

浜岡5号機海水流入の影響調査

原子力発電所の安心・安全な運転を目指して

An investigation of seawater intrusion effects on in-core structures of Hamaoka unit-5

Toward safe and reliable nuclear power plant operation

(原子力安全技術研究所 プラントG)

(Plant G, Nuclear Safety Research & Development Center.)

2011年5月、浜岡原子力発電所5号機（以下「5号機」という）は原子炉停止後の操作中に復水器から原子炉施設内に海水が流入する事象が発生した。海水に含まれる塩化物イオンによる炉内部構造物への影響を確認するため、今回、炉底の溶接部に使用しているニッケル基合金（82合金）を試験片として、実機環境を模擬した腐食試験を行ったので報告する。

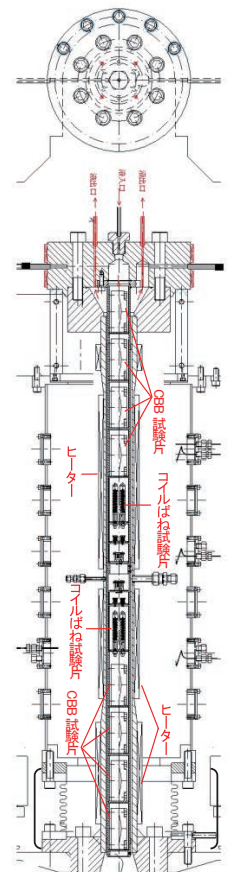
In May 2011, Unit 5 of the Hamaoka Nuclear Power Station (hereinafter referred to as "Unit 5") experienced an inflow of seawater from the condenser into the reactor facility during operations after the reactor was shut down. In order to confirm the influence of chloride ions contained in seawater on the inner structure of the reactor, corrosion tests were carried out using a nickel-based alloy (alloy 82) used for the welded area at the bottom of the reactor as a test specimen to simulate the actual environment.

1 背景・目的

5号機の当時の状況を第1図に示す。当時、原子炉停止後の操作中であり、炉水温度は250℃から60℃程度まで約1日で降下した。高温環境で塩化物イオンに晒された時間は1日程度と短かく、今回、塩化物イオン濃度等を細かく制御することが可能な試験装置を用いて試験を行った。炉底では溶接部に82合金が広く用いられており、82合金試験片に応力を負荷したCBB (Crevice Bend Beam、すき間付き曲げ) 試験やコイルばね試験で評価を実施した。

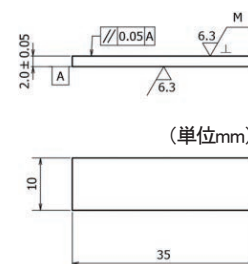
(2) 試験装置

試験中は塩化物イオン濃度、溶存酸素濃度を経時的に制御し変化させる必要があるため、本研究では配管形状の容器を試験装置として用いた。第3図に圧力容器の外形図と内部の試験片の配置を示す。配管は二重構造で、外側配管内径は50mm、試験片設置部の長さは約1100mmである。内部配管の上部よりあらかじめ試験温度まで予熱した溶液が流入し、内部配管下部まで流通する。その後、内部配管下部で折り返し、外側配管と内部配管の間を通過して上部に到達する。また外部配管外側にはヒーターにより保温している。このことにより、長手方向に均一な温度分布を維持する構造となっている。

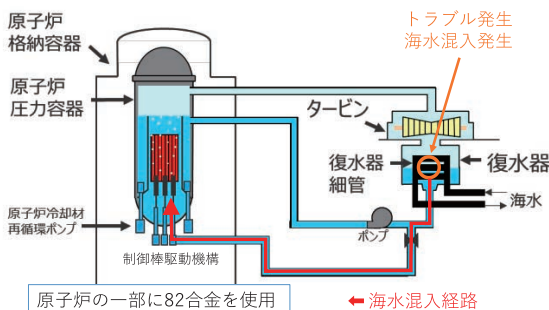


第3図 試験装置

内部配管内には8個のCBB試験片、2個のコイルばね試験片等を一度に装荷できる。第4図は試験前のCBB試験片の寸法および組上げ時の写真、第5図はコイルばね試験片と治具を示す。



第4図 CBB試験片 (左) と組み上げ時の写真 (右)

