

平成15年10月23日
北海道電力株式会社

泊発電所2号機再生熱交換器胴側出口配管からの漏えいに係る 原因と対策について

泊発電所2号機(加圧水型軽水炉、定格電気出力57万9千kW)は、定格熱出力で運転中のところ、9月7日原子炉格納容器内の再生熱交換器^(注1)室において1次冷却水の漏えいを確認しました。このため、原子炉の運転を停止して詳細調査および補修を行うことが適切であると判断し、9月11日に原子炉を停止しました。

また、9月14日に再生熱交換器胴側出口管台の内面に液体浸透探傷検査を実施した結果、ひび割れを確認しました。

10月10日、これまでの調査結果により、当該配管部の温度ゆらぎによる熱疲労が主な要因でひび割れが発生した可能性が高いと推定しました。

本日、その後の調査結果を踏まえ、泊発電所2号機の再生熱交換器胴側出口配管からの漏えいについて、原因と対策をとりまとめ、経済産業省へ報告しましたのでお知らせします。

(10月10日発表時までの調査結果)

1. 現場調査として、再生熱交換器各部について非破壊検査等を実施した結果、再生熱交換器胴側出口管台等に複数のひび割れを確認しました。
2. 民間の原子力研究機関において、漏えいした配管部分とひび割れの確認された管台について、調査した結果、高サイクル疲労破面の様相が認められました。
3. 再生熱交換器下段および胴側出口配管を模擬した模型を使用して、再生熱交換器内の水の流れと温度の状況について調査した結果、当該出口配管内部を流れる水の温度がゆらいでいることがわかりました。

(平成15年9月7日、8日、10日、14日、10月10日プレス発表済)

1. その後の調査結果と推定原因

再生熱交換器内の主流(低温水)とバイパス流(高温水)の混合により発生する温度ゆらぎ^(注2)による当該配管の熱疲労が主な要因となり、再生熱交換器下流に設置された抽出オリフィス^(注3)に起因する配管の微小な振動も寄与して、ひび割れが発生、進展し、漏えいに至ったものと推定しました。

2. 対策

今回ひび割れがあった下段再生熱交換器胴側出口の管台およびエルボについて、温度ゆらぎによる影響を緩和するため以下のものに取り替えます。

(1) 管台内のサーマルスリーブ^(注4)は、エルボ上流側溶接部まで伸ばすとともに、冷やしばめ^(注5)ですみ肉溶接部のない構造とする。

(2) 曲げ管^(注6)を採用し、ひび割れが発生したエルボ下流側溶接部がない構造とする。
さらに、余熱除去ポンプ入口ミニマムフローライン^(注7)合流部などの再生熱交換器以外の高温水と低温水が合流する箇所についても超音波探傷検査による点検を実施します。

