

美浜発電所1号機の定期検査状況について (原子炉格納容器内壁面の水のにじみ等に関する原因と対策)

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1号機（加圧水型軽水炉；定格電気出力34.0万kW）は、平成18年11月1日から第22回定期検査を実施中であり、燃料を原子炉に装荷する準備として、原子炉容器の上部にあるキャビティ部に水張りを行った後の平成19年3月22日、巡視点検中の運転員が、原子炉格納容器内のBループ室で床面に小さな水溜りと壁面に水のにじみを確認した。このため、キャビティ部の水を抜き取った結果、壁面の水のにじみはなくなった。

また、キャビティ部周囲の壁や天井を確認した結果、当該箇所以外に4箇所ではう酸の析出が認められた。

原因調査として、キャビティ部等^{※1}の内面を覆っているステンレス板の溶接部について、真空発泡試験^{※2}を行っており、これまでに4箇所では僅かな発泡が確認された。

なお、この事象による環境への影響はない。

※1 使用済燃料プールとキャビティ部をつなぐ水路（チャンネル）を含めている。

※2 検査対象部位に発泡液を塗布し、アクリル透明箱で覆って内部を真空状態として、発泡液塗布部の泡の発生状態から、漏えい箇所を特定する試験。

[平成19年4月17日 記者発表済]

1 点検および調査結果

(1) 原子炉キャビティ部等の点検

- ・真空発泡試験の結果、4箇所以外に発泡箇所は認められなかった。
- ・キャビティ部は使用済燃料プール側（チャンネル部）に向かって深さが段差状に深くなっており、4箇所は全てこの段差状の部分であった。
- ・キャビティ部等は、コンクリート構造の内側にステンレス板を張り付けており、床面のコーナー部や段差部は、ステンレス製の曲がり板（コーナプレート）やL型材（コーナーアングル）に溶接している。

- ・ 4箇所のうち、3箇所は床面のコーナープレートとの溶接部で、1箇所は床面段差部のコーナーアングル材の溶接部であった。
- (2) 発泡箇所の詳細調査
- ・ コーナープレート溶接部3箇所について金属組織観察を行った結果、割れはプレート裏面から進展し、塩素型応力腐食割れの様相（枝分かれした粒内割れ）が認められ、切り出し調査の結果、裏面で塩素が検出された。
 - ・ コーナーアングル溶接部1箇所の金属組織観察では、延性割れ特有の様相が確認され、切り出し調査の結果、溶接部の溶け込みが少なく、グラインダ仕上げにより溶接部の厚さが薄くなっていた。
- (3) キャビティ部等の工事実績の調査
- ・ 当該ステンレス板はプラント建設時（S42～S45）に施工されており、当時の工事状況としては、大型機器搬入のため原子炉格納容器に仮開口部を設けており、飛来した海塩粒子が付着する可能性があった。
 - ・ 前回定期検査において、作業員の被ばく低減を目的として、当初設置した板の上に、表面を研磨加工した新たなステンレス板を設置する工事^{*}を実施したが、今回の4箇所は工事の対象範囲外であり、コーナーアングル溶接部1箇所は当該工事の溶接箇所の近傍であったことから、溶接時の影響（引っ張り力）を受けやすい位置であった。

※ オーニング設置工事：キャビティには、原子炉容器上部ふた取付け、取外しのため作業員が立ち入ることから、被ばく低減のため立ち入り前にキャビティ部の清掃を実施しているが、清掃作業時間を短くし、その時の被ばく量も低減させるため、コーナー部を除く床全面と高さ1 mまでの壁面に、表面に研磨加工を施したステンレス板を設置する工事。

2 コンクリート点検結果

(1) 析出物の成分分析等

- ・ 壁面と天井面の析出物を採取し分析した結果、コンクリート成分であるカルシウム等は検出されたが、鉄分は検出されなかったことから、コンクリート内の鉄筋に腐食はないものと推定された。
- ・ 水のにじみやほう酸析出が認められた5箇所のうち3箇所について、表面から壁内部に向け、コンクリートを削り点検した結果、コンクリート内部に中性化^{*}は認められず、鉄筋に腐食や欠損はなかった。周辺のコンクリートについて反発度法により強度を測定した結果、設計基準強度を上回っていることを確認した。
- ・ コーナーアングル溶接部で切り出し調査により露出したコンクリート部を点検した結果、中性化は認められなかった。