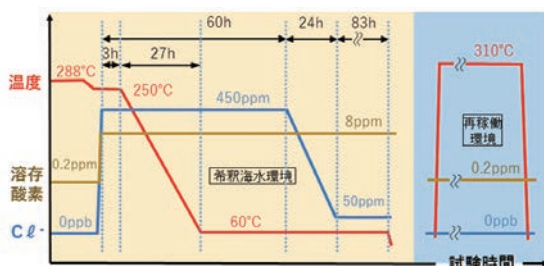


第1図 海水流入時の状況

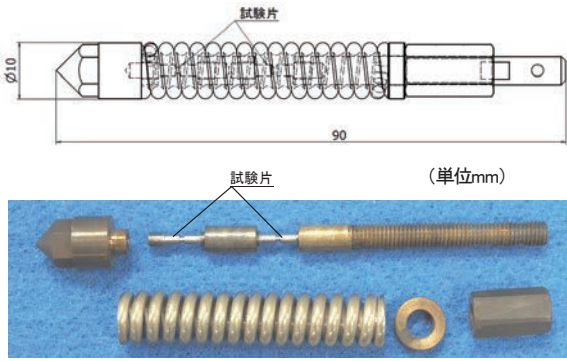
2 試験方法

(1) 試験水質

試験で設定した水質環境を第2図に示す。前半は海水流入を模擬した「希釈海水環境」であり、後半は310℃の高温水環境であり「再稼働環境」と称する。



第2図 海水流入および再稼働を模擬した水質環境



第5図 コイルばね式試験片と治具

溶存酸素濃度は、水質調整タンクに窒素ガスで希釈した酸素ガスを吹き込むことで調整する。塩化物イオンの濃度は、人工海水（八洲薬品製アクアマリン）を用いて調整した。具体的には、人工海水を10倍高い濃度にしておき、高圧ポンプ出口に接続した注入管へ薬液ポンプにより注入することで希釈した。

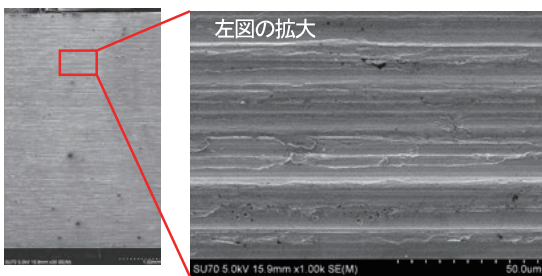
(3) 試験片

本研究で用いたCBB試験片は、表面を機械加工仕上げ後にグラファイトワールと共に固定し、表面ひずみを約1%（引張応力で約260MPa程度）与えた。また、コイルばね試験片は試験片の中央部を切欠き形状にしており、330MPaの引張応力を付与した。なお、5号機炉底部の82合金溶接部は運転開始前に表面を処理し残留応力が除去されているため、CBB試験片やコイルばね試験片はこれら溶接部にとり安全側に300MPa程度の引張応力が負荷されていることになる。

3 試験結果

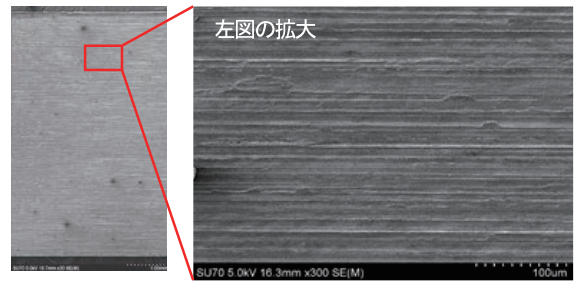
(1) CBB試験

応力を負荷したCBB試験片に希釈海水環境を経験させず再稼働環境で1530hr経た後に試験装置から取り出して観察を行った。その結果、試験片表面に有意なき裂は観察されなかった。次に、希釈海水環境のみを経験させ、再稼働環境を経験させなかった試験片の観察結果を第6図に示す。その結果、有意なき裂等は観測されなかった。



(a) 試験片表面 (b) 拡大
第6図 希釈海水環境経験後のCBB試験片

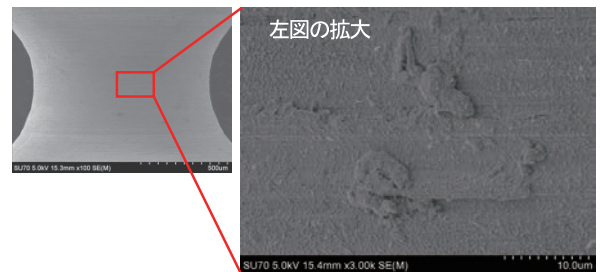
さらに希釈海水環境を経験後、再稼働環境に220hr浸漬した場合も、き裂等は確認することができなかった。試験片表面の写真を第7図に示す。



(a) 試験片表面 (b) 拡大
第7図 CBB試験片の結果

(2) コイルばね式試験

コイルばね試験治具により負荷をかけた82合金について、希釈海水環境を経験した後に再稼働環境に220hrおよび480hr浸漬した。220hr浸漬した試験片には特に有意なき裂等は確認できなかった。また、480hr浸漬した場合も同様であり、その結果を第8図に示す。



(a) 試験片表面 (b) 拡大
第8図 コイルばね試験片の結果

4 まとめ

82合金試験片に応力を負荷したCBB試験片やコイルばね試験片を希釈海水環境や再稼働環境に浸漬後、表面を観察した結果を第1表に示す。試験を行った範囲では有意なき裂等の発生は観察されなかった。

第1表 試験結果のまとめ

試験種別	希釈海水環境	再稼働環境 310℃	結果
CBB試験	経験無し	1530 hr	有意なき裂等は観察されなかった
	経験有り	0 hr	
コイルばね試験		経験有り	
	480 hr		

5 今後の展開

82合金以外の部位についても同様の試験を実施すると共に、塩化物イオンの腐食影響のモデル化や数値計算を取り入れる等、5号機の再稼働に向けて大学等と連携していくこととしている。



執筆者／熊野秀樹・岡田英雄