

伊方発電所第1号機

安全注入系統テストライン配管のひびについて

平成15年6月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所第1号機 安全注入系統テストライン配管のひびについて

2. 事象発生の日時

平成15年 6月13日 18時20分頃(確認)

3. 事象発生の設備

安全注入設備 安全注入系統テストライン配管

4. 事象発生時の運転状況

第21回定期検査中(平成15年 4月27日より)

5. 事象の概要

伊方発電所第1号機は、第21回定期検査を実施中であり、平成14年 5月25日に中部電力(株)浜岡2号機で発生した小口径配管と弁の溶接部が振動により損傷したトラブルの対応として、小口径配管の点検を実施していたところ、安全注入系統テストラインの小口径配管4箇所にてテープとみられる付着物を発見した。

このため当該箇所の液体浸透探傷検査(以下、「PT」という)を実施したところ、18時20分頃に2箇所、その後、21時40分頃に1箇所(合計3箇所)に点状の有意な指示を確認した。

なお、本事象による環境への放射能の影響はなかった。(添付資料-1)

6. 調査結果

(1) 研削手入れ及びPT

有意な指示が確認された3箇所について、配管厚さを測定しながら研削手入れ(研削量:最大0.81mm)を行い、PTを実施した結果、3箇所とも線状の指示が確認された。

このため、当該箇所を切断して詳細調査を実施することとした。

(添付資料-2)

(2) ひびの詳細調査及び付着物調査

a. ひびの詳細調査

有意な指示が残った3箇所のひびの詳細調査を実施した結果、以下のことが確認された。

- ・表面ミクロ観察を実施した結果、いずれの部位も塩化物応力腐食割れの特徴である枝分かれした粒内割れが認められた。(添付資料-2)

- ・配管内面からのPTの結果、いずれも有意な指示は認められず、また、断面ミクロ観察の結果、ひびの深さは最大のもので配管内表面から0.65mmのところまで進展していたが貫通していなかった。また、母材のひびの形態は粒内割れであり、樹枝状の微小な分岐が多く認められ、塩化物応力腐食割れの特徴を示していた。(添付資料 - 3)
- ・ひびの深さが最大であった箇所の破面観察を実施した結果、ひびの破面は外表面側ほど濃い褐色であり、外表面で発生し進展したものと推定された。(添付資料 - 4)
- ・ひびの深さが最大であった箇所の電子線マイクロアナライザ(EPM A)による破面分析を実施した結果、ひびの先端部に塩素が認められた。(添付資料 - 5)

b. 付着物調査

配管表面の付着物について調査した結果、以下のことが確認された。

- ・付着物の外観は黒色であり、成分分析の結果、炭素と塩素が主成分であったことから、塩化ビニールテープが熱分解したものと推定された。なお、塩化ビニールテープは、伊方1号機の建設時に識別用として配管外表面に貼り付けていた。(添付資料 - 6)
- ・有意な指示が確認された箇所およびその近傍の配管表面について、スミヤ法による付着塩分量を測定した結果、付着物除去後の配管表面は101mg/m²、近傍配管表面は2mg/m²程度であった。(添付資料 - 7)

(3) 安全注入系統テストラインの調査

当該箇所以外の安全注入系統テストラインを調査した結果、77箇所に付着物が認められ、PTを実施したところ6箇所に有意な指示が確認された。

当該部について、配管厚さを測定しながら研削手入れを行い、PTを実施したところ、全ての箇所の指示は消滅した。(添付資料 - 8)

(4) 運転・保守状況の調査

安全注入系統テストラインは、通常運転中、毎月実施する高圧注入ポンプ定期運転時に燃料取替用水タンク水が短時間通水される以外は、滞留状態となっており、燃料取替用水タンク水の温度(約30℃)あるいは格納容器内の雰囲気温度(約30℃～40℃)に近い温度であることから、平成12年10月に発生した「1号機充てん配管耐圧検査中の漏えい」事象を反映して実施した点検の対象(内部流体温度100℃以上)とはなっていなかった。

今回の事象を踏まえて、過去の履歴を改めて確認したところ、建設時の温態機能試験(一次冷却材温度286℃、圧力157kg/cm²)時の安全注入系統逆止弁漏えい試験において、逆止弁が漏えいし、当該配管に高温水が流れたことが判明した。(添付資料 - 9)

7. 塩化物応力腐食割れに関する調査

(1) 塩化ビニールテープによる応力腐食割れの発生条件

平成12年10月に発生した「1号機充てん配管耐圧検査中の漏えい」事象における塩化ビニールテープによるステンレス配管の塩化物応力腐食割れの発生条件は以下のとおりであった。

- ・塩化ビニールテープが120℃以上で加熱され、熱分解により塩化水素が発生する。
- ・その後、中性塩化物環境下で50～100℃の温度に保持され、割れが発生、進展する。

