

発電所名	志賀原子力発電所2号機	日時	平成20年4月1日11時09分
件名	原子炉起動気体廃棄物処理系における水素濃度上昇に伴う原子炉停止について		
事象発生箇所	設備名	廃棄設備	
	系統名	気体廃棄物処理系	
	装置名	水素再結合装置	
	標準装置名	水素再結合装置	
	機器名	再結合装置	
	部品名	-	
発生前の電気出力	226万kW	発見時のプラント状況	調整運転中
放射能の影響	無し		
発見方法	運転監視	発電停止時間	
原因分類	機器故障・トラブル		
国への法令報告根拠	-	国際原子力事象評価尺度 (INES)	-
事象発生状況	<p>電気出力226MWで調整運転中のところ、平成20年4月1日11時9分、「排ガス除湿冷却器出口水素濃度高」の警報が発生した。状態確認及び排ガス流量調整後、出力降下準備を行い、11時46分、原子炉出力降下を開始し、11時57分、警報がクリアした。以降、気体廃棄物処理系への空気供給量を増加することにより、排ガス除湿器出口水素濃度を低下させる調査をしたが、点検のため原子炉を停止した。</p>		
原因調査の概要	<p>調査結果のまとめ (不純物確認) a. 排ガス再結合器を開放し外観目視点検を実施したところ、金属触媒カートリッジ内面および一部の金属触媒に水が存在したような痕跡を確認した。 b. 排ガス再結合器内面の付着物をスマイヤ分析により確認したところ、硫酸イオンを検出した。 c. 現触媒について温水抽出試験により付着物を確認したところ、硫酸イオンおよびニッケルイオンが検出された。</p> <p>(発生源調査) d. 気体廃棄物処理系の系統保管履歴について調査したところ、原子炉停止中の約20ヶ月間、排ガス再結合器電気ヒータが停止し室温状態であったこと、および約16ヶ月間、排ガス復水器にドレン水を保有した状態で保管していたことから、このドレン水からの水分が排ガス再結合器金属触媒に到達し、室温の変化により結露していたことが推定される。 e. 運転時および停止中の通気試験時に気体廃棄物処理系を掃気する所内用圧縮空気の性状をイオンクロマトグラフにより測定したところ、硫黄酸化物が含まれていることを確認した。</p> <p>(金属触媒性能試験) f. 硫黄酸化物は水分と化学反応し硫酸となることから、硫酸に浸漬した未使用触媒を使用して性能試験を実施したところ、試験装置出口水素濃度が経時的に上昇し、再結合性能の低下を確認した。 また、性能試験後、試験に使用した触媒について温水抽出による分析を行ったところ、ニッケルイオンおよび硫酸イオンが検出されたことから、硫酸に浸漬させた金属触媒においては、基材や担持材を構成する金属と硫酸の化学反応により生成した硫酸塩(硫酸ニッケル等)の影響により、再結合性能が低下していることが推定される。</p>		

