

軽水炉の経済性・信頼性向上を目指す 水化学・材料運用管理技術の研究

背景

我が国の軽水炉は1970年に商業運転を開始して以来、初期に運開した一部のプラントでは運転年数が30年を越え、現在52基の軽水炉が高い稼働率を維持し運転されています。今後、電力供給コストの低減を図る観点から軽水炉の高経年化対策を実施し、長期利用を図ることが重要な課題となっています。

当所は、高経年炉対策研究を重要課題と位置付け、その一環として経年化に伴う被ばく低減、材料健全性および燃料被覆管健全性に関する研究を実施しています。

これまでの研究と主な成果

水化学による被ばく低減研究では、原子炉水中に亜鉛を10ppb程度注入することにより、放射能蓄積を半分程度以下に抑制できることを実験室的に明らかにしました(図1)。

材料健全性研究では、BWR炉内構造物の照射誘起応力腐食割れ(IASCC)対策として、溶存酸素濃度の低減は、IASCCを抑制することを実験室的に明らかにしました(図2)。

また、燃料被覆管健全性研究では、高燃焼度化に伴う被覆管材料の金属組織の変化を調べて、延性低下現象を明らかにしようと試みています(写真1)。

今後

- ・応力腐食割れ(SCC)および照射誘起SCCなどの材料劣化機構を解明し、その防止対策を提案します。
- ・水化学および材料面からの腐食損傷の予防保全対策技術を確立します。
- ・高燃焼度運転に伴う燃料被覆管の健全性確保。

