

美浜発電所3号機の定期検査状況について (補助蒸気配管サポート損傷の原因と対策)

このことについて、関西電力株式会社から下記のとおり連絡を受けた。

記

美浜発電所3号機(加圧水型軽水炉;定格電気出力82.6万kW)は定期検査中で、昨年破損した復水系配管と補助蒸気配管の取替工事*¹中である。この補助蒸気配管取替工事の一環として、9月11日から原子炉補助建屋内で補助蒸気を使用している各設備を隔離するための隔離弁設置工事を行うため、原子炉補助建屋側への補助蒸気の供給を停止していた。

隔離弁の設置工事が完了したため、9月16日15時47分頃から原子炉補助建屋側へ補助蒸気の供給を開始するため、閉止していた補助蒸気供給元弁をわずかに開放したところ、16時07分頃、タービン建屋1階で大きな衝撃音(ハンマリング音)を確認した。このため、補助蒸気供給元弁と1,2号機からの補助蒸気供給弁を閉止し、衝撃音は収束した。

衝撃音が確認された範囲の補助蒸気配管を点検した結果、配管サポートの損傷(2箇所)および保温材の外れ(3箇所)が確認された。また、同範囲の配管溶接部52箇所について浸透探傷検査を行ったが、異常は認められなかった。

*1: 補助蒸気配管取替工事

労働安全対策として、補助蒸気配管で人がアクセスする可能性のある箇所(曲がり部等)をステンレス配管に取り替える工事。

[平成17年9月20日記者発表済み]

今回の衝撃音は、補助蒸気配管内で発生した水撃現象(ウォーターハンマー*²)によるものと推測されたため、その発生原因について調査した。

1. 調査結果

(1)原子炉補助建屋への補助蒸気供給停止時の状況

- ・3号機では、1・2号機側から補助蒸気の供給を受け、固体廃棄物処理設備(アスファルト固化装置)が運転中であった。

- ・原子炉補助建屋内での隔離弁設置工事を行うため、同建屋側に補助蒸気を供給している供給元弁を閉止するとともに、補助蒸気供給母管のドレントラップ*³下流側弁を閉止し、補助蒸気の供給を停止した。
- ・補助蒸気供給元弁を閉止したが、その上流側の補助蒸気供給母管内では行き止まった蒸気が冷やされドレン(排水)として貯まることから、定期的(約1回/4時間)にドレントラップのドレン弁を、高温の蒸気が出るまで数分間開操作し、貯まったドレン水を排出していた。
- ・隔離弁設置完了後、原子炉補助建屋側への補助蒸気の供給を開始したが、その際、供給母管のドレン水を定期的に排出していたため、供給母管にドレン水は貯まっていないと考え、補助蒸気の供給を開始した。

* 2 : 水撃現象(ウォーターハンマー)

高温の蒸気がドレン水と接触し急激に冷やされると、蒸気が水に戻され急激な体積収縮が生じ、これによりドレン水が加速され、大きなエネルギーを持つ。

* 3 : ドレントラップ :

配管内に溜まったドレンを自動的に排出する装置。

(2) 補助蒸気供給母管内のドレン水の状況

超音波により補助蒸気供給母管内のドレン水を調査したところ、供給母管水平部は満水状態であり、約5,500ℓのドレン水が回収された。このことから、補助蒸気の供給を開始した時点において、供給母管内はドレン水で満たされた状態であったと推定された。

(3) ドレン水量の評価

運転員の聞き取り調査から、定期的なドレン水排出操作により排出される量は約80ℓ/日と推定された。また、タービン建屋内の補助蒸気供給母管内で発生するドレン水は、解析で約1,300ℓ/日と推定されたことから、供給を停止して約3日程度で母管内は満水状態となり、ドレン水排出操作を定期的に行っても、供給母管への補助蒸気の供給が継続していたため、供給母管内の満水状態が維持されたと推定された。