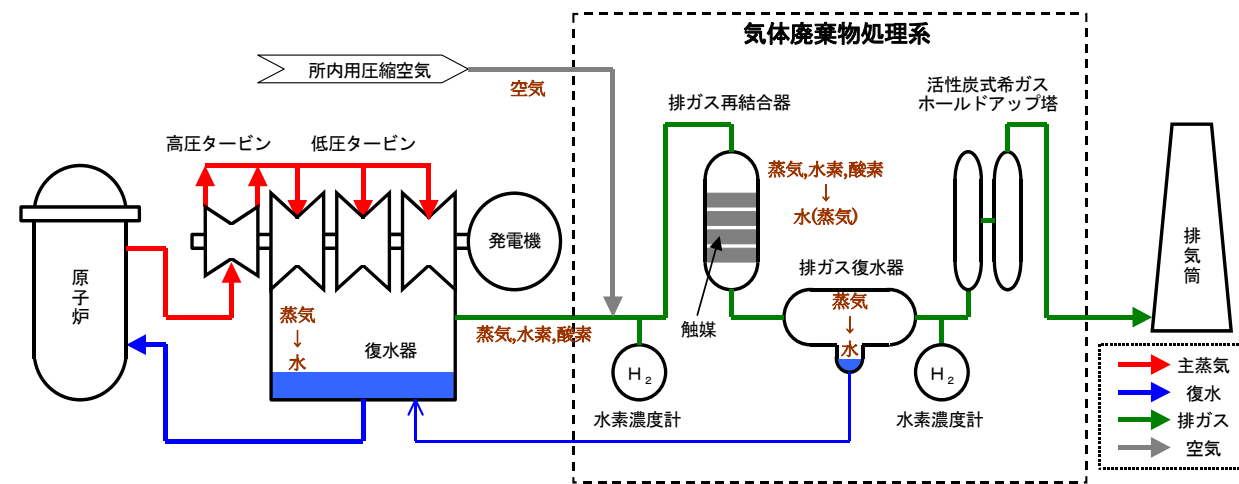
原因調査の概要	<p>g. 現触媒, 未使用触媒および硫酸に浸漬させた未使用触媒(硫酸塩を含むと推定される)について示差熱分析を実施したところ, 現触媒および硫酸に浸漬させた未使用触媒では, 350°C付近に未使用触媒では見られなかった重量減少を確認した。この重量減少は硫酸塩水和物からの結晶水の減少と考えられることから, 現触媒には, 硫酸に浸漬させた未使用触媒と同様の硫酸塩水和物が存在しており, この硫酸塩水和物が金属触媒の性能低下に影響を及ぼしたものと推定される。</p> <p>【事象発生のメカニズム】 排ガス再結合器は, 運転時および停止中の通気試験時に所内用圧縮空気により掃気を行っている。大気中にごくわずかに存在する硫黄酸化物(SO₂)が所内用圧縮空気により運ばれ白金に吸着され, 酸化によりSO₃となって金属触媒表面に付着した。2号機は平成18年7月以降, 長期間にわたり停止しており, この間, 排ガス再結合器内部の金属触媒は, 排ガス復水器のドレン水からの水分にさらされ, その水分が金属触媒表面に結露した。このため, 金属触媒表面のSO₃と結露水が化学反応し, 金属触媒表面に硫酸が生成された。さらに, 長期停止期間中に, この硫酸と金属触媒の担持材や基材との化学反応により硫酸塩が生成される。硫酸塩は吸湿性が高く, 周囲の水分を吸着することにより水和物を生成し, 再結合性能を低下させた。原子炉起動後, この硫酸塩水和物に触媒反応による水素と酸素の結合により生成した水が結晶水等として取り込まれ, 白金表面に付着し徐々に触媒反応を阻害する。この結果, 排ガス再結合器の再結合性能が徐々に低下し, 排ガス除湿冷却器出口水素濃度が徐々に上昇したものと推定される。</p>
事象の原因	<p>運転時および停止中の通気試験により大気中の硫黄酸化物が金属触媒表面に付着していたことに加え, 原子炉の長期停止期間中, 排ガス再結合器電気ヒータを停止していたことから, 排ガス再結合器内部が排ガス復水器内のドレン水により高い湿度の雰囲気中で保管され, 金属触媒表面に硫酸塩水和物が生成した。原子炉起動後, 水素と酸素の結合により生成した水を結晶水等として取り込み, 白金表面に付着することで徐々に触媒性能を阻害したことにより発生したと推定される。</p>
再発防止対策	<ul style="list-style-type: none"> ・触媒を新品に取り替えた。 ・原子炉停止期間中においては, 気体廃棄物処理系が高い湿度とならないよう, 排ガス復水器内のドレンを抜いて保管するよう運転操作要領に反映した。 ・水分の凝縮を防ぐ目的として, 停止期間中においても排ガス再結合器電気ヒータを通电し加温するよう運転操作要領に反映した。

志賀原子力発電所2号機 気体廃棄物処理系の水素濃度上昇の原因と対策

1. 水素濃度上昇の状況

志賀原子力発電所2号機は3月26日に原子炉を起動し、4月1日に試験的に発電を開始したところ、気体廃棄物処理系排ガス再結合器出口の水素濃度が上昇しました。4月2日に原子炉を手動停止し、原因を調査してまいりました。

原子力発電所は、原子炉で水を蒸気に変えタービンを回して発電しますが、その蒸気には放射線の作用により水が分解した水素と酸素が含まれています。タービンを回した蒸気は復水器で水に戻り、再度、原子炉へ供給されます。一方、水素と酸素などの気体は、復水器から気体廃棄物処理系へ導かれ、排ガス再結合器にて水に戻されます。



