

Ⅱ－8 令和4年度管内火力発電所の事故(1／3)

	事故発生 電気工作物	事故発生箇所	事故発生日	事故の状況
1	ボイラー	節炭器管及び 工場送気管	令和4年 4月	当該火力発電所ボイラーが、火炉ドラフト異常による保安装置の作動により停止し、内部点検の結果、節炭器管に破孔が確認され、破損事故となった。
2	ボイラー	側壁水管	令和4年 4月	当該火力発電所ボイラに煙道側壁水管付近に水溜まり、水管内部から蒸気漏洩音が確認されたことから、ボイラを停止させ、設備点検を行った結果、ボイラー側壁マンホール端部水管が破孔し、漏水が確認され、破損事故となった。
3	ボイラー	火炉	令和4年 4月	当該火力発電所内のボイラが運転中、破裂音と汽水胴水位の急激な低下が発生して運転が停止したため、内部点検を行ったところ、ボイラドラム(水胴)近くの蒸発管が変形・湾曲していたことから、破損事故となった。
4	ガスタービン	羽根	令和4年 4月	当該火力発電所の運転中に、ガスタービンが発電機逆電力継電器の動作により自動停止したため、現地調査を行ったところ、ガスタービン内部のタービンプレード破損が確認されたことから、破損事故になった。
5	ボイラー	節炭器管及び 工場送気管	令和4年 5月	当該火力発電所のボイラー節炭器管下部に漏水の兆候が見られたことから、ボイラーを停止させ、内部点検を行ったところ、節炭器管に穴あき等が確認されたことから、破損事故となった。
6	燃料設備	燃料搬送設備	令和4年 5月	当該事業場内火力発電所のボイラー燃料搬送設備から火災が発生し、消火活動のため隣接する国道を通行止めとしたことから、社会的影響事故となった。
7	ボイラー	石炭ミルファン	令和4年 7月	当該火力発電所の発電運転中、ボイラーから石炭ミル一次空気極低アラームが発報し、石炭ミルが停止したため、現場点検の結果、石炭ミルファンシャフトの折損が確認され、運転継続困難と判断し、ボイラー停止となり、破損事故となった。

(期間: 令和4年4月1日～令和5年3月31日)

