

浜岡原子力発電所 使用済ハフニウム板型制御棒のひび割れ調査結果について

平成18年5月26日

平成18年1月に東京電力(株)福島第一原子力発電所6号機において、ハフニウム板型制御棒にひび割れおよび破損が確認されたことを受け、当社は、国の指示に基づき、運転しているプラントにおいては、熱中性子(1)照射量 4.0×10^{21} 個/cm²を超えるハフニウム板型制御棒の全挿入操作や、定期検査で停止しているプラントでの点検などを順次実施し、国へ報告を行っています。

また、自主的に、過去に使用済みとし、廃棄処分のため浜岡原子力発電所に保管していたハフニウム板型制御棒(以下、「使用済ハフニウム板型制御棒」という。)についても点検を実施し、その結果、3号機の使用済ハフニウム板型制御棒13本にひび割れ(2)を確認しました。

[\(平成18年2月1日お知らせ済み\)](#)

その後、ひび割れのあった使用済ハフニウム板型制御棒の詳細調査を実施してまいりました。

このたび、東京電力(株)福島第一原子力発電所6号機の調査結果を踏まえ、当社が実施した原因調査結果、今後の対応について取りまとめましたので、お知らせいたします。

なお、この調査結果は、国の調査検討に資するため、本日(5月26日)、国へ報告しました。

1. 調査結果

(1) 使用済ハフニウム板型制御棒の点検結果

使用済ハフニウム板型制御棒13本に確認されたシース(3)のひび割れは、いずれも制御棒上部に多い傾向が確認されるとともに、そのうち、2本にシースの一部欠損やシースの折れ曲がりが見られました。

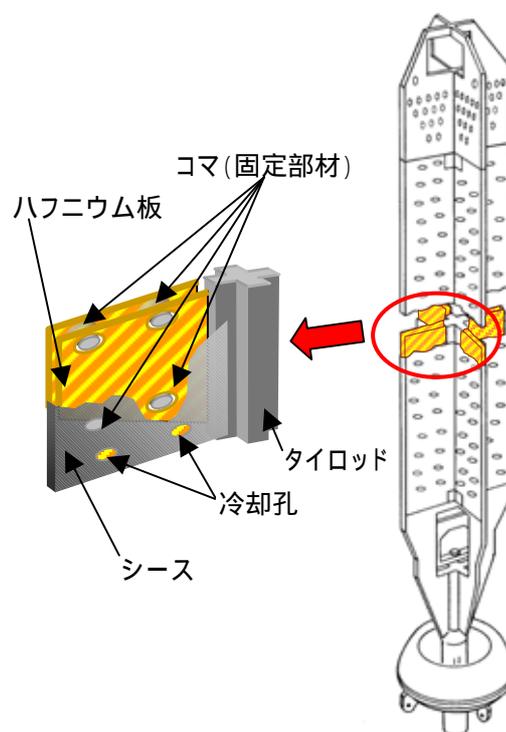
また、13本のうち12本でタイロッド(4)にひび割れが確認されました。シースおよびタイロッドのひび割れの形状は、東京電力(株)等の調査結果から、応力腐食割れの特徴を示していました。

欠損したシースの破片(各々約2グラム)が各設備に及ぼす影響を評価した結果、破片が原子炉内に滞留しても制御棒の挿入性に影響を与えることはなく、これらの破片が仮に制御棒と燃料集合体のすき間を上昇して原子炉内を移動したとしても、その質量は小さく、燃料や各設備への影響はないことを確認しました。

また、シースやタイロッドにひび割れがある場合でも、地震時や緊急挿入時において、制御棒としての構造を維持でき、安全上問題となるものではないことを確認しました。

(2) ひび割れ発生要因の調査結果

応力腐食割れは、材料、環境、応力の3因子が重なったときに発生することが知られていることから、各因子について調査を行いました。



**ハフニウム板型
制御棒概要図**

その結果、以下のことを確認しました。

材料：ひび割れが確認されたハフニウム板型制御棒は、シースやタイロッドの材料である低炭素ステンレス鋼(SUS316L)において照射誘起型応力腐食割れ(5)(以下、「IASCC」という。)の感受性が高まるとされている高速中性子(1)照射量を超えていたこと。