なお、ドレン水排出操作の際、運転員は高温の蒸気を確認した上でドレン水が抜けたものと判断し、排出操作を停止していたが、高温の蒸気は供給母管内にある高温のドレン水が排出される際に蒸気となったものであった。

(4) ウォーターハンマー発生時の荷重

ウォーターハンマー発生時の衝撃力を評価した結果、配管内面に20MPaの衝撃圧力が発生し、これにより、配管内で圧力波が伝播し、配管曲がり部では、サポートの破断荷重(約4.7トン)を上回る約24トンの荷重が発生したと推定された。

2. 推定原因

隔離弁設置工事のため、原子炉補助建屋側への補助蒸気の供給を一時停止した。工事期間中、閉止した供給元弁上流側の補助蒸気供給母管内に貯まるドレン水の排出操作を定期的を実施していたことから、供給母管内にはドレン水がないと考えた。しかし、供給母管への補助蒸気の供給が継続していたため、定期的な排出操作ではドレン水が十分排水されず、供給母管内は満水状態であったと推定された。この状態で、補助蒸気供給元弁をわずかに開放したため、補助蒸気(約170℃)が供給元弁上流側のドレン水(約100℃以下)に取り込まれ、急激に凝縮し、大きな圧力変化(ウォーターハンマー)が発生し、その衝撃力によりサポートが損傷したものと推定された。

3. 対策

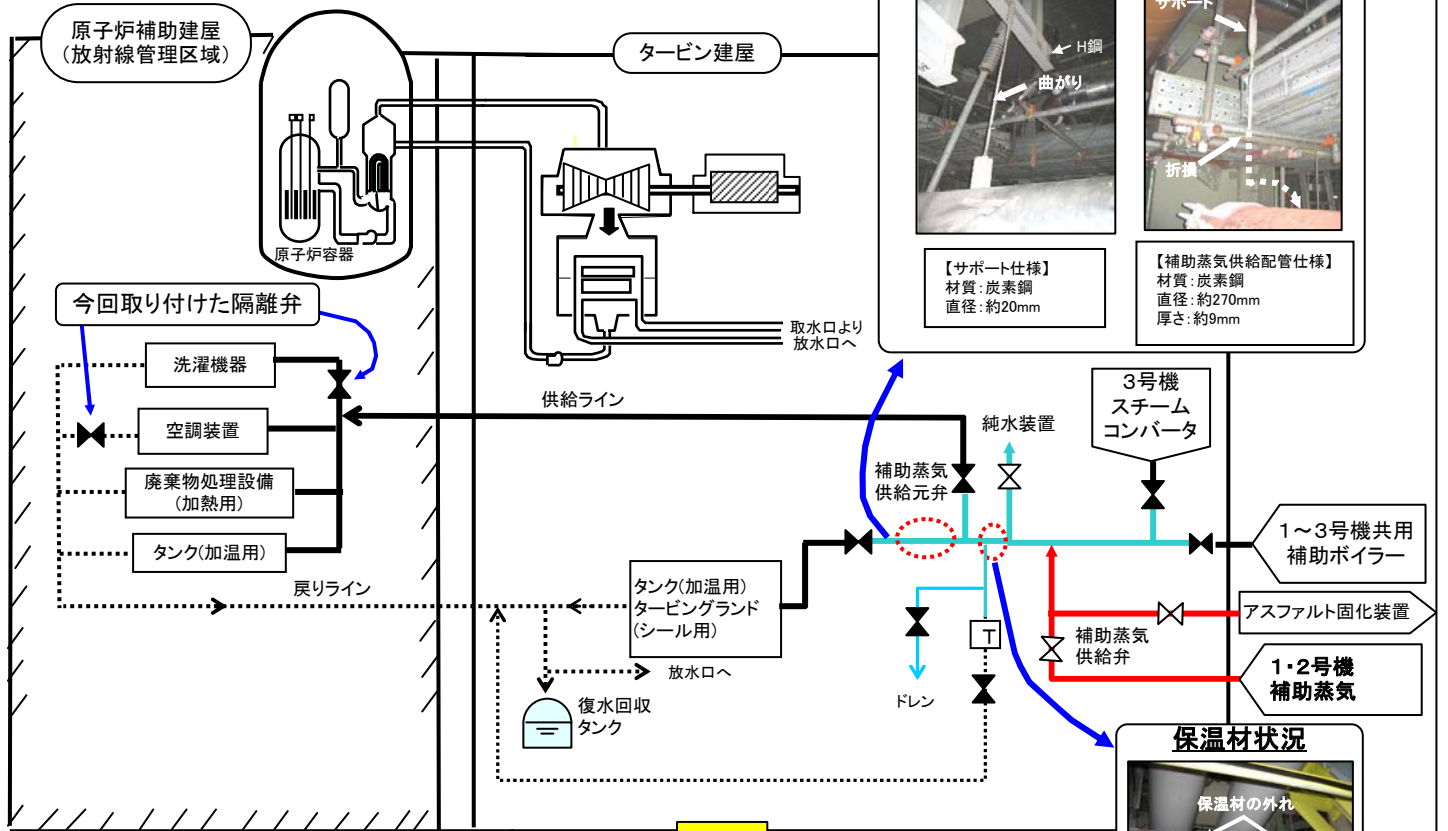
- ・ 損傷が認められたサポートや保温材については、新しいものに取り替える。
- ・ 工事等により補助蒸気の供給を一時的に停止(系統隔離)した後、供給を再開するにあたっては、隔離範囲の上流側配管内に貯まったドレン水も完全に排出するよう、その旨、社内の運転関係マニュアルに記載する。

