

燃料被覆管の長期健全性評価

▶ 背景

軽水炉(BWRおよびPWR)では、被ばく低減対策として炉水中への亜鉛(Zn)注入等の水処理技術の導入を検討しております。当所においてもBWR模擬環境条件下でZnが被ばく低減効果を有すること、給水配管材料の耐食性に影響を及ぼさないことを明らかにしてきました。今後、Zn注入技術の本格導入にあたっては、燃料被覆管の耐食性に及ぼすZn注入の影響を調べる必要があります。

▶ これまでの研究と主な成果

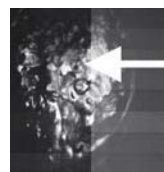
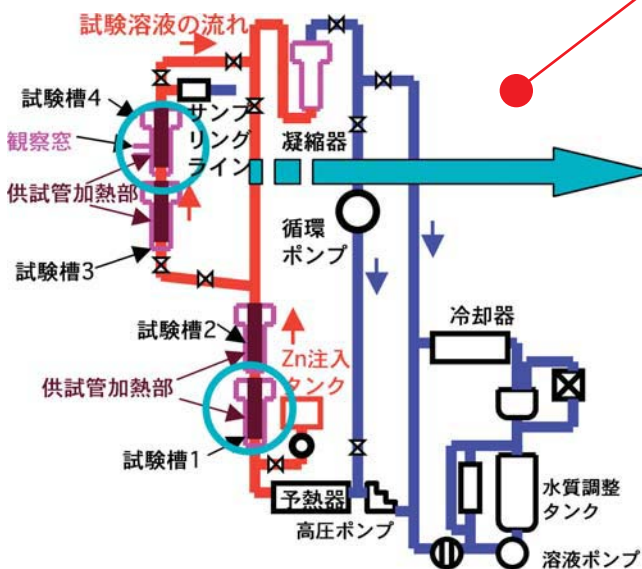
これまで、非照射下における被覆管の耐食性評価は主として品質管理の観点から水蒸気中で行われてきました。しかしながら、Zn注入のように炉内水質が変化した際の影響を環境側から評価するには、被覆管の耐食性と密接に関連する付着物層や酸化皮膜の厚さ等の皮膜特性を実機炉心部を模擬した沸騰条件下で調べる必要があります。

そこで当研究所では、BWR炉心部の水質や沸騰条件等を模擬できる沸騰伝熱腐食試験装置(図1、写真1、写真2)を用いて、被覆管の耐食性評価に必要な腐食加速因子の抽出とその定量評価を行いました。また、その結果をベースに被覆管の耐食性に及ぼすZn注入の影響評価を行いました。

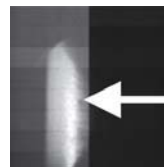
▶ 今後

被覆管とそれを支持するスパーサー間の沸騰伝熱隙間部に炉水中の微量不純物が濃縮する可能性があるため、同隙間部に対するZn注入の影響を評価していきます。また、PWR炉心部を模擬した環境条件下においても被覆管の耐食性評価を行います。

