平成14年11月28日
原子力安全対策課
（１４－８７）
<14時記者発表>

新型転換炉ふげん発電所の起動用真空ポンプドレンセパレータの破損について
（原因と対策）

このことについて、核燃料サイクル開発機構から下記のとおり連絡を受けた。

記

新型転換炉ふげん発電所（新型転換炉；定格電気出力16.5万kW）は平成14年度計画停止のため、平成14年11月５日11時30分に発電を停止し、18時34分に原子炉を停止した。

その後、復水器の真空度を維持するため、同日18時37分、起動用真空ポンプ*1の運転を開始したところ、現場近くの運転員が衝撃音を聞いた。現場調査の結果、同ポンプの出口に設置されているドレンセパレータ*2（円筒形横置型）が、中央横方向（長手方向）の溶接部に沿って割れが発生し、ドレンセパレータ内にあった水が床面に漏えいしていたため、直ちに同ポンプを停止した。

床面に漏えいした水からは放射能は検出されず、水は直ちに回収し、今回の事象による周辺環境への放射能の影響はない。

＊１）起動用真空ポンプ：原子炉起動時や停止時において、タービン復水器内の真空度を維持するため、復水器内の気体を真空引きをするポンプ。
＊２)ドレンセパレータ：真空ポンプから排気される気体と水分のうち、水分だけを除去する装置。

[平成14年11月５日発表済み]

１．調査結果
(1)外観および破面観察

ドレンセパレータは円筒形の胴板（厚さ3㎜）を突き合わせ、その表面を長手方向に溶接(長さ約1ｍ、溶接厚み約1.5㎜)した構造であり、この溶接部が長さ82㎝にわたり均等に開口する状態で破損していた。

破面観察から、破損は内側から外側に破損した様相が見られ、破損部の中央では脆性破壊*3の特徴である「リバーパターン」が、その外縁部では延性破壊*4の特徴である「ディンプル」が確認された。

以上の結果から、今回の破損はドレンセパレータの溶接部が強い力により一瞬に破損（開口）したものであり、その要因としてドレンセパレータ内の圧力が何らかの原因で瞬間的に高圧になったものと推測された。

＊3）脆性破壊とリバーパターン
：脆性破壊とは、金属が外力によりガラスのように脆く割れる破壊形態。
リバーパターンとは、脆性破壊した破面上で特徴的に見られる川のようなすじ状模様のこと。
＊4）延性破壊とディンプル
：延性破壊とは、金属が外力により引き伸ばされてち切れるような破壊形態。
ディンプルとは、延性破壊した破面上で特徴的に見られる多数の微細な穴を有する模様のこと。

(2)プラント状態からの検討

原子炉停止後、復水器空気抽出器の運転が停止することから復水器の真空度は除々に低下し、真空度が700mmHgに低下した時（原子炉停止後約半日）に起動用真空ポンプの運転を開始している。

破損発生前のプラント状態を調査したところ、真空度の低下度合いがこれまでの実績と比べて早く、このため原子炉停止後約6時間と配管内に滞留した蒸気温度が高い状態で同ポンプの運転を開始していた。

また、現場にいた運転員は、ポンプ運転開始後、数回にわたってドレンセパレータ近傍からの衝撃音を聞いており、ドレンセパレータ内で水撃現象＊5が発生した可能性があると推測された。

＊5）水撃現象（ウォーターハンマー）
：高温の蒸気とドレンが混在した流体が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、これによりドレンが加速され、大きなエネルギーを持つ。

(3)水撃現象についての詳細検討

タービン停止後、空気抽出器の停止に伴い空気抽出器出口側の弁を閉止する。これにより、起動用真空ポンプからの排出系配管と気体廃棄物処理系につながる配管内(MV1からMV2の間）に高温の蒸気が滞留する。その後、同ポンプ運転開始のため、排出系配管にある弁(MV1とMV2）を開にした際、配管内にあった高温の蒸気や冷やされたドレン水が水平配管部に移動したと推測された。

この状態でポンプの運転を開始したが、運転直後は、ドレンセパレータ内がポンプからの排出水により満水状態であったと推測された。

また、ポンプ運転により排出される気体は、気体廃棄物処理系へ排気されるが、同処理系への排気流量を制御するため、復水器側へ戻る弁の開度調整を行っていた。

以上の状況から、ポンプ運転開始後、排出系配管にある弁の開度調整を行ったことにより、ドレンセパレータ上部の水平配管内に滞留していた蒸気とドレン水の流れに急激な変動が生じ、ドレン水の一部が蒸気を包み込む形でドレンセパレータ側に落ちる状態が生じていたと推測された。