問い合わせ先(担当：小西) 内線2353・直通0776(20)0314

美浜発電所3号機 補助蒸気配管サポートの損傷の原因と対策について

発生状況

系統概要



サポートの損傷

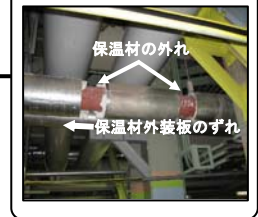


【サポート仕様】
材質: 炭素鋼
直径: 約20mm



【補助蒸気供給配管仕様】
材質: 炭素鋼
直径: 約270mm
厚さ: 約9mm

保温材状況



今回取り付けけた隔離弁

洗濯機器へ

空調装置より

【配管内残水箇所】

・タンク(加温用)
・タービングランド(シール用)より

・洗濯機器
・廃棄物処理設備(加熱用)
・タンク(加温用)より
・空調装置
・廃棄物処理設備(加熱用)
・タンク(加温用)へ

・タンク(加温用)
・タービングランド(シール用)へ

保温材外れ、外装板ずれ箇所

サポート損傷箇所

3号機スチームコンバータ

放水口へ

1~3号機共用 補助ボイラー

復水回収タンク

純水装置へ (外径: 約27cm)

アスファルト固化装置へ

(外径: 約3cm)

1・2号機 補助蒸気

ドレン弁 (定期的にドレン排水)