※ 中性化：コンクリートは強アルカリ性であるが、空気中の二酸化炭素（炭酸ガス）と反応し、徐々にアルカリ性を失っていく。コンクリートが中性化すると、鉄筋の防食性が低下する。

3 推定原因

(1) コーナープレート溶接部の割れ（3箇所）について

プラント建設時に設置したコーナープレート部の裏面で、付着した海塩粒子が結露水の蒸発・凝縮により濃縮し、溶接部の裏面から塩素型応力腐食割れが発生・進展し、貫通に至ったものと推定された。

(2) コーナーアングル溶接部の割れ（1箇所）について

プラント建設時の施工段階で、溶接部の溶け込みや厚さが不足していたため、水張り時等の温度変動（熱収縮）に伴う引張り応力により溶接部に延性割れが発生（貫通）し、前回定期検査時に実施したオーニング工事の溶接時に引張り応力が作用し、割れが拡大したものと推定された。

(3) 壁面等のほう酸の析出と水のにじみについて

ほう酸の析出や水のにじみが認められた5箇所のうち3箇所については、今回キャビティ部の溶接部で割れが認められた箇所に近いことから、この割れから漏れ出たキャビティ水が、コンクリート内を徐々に移動し壁面または天井面からにじみ出たものと推定された。

他の2箇所も、ほう酸の析出を生じさせた原因は今回の事象と同様と推測されるが、この箇所のキャビティ側は、オーニング設置工事により新たなステンレス板で覆われており、今後、漏えいはないと推定された。

4 対策

- ・ コーナープレート溶接部3箇所については、当該部を切り取り、内側を洗浄した後、新品のコーナープレートを溶接する。
- ・ コーナーアングル溶接部1箇所については、当該部を切り取り、新品のコーナーアングル材を適切な溶接形状（厚さ）を確保して溶接する。
- ・ 予防保全として、オーニング設置工事を実施していない床面のコーナープレート部およびコーナーアングル部に樹脂を塗布し、遮水性能を高める。

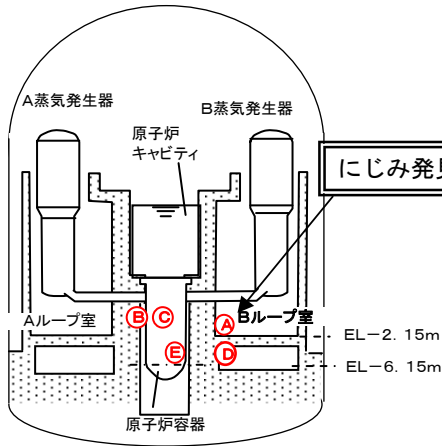
これらの作業には1～2ヶ月程度を要する見込みであり、その後、原子炉起動準備が整い次第、原子炉を起動し、調整運転を開始する予定である。

問い合わせ先(担当：藤内)
内線2354・直通0776(20)0314

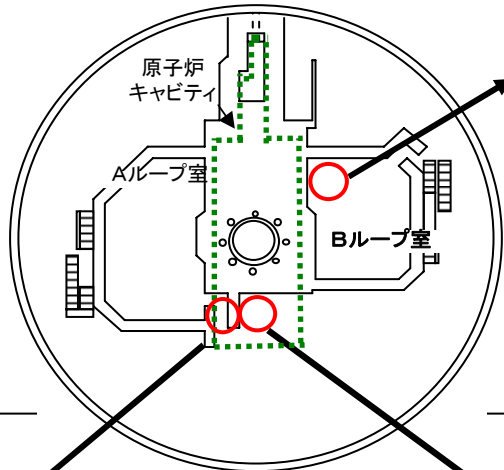
美浜発電所 1号機の定期検査状況について
 (原子炉格納容器内壁面からの水のにじみに関する原因と対策)

にじみ発見箇所および目視点検結果

原子炉格納容器 断面図

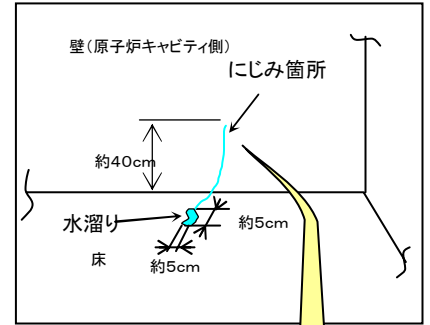


原子炉格納容器 平面
 (EL-2.15mフロア)