このように、配管内にある蒸気を包み込むような形でドレン水がドレンセパレータ側に落ちると、高温の蒸気はドレンセパレータ内の水（常温）で急激に冷やされ体積収縮し、水撃現象が発生しうるものと考えられた。

(4)復水器真空度の低下について

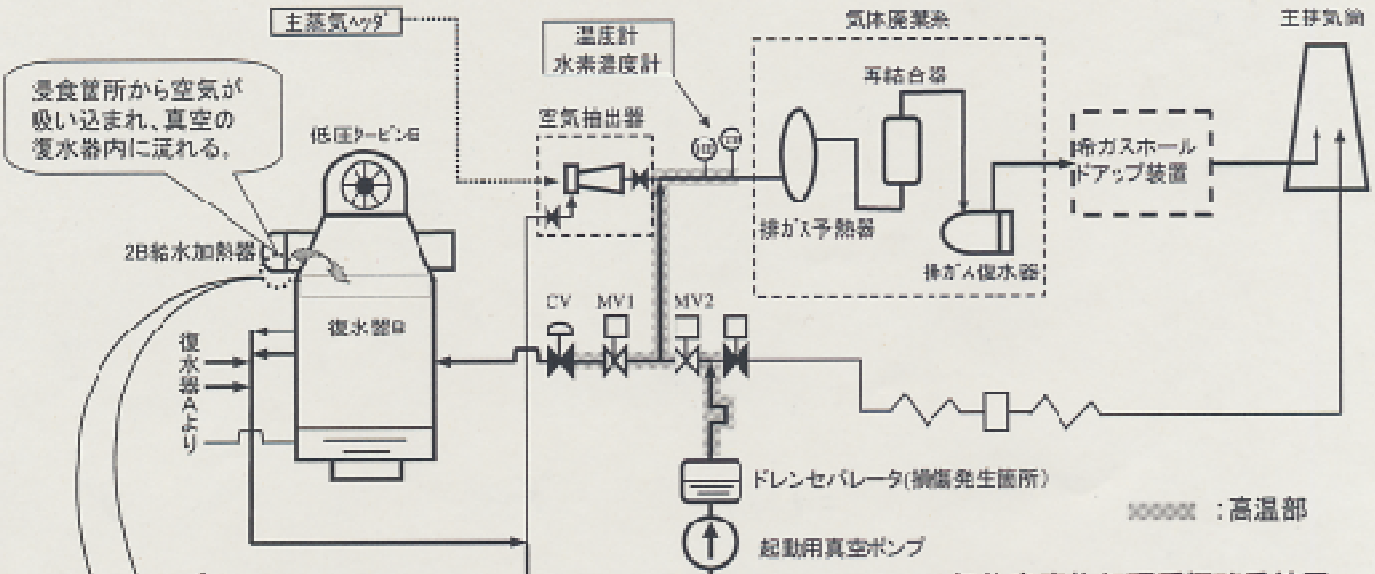
今回の原子炉停止後、復水器の真空度低下が早かった原因について検討したところ、11月7日に発生した２Ｂ給水加熱器ドレン配管からの漏えいが影響し

ていたものと推定された。
　今回の漏えい部ではドレン配管に貫通孔が生じており、復水器の真空度が維持された状態では、給水加熱器内も真空に保たれていることから、貫通孔から外部の空気が吸い込まれ、これにより真空度低下が早かったものと推測された。

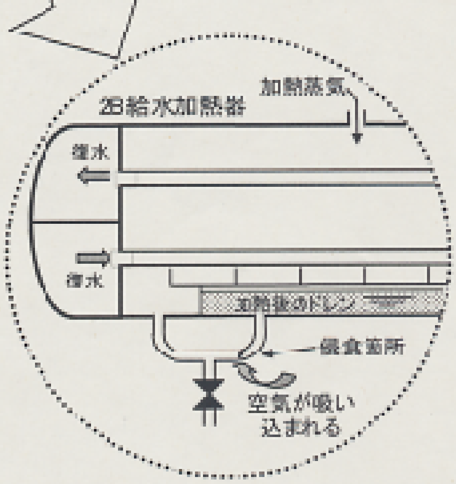
２．推定原因
　２Ｂ給水加熱器ドレン配管に貫通孔が生じており、空気が吸い込まれていたことから、原子炉停止後の復水器真空度の低下が早く、配管内に滞留した蒸気温度が高い状態で起動用真空ポンプの運転を開始した。ポンプ運転開始直後に、ポンプからの排出配管内に滞留していた高温の蒸気とドレン水が満水状態のドレンセパレータ側に落ち込み、水撃現象が発生し、これによる瞬間的な衝撃圧でドレンセパレータが破損したものと推定された。