燃料被覆管長期健全性評価試験装置(図1)
BWR炉心部の水質や沸騰条件等を模擬した環境条件下で燃料被覆管の腐食損傷の発生評価が可能。



気泡(ボイド)
実機炉心部の沸騰状態を模擬



ジルカロイ-2供試管表面
非沸騰状態

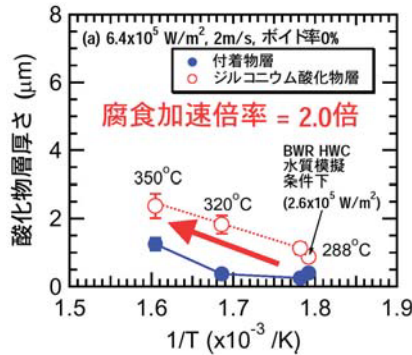
試験槽内の沸騰状態(写真1)
供試管表面の沸騰状態を実機レベルまで上げられる。

供試管と発熱体(写真2)
ジルカロイ製供試管の沸騰状態を実機レベルまで上げられる電気ヒーター内臓の発熱体。

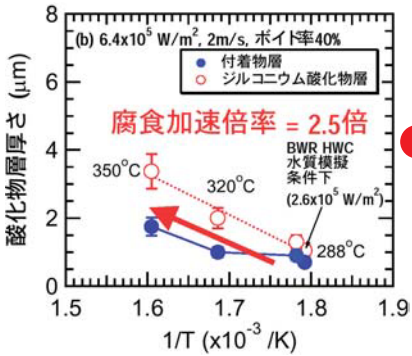


図 2

(a) ボイド率 0%の場合



(b) ボイド率 40%の場合



実機炉心部沸騰条件の確認と腐食加速因子の抽出

ボイドセンサーおよび高速度カメラによるその場観察ならびに流動解析を行った結果、ボイド率は最大60%程度となり、実機に近い二相流条件下での耐食性評価試験が可能となりました（写真1）。

被覆管表面の附着物層はボイドの発生とともに3倍程度厚くなったことから、被覆管の耐食性評価にはボイドの発生を伴う沸騰条件が必要不可欠であることが裏付けられました。また、温度加速による腐食加速効果は大きく、実機温度（288℃）から350℃に上昇させると、腐食により生じるジルコニウム酸化物の厚さは約2.5倍となり、実機での3サイクル分以上となりました（図2（b））。

写真 3

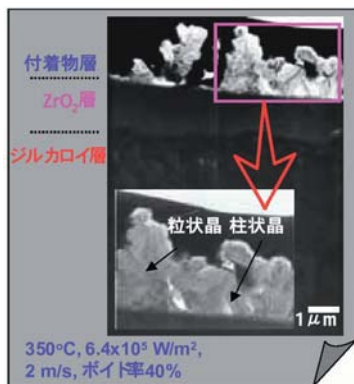
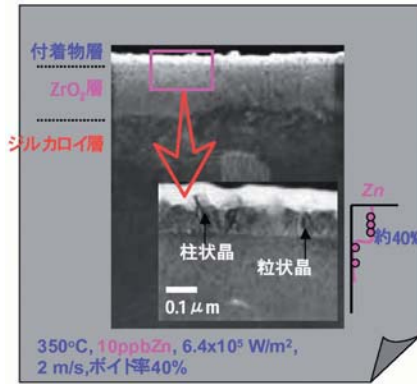


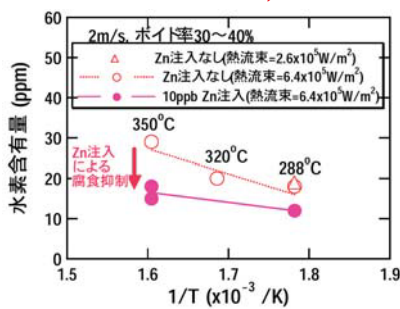
写真 4



10ppbの Zn注入

10ppbのZn注入により、附着物層とジルコニウム酸化物層の厚さは低下する

図 3



10ppbのZn注入により、燃料被覆管中への水素含有量は低下する

BWR燃料被覆管の耐食性に及ぼすZn注入の影響評価結果

実機温度（288℃）および350℃の温度加速条件下においても、被覆管表面の附着物層は10ppbのZn注入により平滑化かつ薄化します（写真4）。このように垂鉛注入により被覆管表面への放射化物の附着量が減少し被ばく低減が図られるとともに、伝熱阻害による被覆管の破損抑制が図られるものと推定されました。

また、10ppbのZn注入によりジルコニウム酸化物の厚さおよび被覆管内の水素含有量はともに減少することから（図2、図3および写真4）、実機の炉心部沸騰状態を模擬した非照射下では、10ppbのZn注入によりBWR被覆管直管部の腐食を抑制する傾向を示すことが明らかとなりました。

非照射環境下では、Zn注入を行ってもBWR被覆管直管部の耐食性は維持されるとの見通しを得ました。

お問い合わせ先

財団法人 電力中央研究所

材料科学研究所 機能・機構発現領域 主任研究員 河村 浩孝

電話：(046)856-2121(代表) FAX：(046)856-5571