にじみ発見箇所

(A) : 壁からのにじみ箇所



壁面塗装剥がし後の写真



キャビティ周りの
 コンクリート点検結果

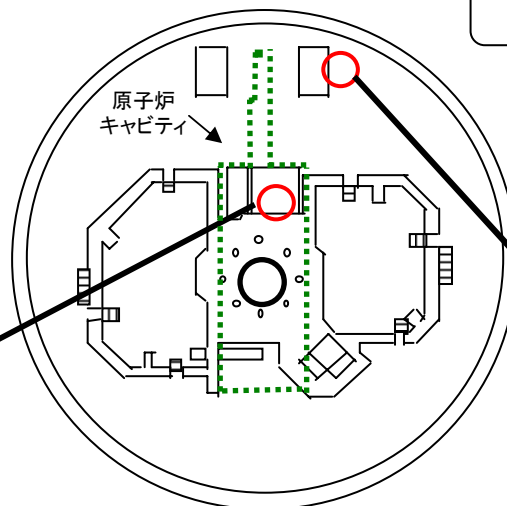
(B) : 天井に白いほう酸析出跡



(C) : 天井に白いほう酸析出跡



(EL-6.15mフロア)



(E) : 壁に白いほう酸析出跡

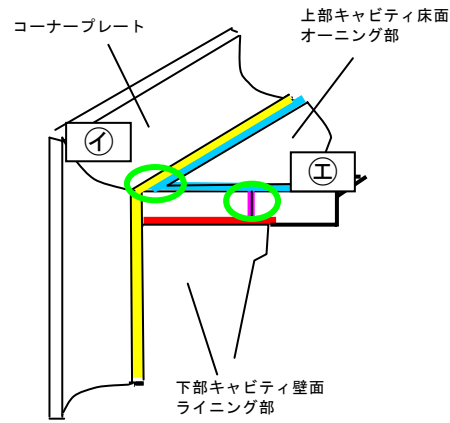
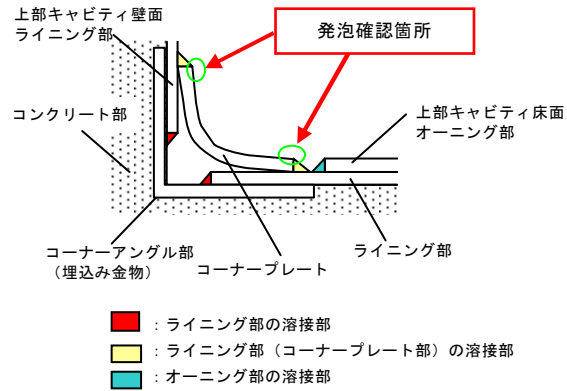


(D) : 壁に白いほう酸析出跡

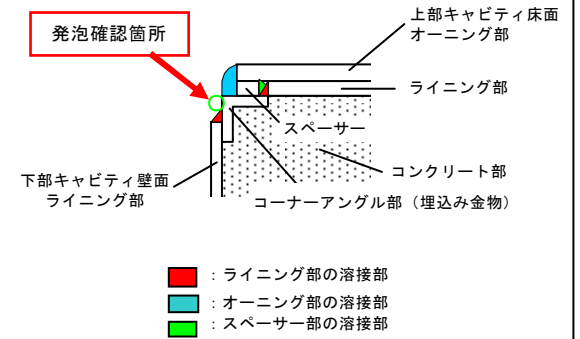


キャビティの点検結果(真空発泡試験等)