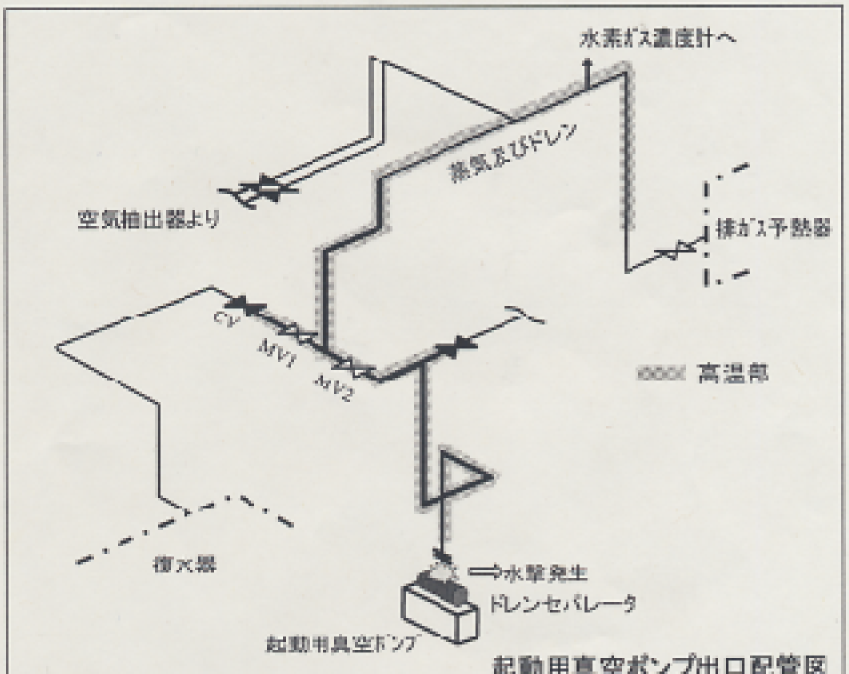
３．対策
　破損したドレンセパレータについては、胴部に溶接部のない新しいものに取り替える。
　また、水撃現象の発生防止のため、起動用真空ポンプ運転開始前に、排出系配管に滞留した高温の蒸気とドレンを復水器側に排水するよう運転操作の改善を行う。

