透探傷検査等を実施した結果、母材と溶接金属部との境界に沿って配管の内側から外側に進展した傷（長さ 60mm、深さ 4.4mm）があり、粒界割れ<sup>※3</sup>であることを確認した。また、傷周辺の部材の硬さ計測の結果、応力腐食割れ<sup>※4</sup>の発生・進展の知見がある硬さを超えていることを確認した。</p> <p>また、溶接時の入熱<sup>※5</sup>の影響を調査した結果、溶接金属部には溶接速度が比較的遅い場合に形成される組織が認められ、溶接のビード幅（溶接の痕）も広いことから、過大な入熱が加わった可能性が高いことが判明した。当該部の溶接方法（初層 T i g 溶接 + 2 層目以降被覆アーク溶接）の再現試験を行った結果、溶接時の入熱の増加に伴い、溶接部近傍が硬くなる傾向があることを確認した。</p> <p>さらに、当該傷周辺の表層の硬さが再現試験の結果よりも硬いことから、溶接する配管形状の影響について調査した結果、当該部のような管台とエルボ（曲がり管）の溶接では、直管同士の溶接に比べ、溶接に伴う配管の変形範囲が狭くなるため、溶接部近傍の歪みが大きくなり、当該部の部材が硬化しやすいことが分かった。</p> <p>※ 1 運転中に加圧器の圧力を制御するため、低温側の 1 次冷却材の一部を加圧器内部にスプレイしている。  ※ 2 超音波を使って金属の表面から内部の傷を検出する試験  ※ 3 金属組織の結晶粒の境界に沿った割れ  ※ 4 環境、応力、材料の 3 要因の条件がそろった際に発生する割れ  ※ 5 溶接機から加えられる熱量</p>			
原因	<p>溶接時の過大な入熱と配管の形状による歪みの影響が重なり、溶接部近傍の表層の硬化が大きくなるとともに、溶接に伴い発生した高い応力が作用したことにより、粒界割れが発生し、その後応力腐食割れが進展したものと推定した。</p>			
対策	<p>当該配管の取替えを行った。取替えに当たっては、溶接時に過大な入熱とならない全層 T i g 溶接を用いるとともに、応力腐食割れを防止するため、配管内表面の機械加工時に硬化を低減する加工方法等を用いて施工した。</p>			

件番	4			
発電所名	高浜発電所 4 号機			
発生事象名	蒸気発生器伝熱管の損傷			
発生年月日	令和 2 年 11 月 20 日（異常事象に該当すると判断した日）			
終結年月日	令和 3 年 4 月 15 日（対策が完了した日）			
発生時プラント状況	第 23 回定期検査中			
系統設備名	原子炉冷却系統			
国への報告区分	法律			
尺度区分	基準 1	基準 2	基準 3	評価レベル
	—	—	—	0
事象概要	<p>第 23 回定期検査を実施中のところ、3 台ある蒸気発生器（SG）の伝熱管全数<sup>※1</sup>の渦流探傷検査（ECT）を実施した結果、A-SG の伝熱管 1 本、C-SG の伝熱管 3 本の管支持板<sup>※2</sup>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が認められた。</p> <p>小型カメラを用いてこれらの伝熱管の外観を調査した結果、A-SG 伝熱管の信号指示箇所に着物を確認した。また、着物を回収した結果、大きさは、幅約 15mm、長さ約 9 mm であり、伝熱管のきずの大きさは、幅約 1 mm 以下、周方向に約 4 mm であった。C-SG の 3 本の伝熱管には、信号指示箇所に幅約 1 mm もしくは 1 mm 以下、周方向に約 2 mm から 7 mm のきずを確認した。</p> <p>これら 4 本の伝熱管のきずの位置は、いずれも、第 3 管支持板下端付近もしくは、第 3 管支持板下端から約 1 mm～8 mm 下にあることを確認した。</p> <p>SG 内で確認された着物について、工場において化学成分分析、外観観察等の詳細調査を実施した結果、プラント運転に伴い SG 伝熱管外表面に生成された鉄酸化物（スケール）と推定された。</p> <p>この着物に加え、伝熱管にきずをつけた可能性が高いスケールを C-SG から回収し、それらの性状を確認した結果、密度の高い酸化鉄の層（稠密層）が主体であることを確認するとともに、SG 内から同様の稠密なスケールを採取し摩耗試験を実施した結果、伝熱管の減肉量がスケール自身の摩滅量よりも大きくなることを確認した。</p> <p>その他、SG 器内は福島第一原子力発電所事故後の長期停止の間、ヒドラジン水による満水保管としており、その影響について調査した結果、時間の経過とともにスケールの粒径が大きくなることを確認した。このため、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た。</p> <p>※1 既施栓管を除き A-SG で 3,244 本、B-SG で 3,247 本、C-SG で 3,256 本、合計 9,747 本  ※2 伝熱管を支持する部品</p>			
原因	<p>伝熱管表面に生成された稠密なスケールが、プラント運転等に伴い管表面から剥離し管支持板下部に留まり、伝熱管に繰り返し接触したことで摩耗減肉が発生したものと推定した。</p> <p>また、高浜 3 号機および 4 号機では、平成 30 年以降、同様の事例が 3 件発生しており、原因は、外部からの異物混入と推定していたが、今回の調査結果等を踏まえると、スケールによる減肉の可能性が否定できない。</p>			
対策	<p>当該伝熱管 4 本に閉止栓を施工した。また、伝熱管全体のスケールの脆弱化を図るため、SG 器内の薬品洗浄を行った。</p>			