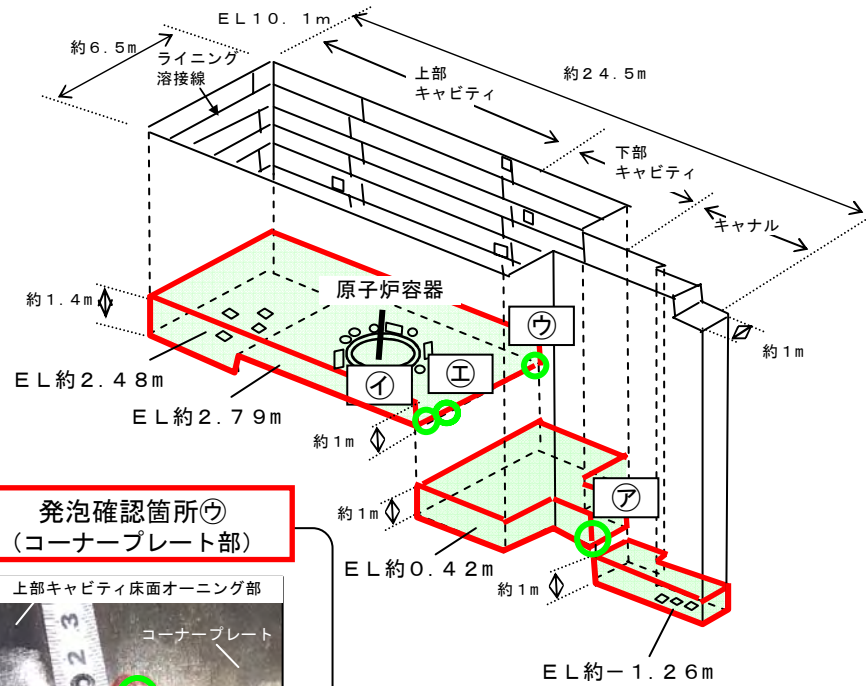
① 断面図



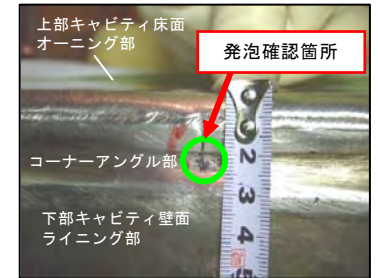
② 断面図



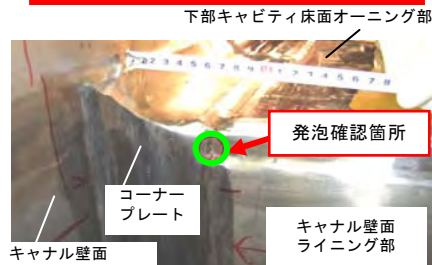
発泡確認箇所①
(コーナープレート部)



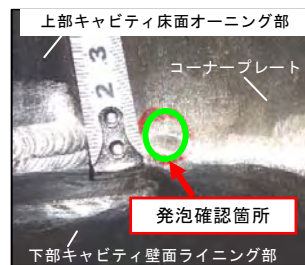
発泡確認箇所②
(コーナーアングル部)



発泡確認箇所③
(コーナープレート部)



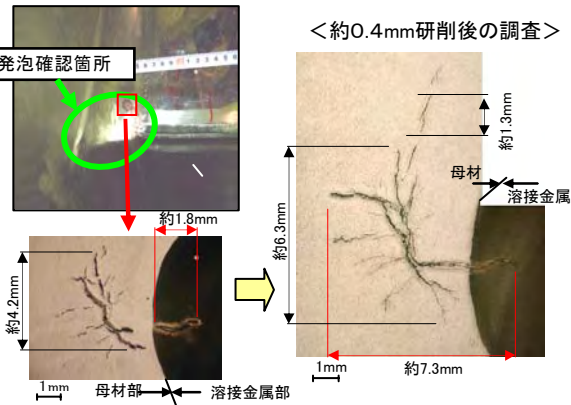
発泡確認箇所④
(コーナープレート部)



□ : オーニング範囲

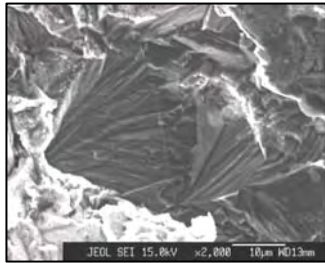
コーナープレート部の調査 (例:発泡確認箇所①)

欠陥形態調査



割れは、溶接近傍母材で発生し、結晶粒内を進展、枝分かれしており、塩素型応力腐食割れの様相である。また、約0.4mm研削後、枝別れていた割れがなくなったことから、裏側から発生・進展したものと考えられた。

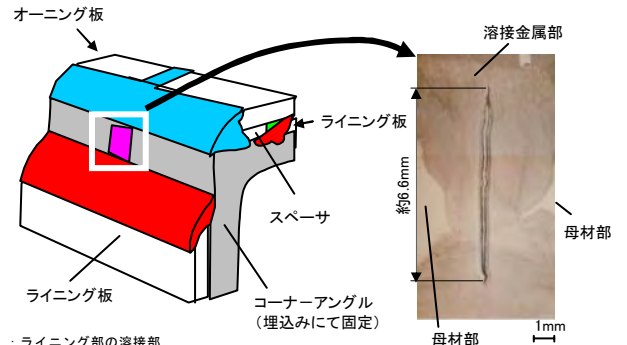
切出調査(破面観察)