環境：原子炉水が放射線により分解されてできる酸素が溶け込んだ高温の原子炉水環境で使用されており、IASCCの発生する可能性がある環境にあったこと。

応力：コマ部近傍等に製造時の溶接残留応力(6)が確認された。また、制御棒使用過程でシースとハフニウム板のすき間に腐食生成物(7)が蓄積し、両者に大きな摺動抵抗(8)が生じていたところに、高速中性子照射によるハフニウム板の照射成長(9)が重なり、シースおよびタイロッドに引張応力を作用させた可能性があること。

以上のことから、ひび割れは、下記のような過程を経て発生した可能性が高いと推定しました。

高速中性子照射を受けた材料、酸素が溶け込んだ高温の原子炉水環境、コマ部近傍等における溶接時の残留応力等によってシースにIASCCによる初期のひび割れが発生した。

高速中性子照射によるハフニウム板の照射成長による伸びと、腐食生成物の付着によるハフニウム板とシース間の摺動抵抗の増加により、シースおよびタイロッドに引張応力が発生し、IASCCによるひび割れが拡大した。

(3) 要因以外のその他調査結果

シースのひび割れの一部欠損の発生原因およびひび割れの発生時期に関する検討のため、当該制御棒を原子炉内で使用していた期間に周辺に装荷していた燃料集合体のチャンネルボックス等の目視点検調査ならびに、ひび割れの確認された使用済制御棒の過去の点検記録調査を実施しました。

その結果、国が運転中プラントのハフニウム板型制御棒の全挿入を指示した熱中性子照射量 4.0×10^{21} 個/cm²以下でひび割れが発生していたことを示すデータは確認されませんでした。

2. 今後の対応

国の指示に従い、引き続き現在運転中のプラントにおいては、熱中性子照射量が 4.0×10^{21} 個/cm²を超えたハフニウム板型制御棒は、全挿入位置とします。

また、少なくとも、次の運転期間中に熱中性子照射量が 4.0×10^{21} 個/cm²を超えると予想される場合は、定期点検時に取替えます。さらに、ハフニウム板型制御棒の健全性を確認するために、定期点検時に、目視点検を実施します。

また、国から新たな指示がある場合は、必要により追加の対応を行います。

[\(別紙\) 使用済ハフニウム板型制御棒のひび割れ調査結果の概要について](#)

- (1) 高速中性子はウラン235の核分裂直後に発生する速度が速くエネルギーの高い中性子です。熱中性子はウラン235との核分裂反応を起こしやすくするために減速材で速度を遅くしたエネルギーの低い中性子です。ハフニウム板型制御棒は運転管理上、熱中性子照射量で管理しており、高速中性子照射量は、熱中性子照射量に換算係数を乗じることにより求められる値です。高いエネルギーを持つ高速中性子は、炉内構造物の機械的性質等に影響を与えることから、機械的性質等への影響については高速中性子照射量で評価しています。
- (2) 本資料中で使用する「ひび割れ」は、目視点検で明らかになったシースおよびタイロッドを横断するひび割れ(初期のひび割れを除く)を指します。
- (3) シースは、ハフニウム板を包んでいる板で、低炭素ステンレス鋼(SUS316L)製です。
- (4) タイロッドは、シースやその他の部材をつなぐ棒状の部材で、低炭素ステンレス鋼(SUS316L)

製です。

- (5) ステンレス鋼は、受ける高速中性子照射量が多くなり、しきい照射量を超えると、応力腐食割れの感受性が高くなります。照射誘起型応力腐食割れは、この状況に引張応力が作用し応力腐食割れが生じる事象を言います。
- (6) 溶接残留応力とは、溶接時の熱影響により、金属の内部に残る応力です。
- (7) 腐食生成物とは、鉄の酸化物(クラッド)などです。
- (8) 摺動抵抗とは、物と物がこすれ合う際に働く抵抗です。摺動抵抗が大きいほど、こすり合わせるために大きな力が必要となります。
- (9) 照射成長とは、高速中性子の照射により、材料に伸びが生じることをいいます。

以上