事故の原因	事故再発の防止対策等
【保守不備／保守不完全】 当該火力発電所ボイラーの節炭器管については、節炭器入口管寄せ内部の編流により、流れ加速腐食(FAC)が発生する環境で、管台内部が減肉したことから破孔し、破損事故となったと推定される。また、管外面からは減肉が発見できないことも、破損に至った原因となったと考えられる。	・管内部の流れ加速腐食(FAC)対策で節炭器管管寄管台の材質をSTB510(炭素鋼)からSTBA22(1%クロム含有)に変更して、耐摩耗性を向上させて更新を計画する。 ・定期検査毎に肉厚測定を行い、減肉率から余寿命評価して、管の更新を計画する。
【保守不備／保守不完全】 当該火力発電所のボイラーの過去のオーバホール時に本マンホールを利用した際、マンホール側面の端部水管耐火物と接触し表面の耐火物が脱落、これに加え端部水管の点検等が十分でなかったことから、運転中の燃焼ガス等により外面腐食が進行し破孔に至ったものと推定される。	＜ソフト面＞ ①運転員が行う「日常点検」項目に焼却炉マンホール附近の異音の有無確認を追加した。 ②運転員にボイラ蒸発量と給水量のバランス及び日報出力値に係る留意事項(見るポイント)を指導し給水率を管理するようにした。 ＜ハード面＞ ①今回と同じ部位(マンホール近傍)の端部水管については、オーバホール時に重点的に耐火物の脱落等を含めた外観点検を行い、状況により耐火物補修及び水管補修を行うこととする。 ②純水タンクの下限警報値を変更し運転員が早期に純水採水量の異変に気付くようにした。
【保守不備／保守不完全】 当該火力発電所のボイラ蒸発管(噴破管)は、燃焼ガス速度が一番早いと想定されるボイラ中央部に位置しており、燃焼ガス流れの変化によって局所的な渦等が発生して、燃焼ガス中の硬質灰や砂状物質が蒸発管表面に集中的に接触したため、摩耗が進行して噴破したものと推定される。なお、当該噴破箇所近くは管列には蒸気式スートブロワが設置され、定期的な肉厚管理を実施していたものの、減肉傾向は確認されていなかったことから噴破管列にも摩耗の進行はないものと考え、摩耗進行を見逃してしまったことも事故発生に影響したものと考えられる。	・隣接管に対する肉厚測定及び減肉傾向部への肉盛溶接補修の実施 ・プロテクター装着による水管保護の実施 ・摩耗を監視するため肉厚測定箇所の追加
【設備不備(製作不完全)】 当該火力発電所のガスタービンにおいて、内部に剛性の高い分割型シュラウドと冷却強化型の1段タービンブレードを組み合わせて運用したことにより、主流の燃焼ガスがブレードに逆流して動翼のクリープが促進された結果、シュラウドと強く接触し、動翼の破損に至ったものと推定される。	・ガスタービンの仕様で「分割型シュラウド」と「冷却型1段タービンブレード」の組み合わせたものは、使用しない。(メーカー側の範疇) ・発電電力と排ガス温度の相関変化によるアラームを追加することにより、今回の異常時運転データを基に兆候を検知し、異常傾向の予兆アラームを発報する。 ・メーカー側の都合により機種形態・改良等の変更が必要であれば、メーカー側から連絡をもらい協議する。
【保守不備(保守不完全)】 当該火力発電所のボイラー節炭器管については、燃焼灰及びスートブロワ蒸気の灰の巻き込みによるアッシュエロージョンで管が減肉し、穴あきにより、破損事故となったものと推定される。	・10パネル程度を代表管としてインナーUTで肉厚測定を行い、減肉推移を確認することで更新時期を見極める。(測定周期は暫定で2年とする。) ・漏水管以外の最下段管すべての同部位へプロテクターの取付け実施予定。
【その他／その他】 当該事業場内火力発電所ボイラー燃料搬送設備は、燃料の粉塵と静電気による粉塵爆発により、火災が発生したと推定される。	・粉塵爆発試験で明確になった爆発性評価の高い燃料の使用を中止。 ・静電気が集中しやすい突起物である吊下げ温度計及び集塵装置であるバグフィルターにアースを設置 ・消火設備のバルブが高所にあり、火災の際に使用できなかったため、連絡通路上にバルブ位置を変更 上記以上の対策として以下を検討案件とし、有効性が確認されたものは別途対策工事を行う。 ・バグフィルターで捕集した粉塵は現状1次サイロに戻しているが、系外に排出するように変更することで、系内の粉塵濃度を下げる。 ・破碎機内で発火した場合を想定し、サーモカメラによる監視、遮断を行う。 ・爆発放散口や爆発遮断弁など、爆発力を最小限にする設備をバグフィルターと2次サイロに設置。
【保守不備／保守不完全】 当該火力発電所ボイラーの石炭ミルファンで、ミルファンのメカカルシールとシャフトが接触したことでシャフトが振れ、それにより羽根車と吸込みコーンが接触したため、シャフトの折損に至ったと推定される。	・ベアリングケースの基礎ボルトが折損していたため、ボルトに緩みがないかをファンの点検項目に追加し、定期検査時に点検する。 ・軸封をメカカルシールからシートパッキンに変更する。

Ⅱ－８ 令和4年度管内火力発電所の事故(2／3)