ドレントラップ

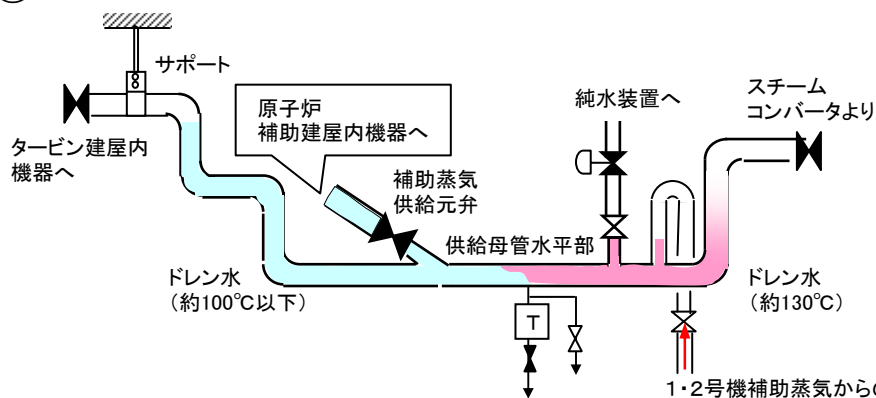
供給母管内のドレン水量: 約5,500リットル

ドレン排出量: 約80リットル/日

蒸気からドレン水となる量: 約1,300リットル/日

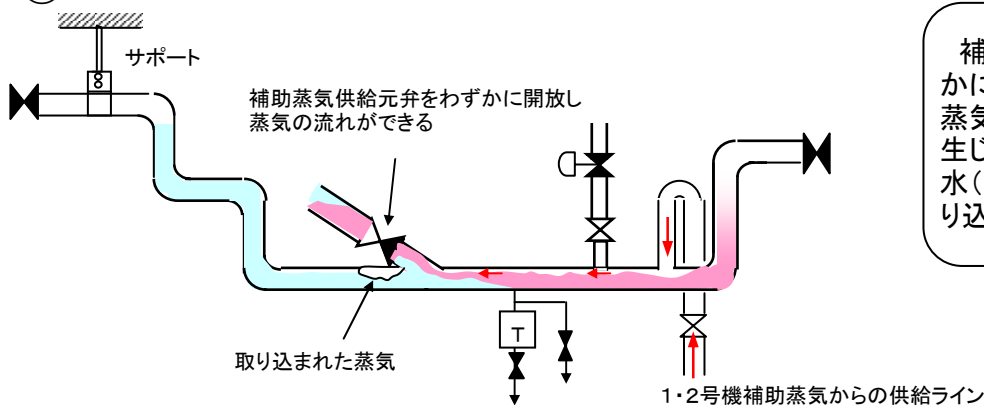
推定メカニズム

① 配管内にドレン水が滞留



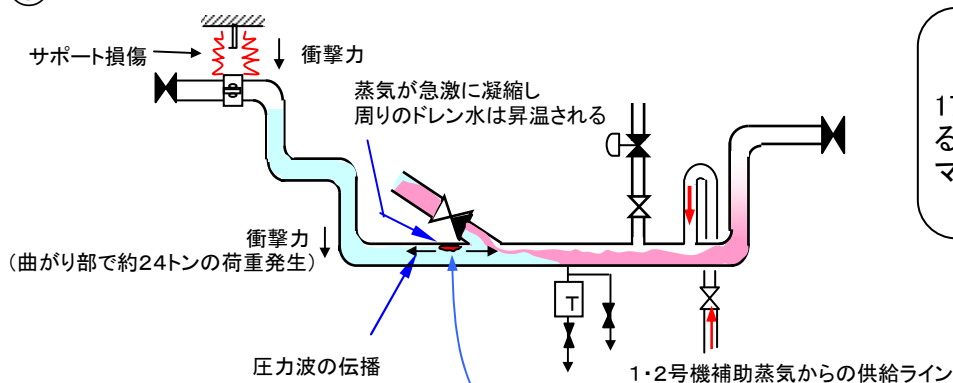
閉止した補助蒸気供給元弁の上流側で配管表面からの放熱により蒸気がドレン水になり滞留し、水平配管部が満水となった。

② 補助蒸気元弁をわずかに開放



補助蒸気供給元弁を僅かに開放したことにより、蒸気(約170°C)の流れが生じ一部の蒸気がドレン水(約100°C以下)中に取り込まれた。

③ ウォーターハンマー発生



取り込まれた蒸気(約170°C)が急激に凝縮することでウォーターハンマーが発生。

対策

- ・損傷が認められたサポートや保温材については、新しいものに取り替える。
- ・工事等により補助蒸気の供給を一時的に停止(系統隔離)した後、供給を再開するにあたっては、隔離範囲の上流側配管内に貯まったドレン水も完全に排出するよう、その旨、社内マニュアルに記載する。