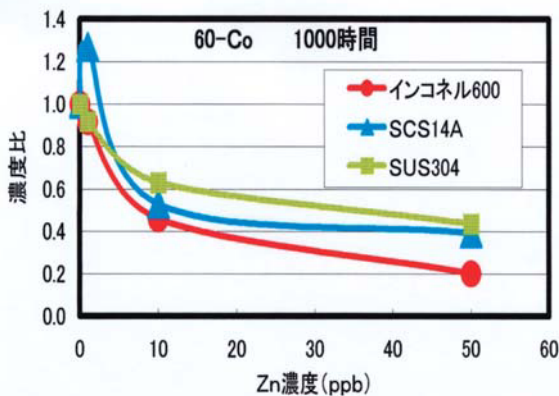


図1 亜鉛濃度と蓄積放射能濃度比の関係

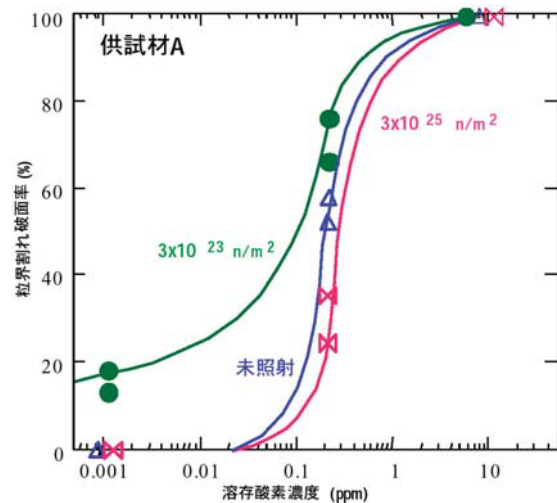


図2 熱鋭敏化ステンレス鋼のIASCCに及ぼす溶存酸素濃度の影響

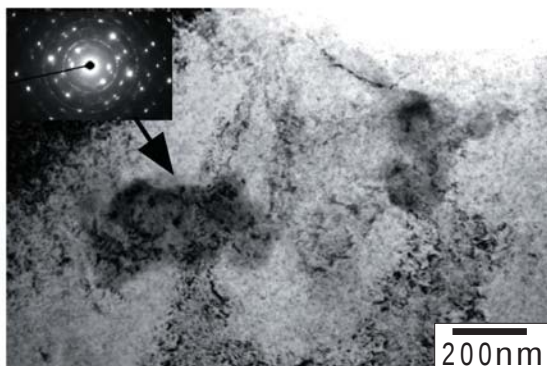


写真1 高燃焼度被覆管の金属組織

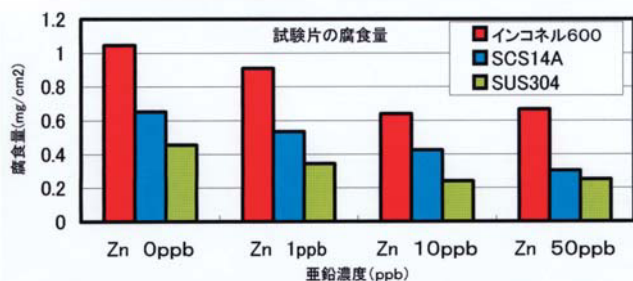


図 亜鉛注入による腐食抑制効果

1. 水化学による被ばく低減

軽水炉では、原子炉構造材料に放射能が蓄積し、作業員の放射線被ばくの原因となっています。国際放射線委員会は、許容被ばく量を現行の1/2とするよう提案しており、更なる被ばく線量の低減が求められています。当所では、PWR模擬環境中に10ppb程度の亜鉛を注入することにより、左図に示すように腐食を抑制し、前述したように半分程度まで被ばく低減を図れることを明らかにしました。

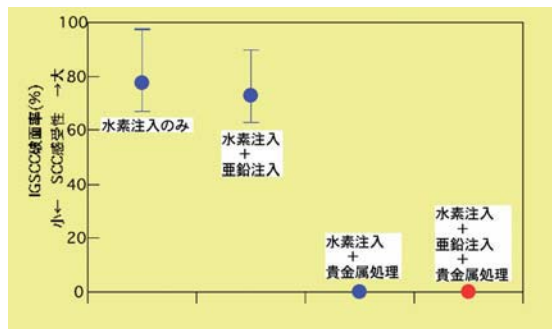


図 亜鉛注入と貴金属処理併用時のSCC感受性

2. 材料健全性

BWR炉内構造物のSCC対策として、一部のプラントでは水素注入が実施されています。当所は、理論的にSCC抑制電位を求めるとともに、左図に示すように水素注入に加え貴金属処理を実施するとSCCをほぼ完全に抑制できること、さらに、被ばく低減として亜鉛注入を併用してもSCC抑制効果に悪影響を及ぼさないことを明らかにしました。

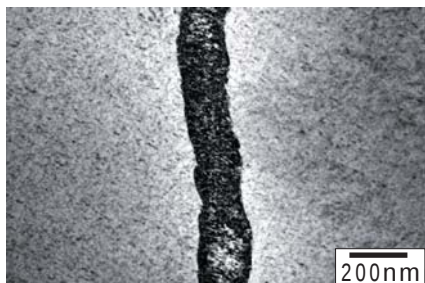
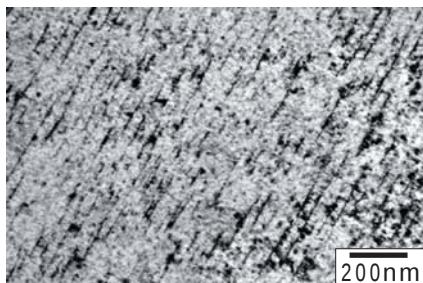


写真 水素化物（プレナム部）



C成分転位（燃焼度 30 GWd/t）

3. 燃料被覆管健全性

使用済み燃料の発生抑制、燃料費の低減、およびプラント稼働率の向上によるコスト低減を目的に燃料の高燃焼度化が検討されており、その一環として高燃焼度時の燃料被覆管の挙動が調べられています。

当所ではジルカロイ-2被覆管の高燃焼度化に伴う金属組織の変化を電子顕微鏡を用いて調べています。写真および左表に観察された水素化物、C成分転位および金属間化合物の特徴を示します。

表 被覆管中に観察された特徴的な組織

	プレナム部	30 GWd/t相当	60 GWd/t相当
水素化物	○	○	○
C成分転位	×	○	○
金属間化合物	○（結晶性）	○（結晶性）	○（アモルファス）

プラントの長期運転に伴い、腐食損傷も複雑・多様化する様相を呈しています。これらの問題に対処するためには、腐食損傷機構の解明と、同機構の解明に基づく対策の確立が重要と考えられます。また、高燃焼度化に伴う燃料被覆管の健全性確保、および将来型軽水炉の開発における水化学・材料健全性研究の果たすべき役割は極めて大きいと考えられます。

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 上席研究員 秀 耕一郎

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