(注1)再生熱交換器:1次冷却系統から抽出する高温の1次冷却水と、低温の充てん水を効率良く熱交換する装置。

(注2)温度ゆらぎ:高温水と低温水が混合する境界面等において、局部的に温度が変動する現象。

(注3)抽出オリフィス:配管内を流れる抽出水の流路を絞ることにより、圧力を低下させる機器。

(注4)サーマルスリーブ:料への熱影響を緩和するために取り付けられている筒状の部品。

(注5)冷やしばめ:部品を冷やして収縮させておき、それを組み込んで常温に戻す(あるいは高温水に触れる)ことにより、部品が膨張し、溶接なしで固定させる構造をいう。

(注6)曲げ管:直管を機械的に曲げて製造する管のこと。流路の向きを変えるために用いられる。

(注7)ミニマムフローライン:ポンプの過熱や振動を防止するために、ポンプの最低流量を確保するためのライン。

3. 今後の予定

泊発電所2号機については、今後、対策工事を実施し、設備の健全性を確認のうえ、発電を再開する予定です。

また、設備の長期的信頼性の確保、今後の点検・保守の合理化等の観点から、念のため、泊発電所2号機の次回定期検査時に、内筒のない構造の再生熱交換器に取り替えます。

本件については、安全協定に基づき、北海道および地元四ヶ町村に連絡済です。

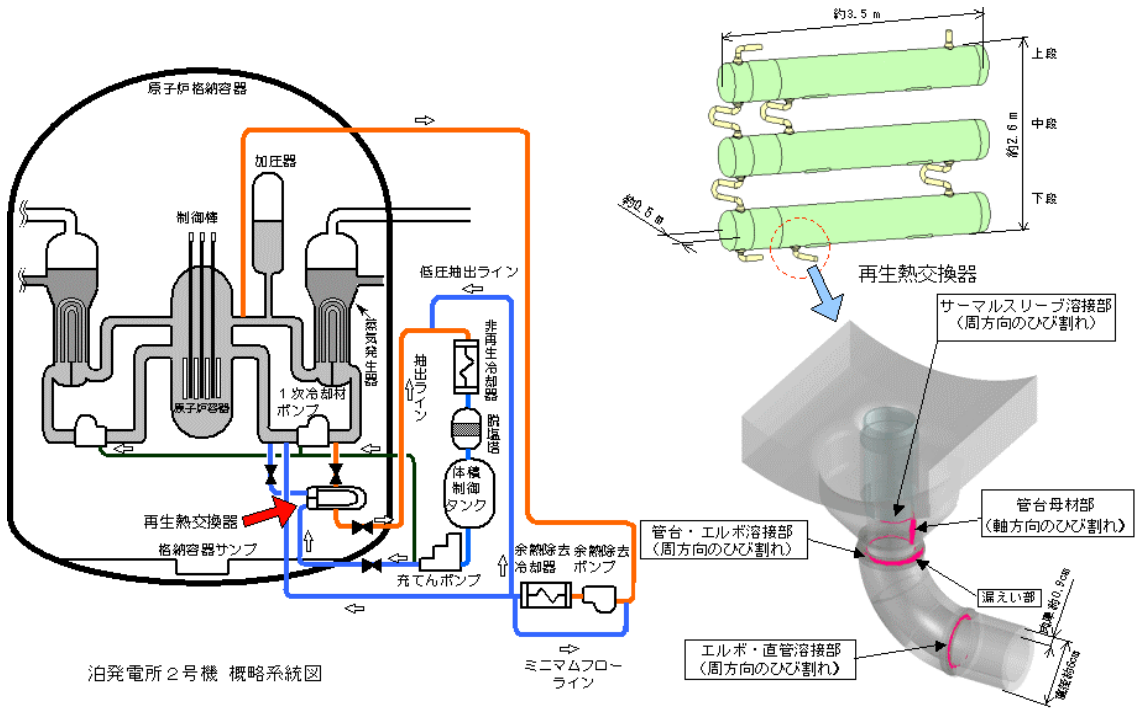
経済産業省への報告書については、当社本店1階「原子力ふれあいコーナー」および原子力PRセンター(とまりん館)「原子力情報公開コーナー」において公開します。

(経済産業省によるINESの暫定評価)

基準 1	基準 2	基準 3	評価レベル
-	-	0 -	0 -

INES:国際原子力事象評価尺度

泊発電所2号機 再生熱交換器胴側出口配管からの漏えいに係る調査結果の概要



泊発電所2号機 概略系統図

ひび割れの破面観察等から高サイクル疲労による損傷と判断した

管台・エルボ溶接部 (漏えい箇所) 破面状況

貫通部 (1.3mm) (外表面)

ひび割れの破面

ビームマーク

破面拡大写真

24 μm

- 疲労破面特有のビームマークが見られる。
- 高サイクル疲労に特徴的な組織状態が見られる。

高サイクル疲労が発生する要因を評価した結果、原因は温度ゆらぎと配管の微小な機械振動によるものと推定した。

高サイクル疲労が発生する要因として考えられる以下の項目等について調査を行った。

- 流体混合による温度ゆらぎ
- 機械振動
- 流体振動

調査結果から、高サイクル疲労が発生した要因として以下の2つが抽出された。

- 再生熱交換器内の主流(低温水)とバイパス流(高温水)の混合により発生する温度ゆらぎ
- 抽出オリフィス下流側に発生する軽微なキャピテーションを起因とする微小な配管の振動

ひび割れの発生・進展について評価した結果、温度ゆらぎによる熱疲労が主な要因となり、微小な配管の振動も寄与して、再生熱交換器出口配管にひび割れが発生し貫通したものと推定した。

温度ゆらぎの発生

主流 (約120°C)

内管出口 支持リング 内管

管板

管板

出口管台

副

副側入口 (抽出ライン)

副側出口 (抽出ライン)

水室

管側入口 (充てんライン)

管側出口 (充てんライン)

伝熱管

下段断面図

主流とバイパス流の混合により温度ゆらぎが発生する。

バイパス流 (約205°C)

配管の微小な振動の発生

上段

中段

下段

管側入口 (充てんライン)

副側入口 (抽出ライン)

再生熱交換器

副側出口 (抽出ライン)

管側出口 (充てんライン)

抽出オリフィス

通常運転中は、抽出オリフィス入口で約1.5MPa、抽出オリフィス出口で約2MPa

抽出オリフィスでの過圧によりオリフィス下流側に発生する軽微なキャピテーションが起因となって微小な配管の振動が発生する。

漏えい箇所