問い合わせ先(担当：小西)
内線2354・直通0776(20)0314

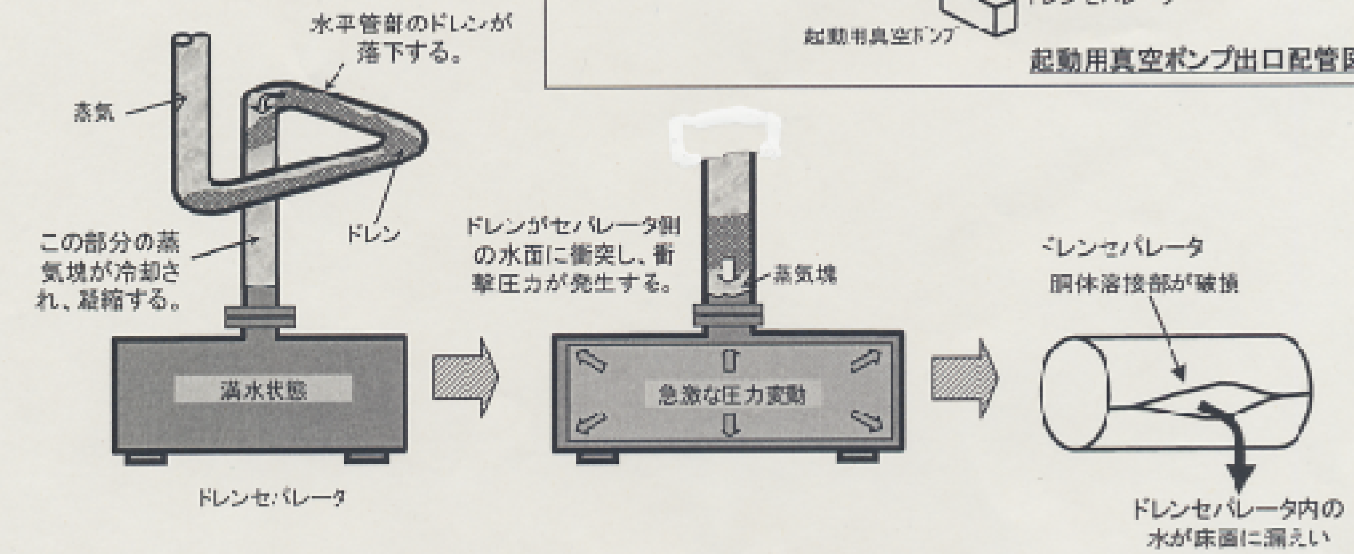


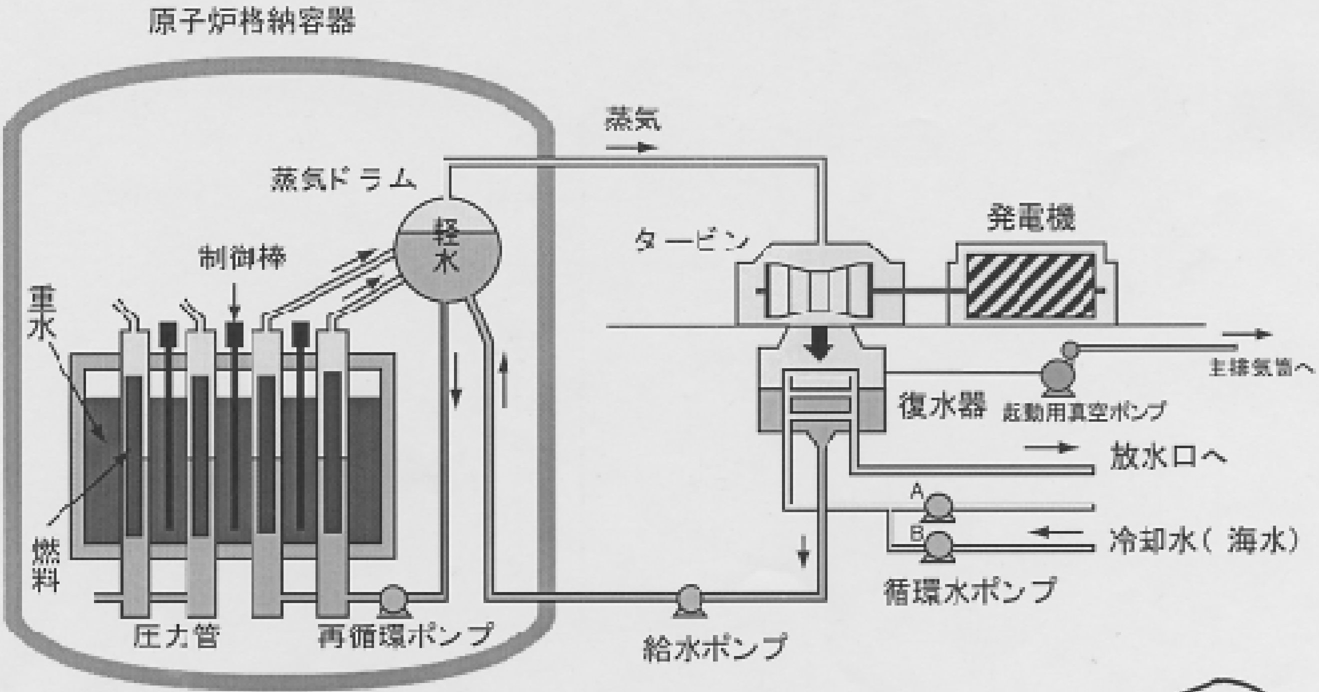
気体廃棄物処理系概略系統図

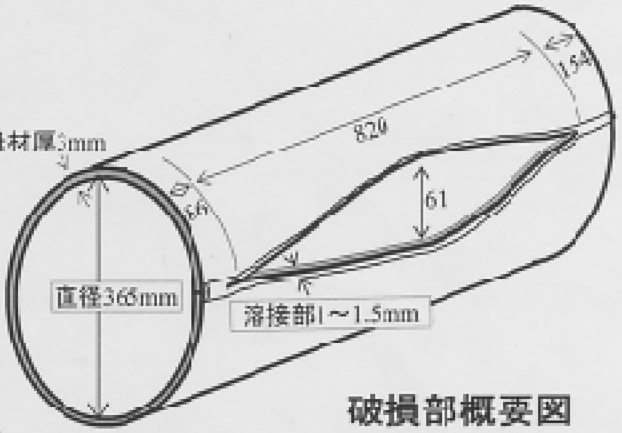




起動用真空ポンプ出口配管図