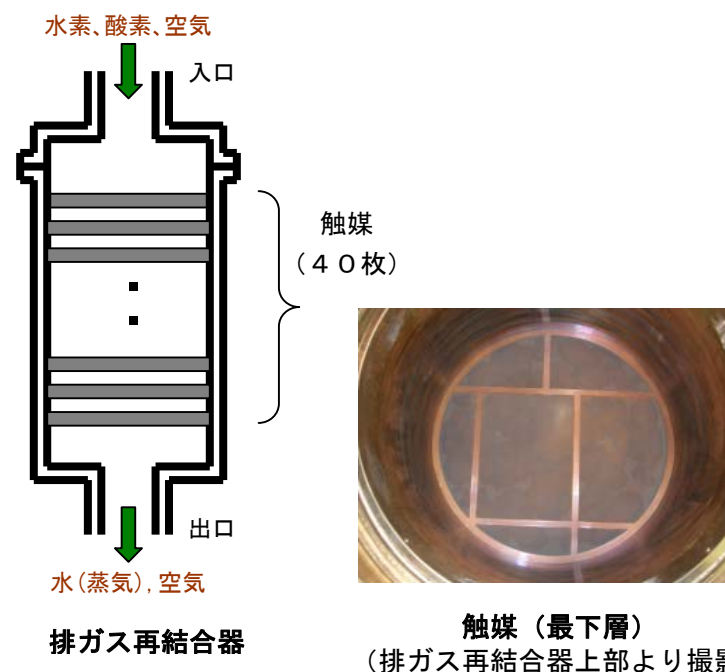
気体廃棄物処理系 概要図

2. 調査結果

水素濃度上昇に結びつくあらゆる可能性を検討し、点検、調査を行った結果、排ガス再結合器に使用している触媒に、水分の痕跡と硫酸塩を確認しました。

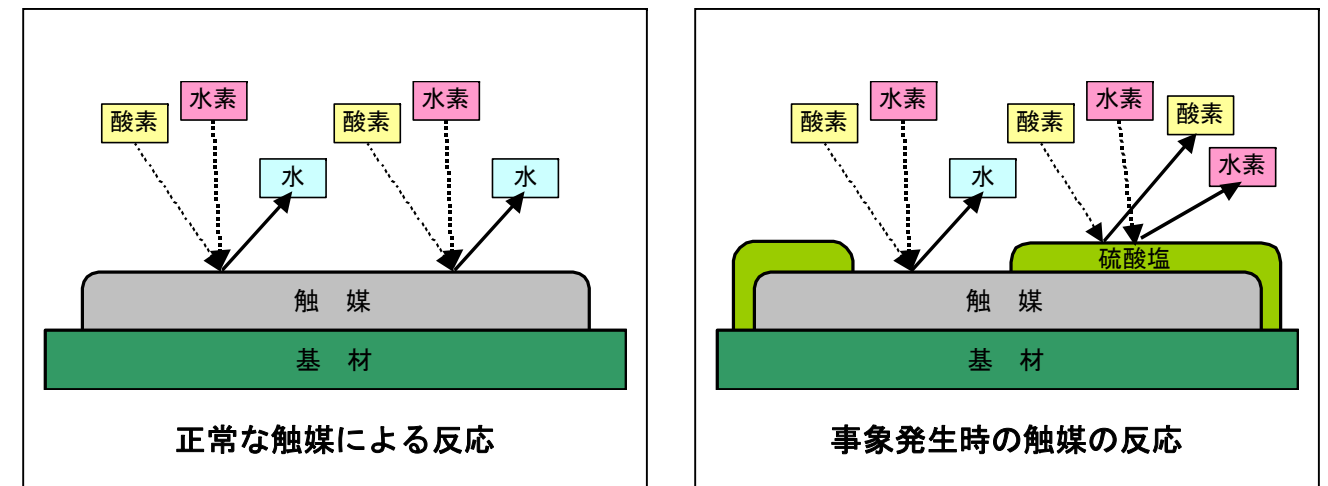
それらの影響を調べるための実験を行ったところ、水の存在により硫酸塩が生成され、触媒の性能を低下させることが判明しました。

触媒とは水素と酸素を効率よく水にするためのもので、排ガス再結合器の中には、触媒（円盤状の板）が40枚入っています。



3. 触媒の性能が低下した原因

- ① 原子炉運転中には、排ガス再結合器に空気が注入されており、その空気には、大気中に存在するごくわずかな硫酸化物が含まれています。その硫酸化物は触媒のまわりに付着します（硫酸化物だけでは、触媒に悪影響を与えることはありません）。
- ② 志賀2号機は、平成18年7月以降長期間停止しており、停止期間中に触媒表面で水の結露が長期間発生していました。この結露した水と硫酸化物および触媒の基材部分の金属が長期間に渡って徐々に化学反応を起こし、硫酸塩が生成されました。
- ③ この硫酸塩が触媒の一部を覆ったため、触媒の性能が低下したと考えられます。



〔 触媒：白金 、 基材：Ni・Cr合金 、 硫酸塩：Ni(SO₄)・nH₂O 等 〕

4. 再発防止対策

- (1) 触媒を新品に取り替えます。
- (2) 原子炉停止期間中は、排ガス再結合器が水分の影響を受けることを防止するため、次の対策を実施します。
 - ① 気体廃棄物処理系が高い湿度とならないよう、水を抜いて保管します。
 - ② 排ガス再結合器内が結露しないよう、排ガス再結合器に設置されている電気ヒータで加温します。

以上