	事故発生 電気工作物	事故発生箇所	事故発生日	事故の状況
8	ボイラー	火炉蒸発管	令和4年 7月	当該事業場内火力発電所のボイラーの試運転中に、火炉蒸発管の配管が噴破して蒸気漏洩が発生したため、破損事故になった。
9	ボイラー	火炉	令和4年 8月	当該火力発電所の運転中、ボイラー蒸発管下部からドレン滴下が確認されたことから、ボイラーを停止させ、現場点検の結果、ボイラー蒸発管とシールボックス溶接部に割れが確認され、破損事故になった。
10	ボイラー	火炉蒸発管	令和4年 9月	当該火力発電所の運転中に、ボイラー給水量と蒸発量に大きな乖離が観測されたため、焼却炉を立ち下げて調査したところ、火炉上部右壁蒸発管よりボイラー水の噴霧が確認されたことから、破損事故になった。
11	ボイラー	火炉蒸発管	令和4年 10月	当該火力発電所の定期巡視中にボイラー火炉内から蒸気漏洩音が確認されたことから、当該ボイラーの発電機を解列したため、破損事故となった。
12	ボイラー	火炉	令和4年 11月	当該事業場内火力発電所ボイラー下部から水の滴下が発見され、滴下が止まらないためボイラーを停止し、内部点検の結果、ボイラー側壁管にき裂と水漏れが確認されたことから、破損事故になった。
13	ボイラー	給炭口下部水管	令和4年 11月	当該火力発電所の給炭口下部水管が摩耗破損したために、破損事故となった。
14	ガスタービン	空気圧縮機及びガス圧縮機	令和4年 12月	当該火力発電所のガスタービンで、エンクロージャから潤滑油漏れが確認され、ガスタービン停止後、現場確認を行ったところ、アクセサリギヤボックスケーシングにクラックと漏油を確認したことから、破損事故となった。

(期間: 令和4年4月1日～令和5年3月31日)

事故の原因	事故再発の防止対策等
【保守不備(保守不完全)】 当該火力発電所のボイラー火炉蒸発管においては、ボイラー本体の外装ケーシングの保温板金が劣化し、隙間から保温内に雨水が浸入したことに加え、当該蒸発管は起動停止時にのみボイラー水が流れ、通常時は流れが無く外気と同じ雰囲気温度であるため、蒸発管と接続されている風箱ケーシングに雨水が溜まり、長時間湿潤状態が継続して外面腐食が促進した結果、噴破に至ったものと推定される。また、当該箇所の外装ケーシングの外観は健全であったため、取り外しによる内部状態の確認を行っておらず、雨水が溜まり腐食している状況を認識できていなかった。	当該設備を再び使用する場合に、バックステー及び風箱接続部で雨水が溜まらない構造へと変更するとともに、外装ケーシングに点検口を設置し、定期点検を実施する。
【保守不備(自然劣化)】 当該火力発電所ボイラー蒸発管とシールボックスとの溶接部に、起動停止や過去発生した伸縮接手内部の流動材詰り等による繰り返し応力が加わったため、管外面から亀裂が発生し、徐々に進展して漏洩が発生したものと推定される。	繰り返し応力の影響が残っている可能性のある蒸発管の取替えやシールボックスの構造変更等の対策について、実施の可否を含めて検討し、検討が完了するまでは定期的にシールボックス溶接部のPT検査により健全性確認を行う。
【設備不備(施工不完全)】 当該火力発電所の例年のボイラー水管の定点肉厚計測において、噴破した水管が減肉管理する計測箇所に含まれていなかったため、減肉の進行を把握できておらず、経年的な腐食(酸化と還元を繰り返すことによる酸化保護被膜の剥離と再生の繰り返し)により、減肉・噴破に至ったものと推定される。また、当該噴破箇所は、過去に水管更新を行った範囲の溶接線直上部であり、竣工時より水管を更新しておらず、なおかつ、溶射被膜もない範囲であった。	(1) ボイラー水浸超音波探傷試験(水浸UT)の実施 (2) 当該箇所の経年観測と他号機への水平展開
【設備不備(施工不完全)】 当該火力発電所のボイラー火炉において、漏洩が確認された蒸発管は、定期事業者検査工事にて、肉盛溶接補修を実施しているが、当該肉盛溶接部の上下部も過去の定修工事にて、肉盛溶接を実施していたことから、溶接入熱による残留応力により割れが発生したものと推定される。	①応急対応 漏洩が確認された蒸発管と漏洩により減肉が確認された周辺管、漏洩管と類似(肉盛溶接間の肉盛溶接補修)した近傍管を新品に取替え、水圧試験により健全性を確認した。 ②再発防止 肉盛溶接間の素管部に補修が必要な減肉が確認された場合、肉盛溶接補修ではなく新品取替を実施する。
【設備不備(施工不完全)】 当該事業場内火力発電所ボイラーは、支持金物を側壁管の周上まで溶接していたため、その溶接端部に溶接残留応力が集中したことで亀裂が発生し、漏洩したと推定される。	・管に支持金物を溶接する際は溶接端部を管の周上に施工せずシールフィン上にするすることで、溶接端部に発生する引張応力が管に直接影響しないようにする。 ・溶接残留応力の発生を低減するためには、溶接熱を極力減らす必要があるため溶接方法や材質によるが、低電流での溶接や突合せ溶接のギャップや開先角度隅肉溶接での脚長などを最小限とすることを考慮した施工を行う。また、必要に応じて溶接後の熱処理を適切に行う。 ・漏洩部位と類似箇所について次回定期事業者検査の際に同様の再発防止対策を実施する。
【保守不備(保守不完全)】 当該火力発電所において、新規副生燃料の使用開始や使用炭種の多様化など運転状況の変化が有り、炉内摩耗環境が従来と比較して厳しくなり、耐火物の損耗速度が速くなったためと推定される。	①耐火物保護 耐摩耗鋼板取付け ②耐火物材質の見直し ・補修部位(温度条件、摩耗条件)に合わせた材質の見直し。 ③耐火物支持力の確保による脱落防止 ・適切な耐火物解体範囲の選定。 ・適切なアンカー増設による支持力確保。 ④耐火物の耐スポール、爆裂対策 ・耐火物施工後の加温養生の実施。 ・乾燥焚きの実施。
【設備不備(製作不完全)】 当該ガスタービンで、ガスタービンと発電機を繋ぐカップリングがアンバランスな状態となっており、運転時に振動を発生させる原因となり、この振動がアクセサリギヤボックスに伝わり、ケーシングに無理な力が加わり割れたと推定される。	プラントメーカーに対し設備出荷、納入時および試運転時の品質管理徹底を申し入れする。