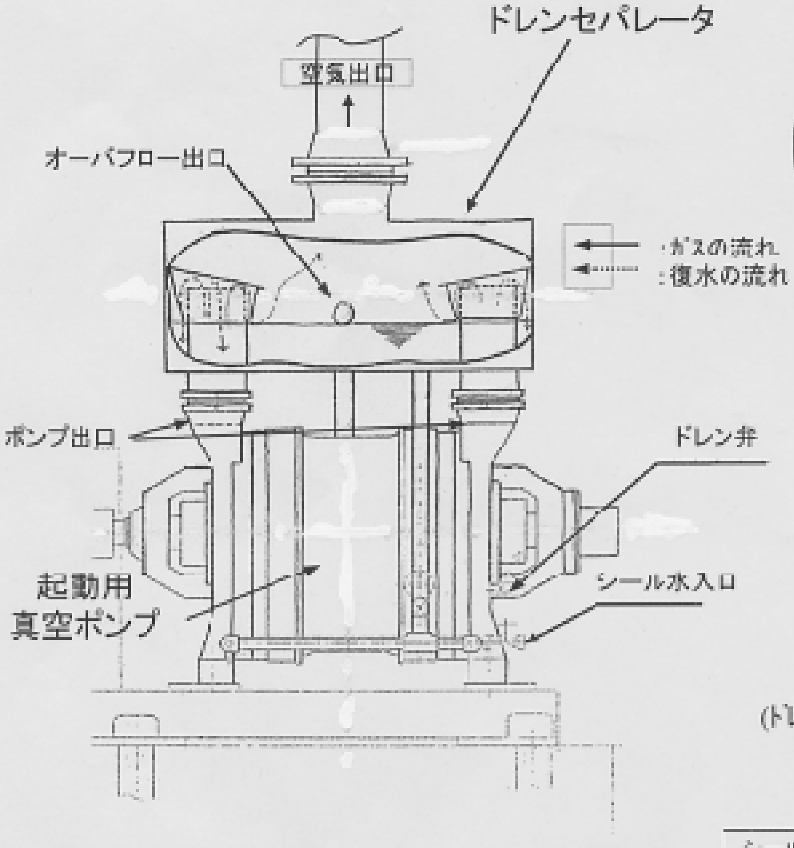




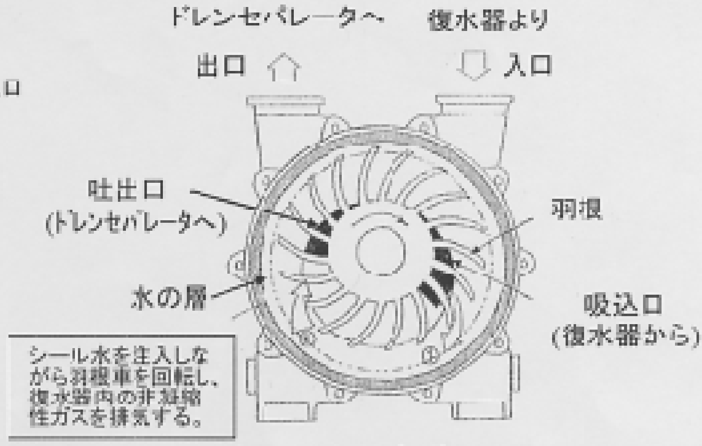


破損部概要図

破損部の特徴
1) 急激な破損に伴う脆性破面が見られた
2) 脆性破面の外側には延性破面が見られた



起動用真空ポンプとドレンセパレータ概要図



起動用真空ポンプの原理