〔 運転中120℃以上となる配管は保温材で覆われていることから、塩素イオンは保温材から溶け出したナトリウムイオンやカルシウムイオン等と共存することにより、中和されて中性塩化物環境となる。 〕

このため、対策として、漏えいが発生すると原子炉の運転に支障を及ぼす系統及び放射能を含む系統のうち、内部流体温度が

- ・100～250℃で加熱されるライン
- ・250℃以上で短時間（累計300時間以内）加熱されるライン

について点検を実施した。

なお、内部流体温度が100℃未満の場合は、塩化ビニールテープが熱分解しないため、また、内部流体温度が250℃以上で長時間（累計300時間を超える）加熱した場合は、塩素イオンが減少し塩化物応力腐食割れが発生しないと考えられたため、代表箇所を選定して点検を実施した。

(2) 今回の事象に関する評価

a. 塩化ビニールテープの熱分解

付着物の外観、成分分析および配管表面の付着塩分量測定結果から、塩化ビニールテープは熱分解しており、これは過去の履歴等の調査結果から、建設中の機能試験時に逆止弁の漏えいに伴う高温水が流れたことによるものと推定される。

安全注入系統テストラインは、口径が小さいため、少量の高温水でも容易に温度上昇を起こす可能性がある。詳細な記録はないため、正確な温度、通水時間は確認できなかったが、当該箇所は約250℃の状態に数時間はさらされたものと推定される。

b . 割れの発生と進展

1号機充てん配管の場合においては、保温材で配管が覆われていたことから、塩化物イオンは保温材に含まれるナトリウムイオンやカルシウムイオン等と共存し、中和されて中性塩化物環境下にあった。一方、本事象では、安全注入系統テストライン配管は保温材で覆われておらず、塩化物イオンが中和されないこと、また、破面における成分分析においてもナトリウム、カルシウムは検出されておらず、付着物の成分分析結果においてもほとんど検出されていないことから、当該箇所は、酸性塩化物環境下に近い状態にあったと考えられる。

(添付資料 - 5、6)

一般にステンレス鋼は酸性水溶液下の塩化物イオンによって室温でも応力腐食割れを起こし得ることが示されており、当該箇所はその後の運転中において、酸性塩化物環境下に近い状態で約30～40の温度で長期間経過したことにより、塩化物応力腐食割れが発生し、進展したものと推定される。

以上のことから、今回の事象の原因となった塩化物応力腐食割れの発生と進展のメカニズムは、「1号機充てん配管耐圧検査中の漏えい」事象により得られた知見、あるいは、その他の塩化物応力腐食割れに関する知見に整合するものであり、これまで、配管の温度履歴に着目して実施してきた点検方針自体に影響は与えない。しかしながら、温度履歴の調査が結果的に不十分であったことを踏まえ、高温流体が流入する可能性がある配管について点検範囲の見直しを行うこととする。

8 . 推定原因

本事象は、

- ・建設時の試験時において、逆止弁の漏えいにより、当該配管に高温水が流れたこと
- ・付着物は塩化ビニールテープと推定され、破面にも塩素の付着が認められたこと
- ・ひびには、塩化物応力腐食割れの特徴である枝分かれした粒内割れが認められたこと
- ・当該箇所は、保温材に覆われていないことから、塩化物イオンが中和されない酸性塩化物環境下に近い状態であったと考えられること

から、配管表面に貼り付けた塩化ビニールテープが高温水により熱分解し、酸性塩化物環境下に近い状態で塩化物応力腐食割れが発生したと推定される。

9. 対策

- (1) 当該3箇所については、配管を取替えた。なお、研削手入れ後に指示が消滅した6箇所については、配管厚さが強度上必要な厚さ以上であり、十分な厚さを有していることから継続使用する。
- (2) 今回の事象は、通常運転中は低温であるものの、過去の試験等において一時的に高温となった配管で発生したものであるが、運転履歴調査では十分な温度履歴の確認ができない。このため、高温配管に接続され、高温流体が流入する可能性のある範囲について点検を実施した結果、当該テストライン以外には異常は認められなかった。
(添付資料 - 10)
- (3) 高温流体が流入する可能性がなく、100 以下の配管については、塩化ビニールテープによる塩化物応力腐食割れの可能性はないが、漏えいが発生すると原子炉の運転に支障を及ぼす系統及び放射能を含む系統でこれまで未点検の全ての範囲について、念のため今後2定検で計画的に点検又は取替えを実施する。
(添付資料 - 11)
- (4) 伊方2、3号機については、
- ・建設時の温態機能試験時の安全注入系統逆止弁漏えい試験において1号機のような高温流体の流入実績がないこと
 - ・今回実施した1号機の当該ライン以外の追加調査では有意な指示は認められておらず、また、1号機に比べ運転時間も短いこと
 - ・3号機は使用したテープは必ず取り外すという運用を規定した後に建設されたプラントであること
- から直ちに問題となることはないが、1号機と同じ範囲について今後3定検で計画的に点検又は取替えを実施する。

以上