Ⅱ－８ 令和4年度管内火力発電所の事故(3／3)

	事故発生 電気工作物	事故発生箇所	事故発生日	事故の状況
15	ボイラー	火炉	令和4年 12月	当該火力発電所ボイラー運転中、スーツブロワ挿入部から蒸気吹き出しが発生、ボイラーを停止させ、内部点検によりスーツブロワ嵌込管フィン溶接端部に亀裂が確認され、破損事故となった。
16	ボイラー	再熱器	令和5年 1月	当該火力発電所の運転中に、複数の警報発報(IDF入口ガストラフト、脱硝反応器差圧警報)、補給水量の増加及びボイラー上部にて異音が確認され、緊急停止後にボイラー内部点検を行った結果、ボイラー再熱器(垂直部)管及び後部伝熱前壁スクリーン管に破孔が確認されたため破損事故となった。
17	ボイラー	節炭器管及び工場送気管	令和5年 1月	当該火力発電所ボイラの発電運転中、主蒸気流量とボイラ給水量との流量差が拡大し、部分的な排ガス温度の低下が確認されたため、ボイラを手動停止させ、内部点検を行ったところ、ボイラ節炭器チューブに破孔が確認されたため、破損事故となった。
18	発電機	固定子巻線	令和5年 1月	当該火力発電所の運転中に、発電機地絡過電圧及び発電機ロックアウトリレーが動作し、発電機及びボイラーの停止に至り、破損事故になった。
19	ボイラー	節炭器管及び工場送気管	令和5年 1月	当該火力発電所の発電運転中、ボイラー節炭器管付近から水漏れが確認され、ボイラーを停止させ、内部点検を行ったところ、節炭器管に穴あき等が確認されたことから、破損事故となった。
20	蒸気タービン	工場送気管	令和5年 3月	当該火力発電所の巡視点検中、タービン排気配管からドレン滴下を発見、設備点検を行った結果、配管溶接線より蒸気の少量漏れを確認したことから、運転継続不可と判断し、破損事故となった。