塩素型応力腐食割れ特有の羽毛状の破面が認められた。

コーナーアングル部の調査 (発泡確認箇所②)

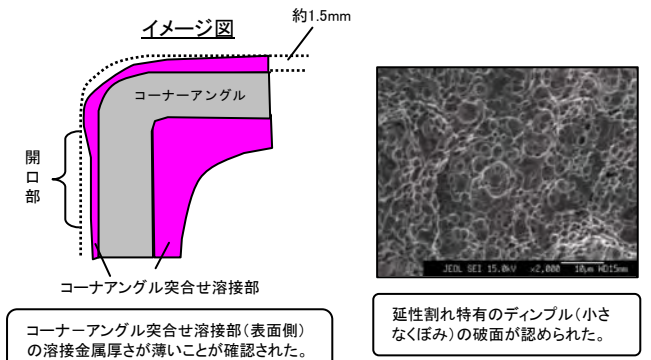
欠陥形態調査



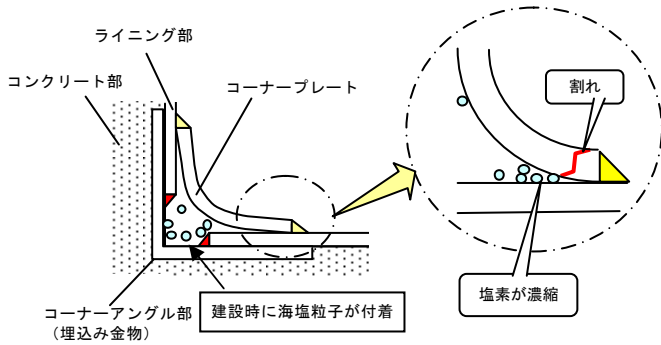
- : ライニング部の溶接部
- : オーニング部の溶接部
- : スペーサ部の溶接部
- : コーナーアングル突合せ溶接部

割れは、溶接金属部で発生し、延性割れの様相である。

切出調査(破面観察)

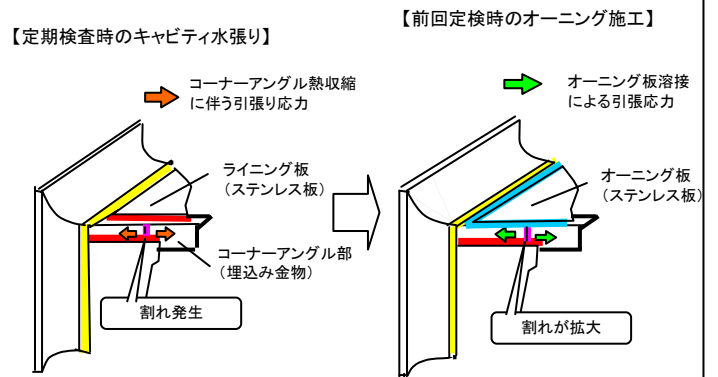


塩素型応力腐食割れの 推定メカニズム



コーナープレートとコーナーアングル部との隙間において、運転時と定期検査時のキャビティ内の温度変化により、結露水が発生・蒸発を繰り返すことで塩素が濃縮し、塩素型応力腐食割れが発生・進展し、貫通した。

引張応力による延性破壊の 推定メカニズム



溶接金属の溶け込みや厚さ不足していたため、水張り時にコーナーアングル熱収縮に伴う引張り応力により延性割れが発生した。

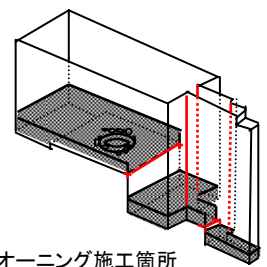
前回の定期検査時にオーニング板(ステンレス板)の溶接により、引張応力が発生し、割れが拡大した。

対 策

- コーナープレート溶接部3箇所については、当該部を切り取って、内面洗浄した後、新品のコーナープレートを溶接する。
- コーナーアングル溶接部1箇所については、当該部を切り取って、新品のコーナーアングルを十分な溶接金属厚さを確保して、溶接する。
- 予防保全の観点から、オーニング設置工事を実施していない床面のコーナープレート部およびコーナーアングル部については樹脂を塗布する。

【樹脂塗布概要図】

--- : 樹脂塗布箇所



■ : オーニング施工箇所