(期間:令和4年4月1日～令和5年3月31日)

事故の原因	事故再発の防止対策等
【設備不備(施工不完全)】 当該火力発電所ボイラーにおいて、スーツブロワ噴射蒸気に含まれるドレンによってフィンが冷却され、管との温度差での熱疲労で溶接止端部に応力が集中して亀裂が発生し、蒸気漏洩したと推定される。	・熱疲労による溶接止端部への応力集中を軽減するために、溶接止端部のR加工を行う。 ・他類似ボイラーについても次回定期修理又は定期事業者検査時に、同様の再発防止対策を実施する。
【保守不備(自然劣化)】 当該火力発電所のボイラー再熱器(垂直部)管外面の高温酸化減肉により、蓄積されているクリープ劣化が加速したことで、長時間クリープによる損傷破孔に至ったものと推定される。また、当該破孔部からの漏洩蒸気により、後部伝熱前壁スクリーン管が破孔し、その他複数の管が減肉する二次損傷が発生したと考えられる。	夏季(及び冬季)ピーク前点検や定期点検等の休転時に、一次損傷箇所の再熱器(垂直部)の点検を実施する。
【保守不備(保守不完全)】 当該火力発電所ボイラ節炭器は、燃焼ガスの流れと同じ方向にチューブ表面が平面的に摩耗していたことから、材料や施工の欠陥ではなく、燃焼ガス中の硬質灰や砂等がチューブ表面に局所的に接触する事で摩耗が進行したものと推定される。 なお、節炭器チューブは、ガス流速が最大になると想定される煙道中央部を肉厚の定点管理ポイントに設定し、定期チェックを行っていたが、破孔部位が煙道側壁付近であったことから、これまでの肉厚管理では事故の発生を予測する事ができなかった。	・隣接管に対する肉厚測定及び減肉傾向部への肉盛溶接補修の実施 破孔チューブ以外にも摩耗減肉が発生している可能性が高いので、隣接するチューブに対して肉厚測定を実施し、肉厚が半分程度に減肉していたチューブに肉盛溶接補修を実施し、肉厚確保を行った。 ・プロテクター装着によるチューブ保護の実施 チューブの摩耗進行防止の為、肉盛補修箇所を中心にプロテクターの追加取付を実施済み。 ・肉厚測定(摩耗監視)ポイントの追加 今回の破孔箇所は摩耗監視のポイントから離れた場所で、漏水が発生するまで減肉している事を発見出来なかった為、次回の定期点検からは周辺エリアに新規の肉厚測定ポイントを追加し、継続的な摩耗監視を実施する。
【調査中】	・検討中
【保守不備(保守不完全)】 当該火力発電所ボイラー節炭器管は、過去の節炭器漏洩事故を受け、類似箇所にプロテクターを取付したが、裸管部が完璧に覆われておらず、燃焼灰及びスーツブロワ蒸気の灰巻き込みにより、アッシュエロージョンが進行し、管が減肉したことから、穴あきに至ったものと推定される。	・異常箇所は配管取替復旧後に隙間のできないようにフィンに突合せてプロテクターを取付し、熱伸び対策としてケーシング側にスペースを取り被せプロテクターで隙間を塞ぐよう施工した。 ・定期修理時にプロテクター取付状況の点検を実施。 ・不良箇所についてフィン側に被せプロテクターを取付し、隙間が出来ない取付方法に変更する。
【保守不備(自然劣化)】 当該火力発電所タービン排気配管は、検査及び解析の結果、漏洩箇所上流側のタービン減温器にて、スプレーノズルより減温水が注入されることで発生する経年的な振動による割れ、またはボイラー・タービン起動・停止時の繰り返し熱応力による熱疲労割れにより、破損に至ったものと推定される。	・ボイラー・タービンの運転中に、当該箇所の振動及び温度測定を実施し、プロセス変動の状況を確認する。 ・振動・温度測定結果から、溶接線の割れに対して、今後、定期的に必要となる検査範囲及び検査内容、検査周期を選定し、保全管理方針を決定する。