

## 高経年化BWRプラントの 被ばく線源低減技術

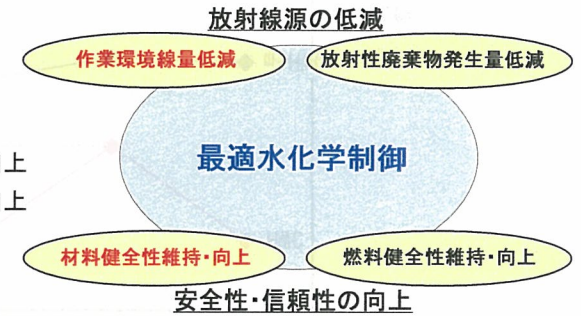
2008年 3月5日  
株式会社 東芝 電力システム社  
原子力化学システム設計部  
四柳 端

## 高経年化BWRプラントにおける水化学の役割

- プラント全体を俯瞰した最適水化学制御により、高経年化、燃料高度化、軽水炉利用高度化に伴う懸念事項へ対処できる  
(出典:水化学ロードマップ(平成19年2月発行))

- 高経年化BWRにおける水化学の主要目的

- 放射線源低減
  - 作業環境線量低減
  - 廃棄物発生量低減
- 安全性・信頼性向上
  - 材料健全性維持・向上
  - 燃料健全性維持・向上



高経年化BWRでは、原子炉系材料耐SCC性維持・向上と補修工事時作業環境線量低減が重要

## 高経年化プラントにおける配管線量率挙動

目的	原子炉系材料 耐SCC性維持・向上	補修工事時 作業環境線量低減
ねらい・手段	腐食電位低減 水素注入(HWC) 酸化チタン防食	配管線量率低減 化学除染
配管線量率挙動の変化		
要因	炉水Co-60濃度上昇	酸化皮膜状態変化

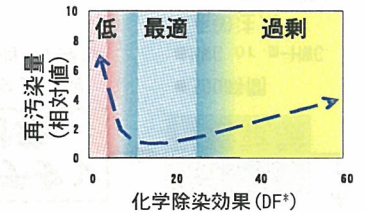
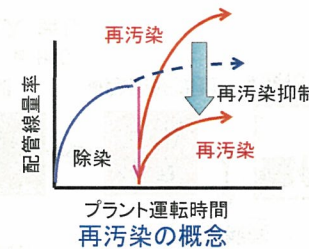
低腐食電位条件下で再汚染を抑制する線量低減技術の開発

## 再汚染の現状と抑制技術開発のポイント

- 化学除染効果(DF\*)の再汚染への影響 \*DF: Decontamination Factor

- ◆再汚染メカニズムの解明

実機で確認されている再汚染事象のラボ試験による検討



実機の除染DFと再汚染量の関係

- 水質制御(亜鉛注入、酸化チタン付着)による線量低減効果の確認

- ◆化学除染・予防保全水化学と放射能付着抑制の両立

# 検討する影響因子

## 1. 検討因子

### (1) 化学除染DF

低、最適、過剰

### (2) 水質制御

- 亜鉛注入 (Zn)  
無し、有り (2.5ppb)
- 酸化チタン付着 (TiO<sub>2</sub>)  
無し、有り

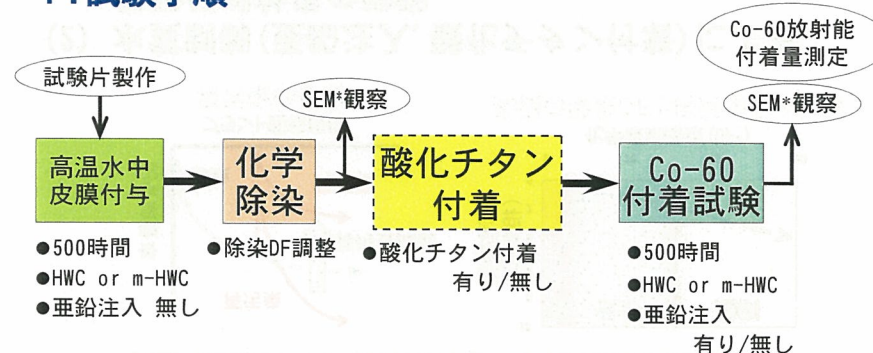
## 2. 共通水質条件

- 鉄過剰 / 炉水ニッケル濃度低
- 水素注入適用  
高濃度水素注入相当 (HWC)  
マイルド水素注入相当 (m-HWC)

HWC: Hydrogen Water Chemistry

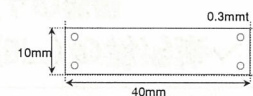
# 試験手順

## 1. 試験手順



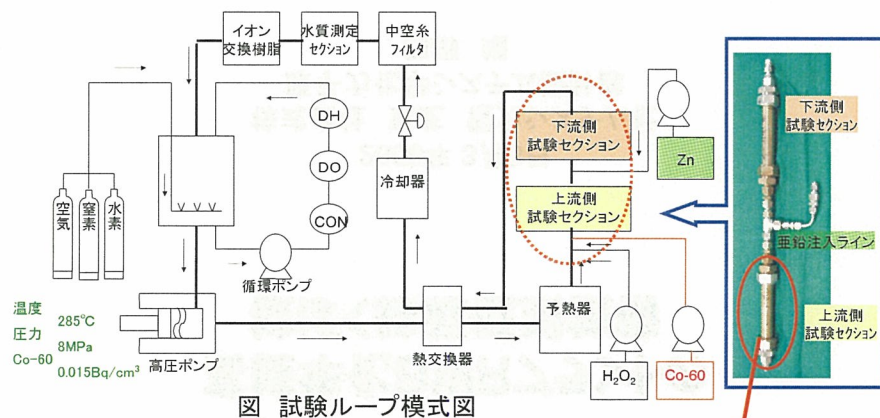
## 2. 試験片

- ◆ SUS316L

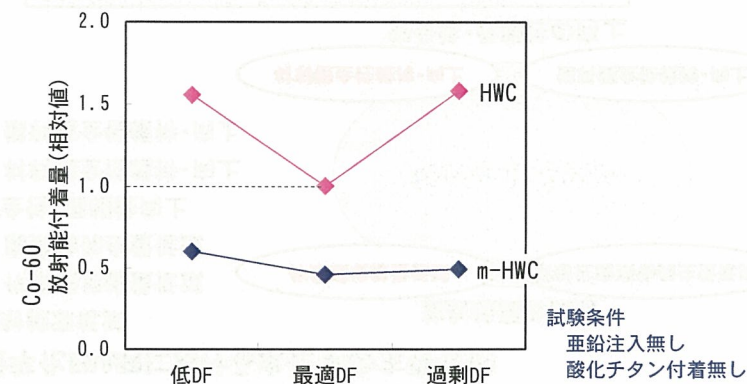


\*SEM: Scanning Electron Microscope

# 試験ループ



# 除染DF依存性再現試験 -放射能付着量測定結果-



- ・ ラボ試験にて除染DFの依存性を確認
- ・ HWC環境で除染DFの依存性がより顕著

## 除染DF依存性再現試験 -表面SEM観察(HWC)-

	低DF	最適DF	過剰DF	除染無し
除染後				
1μm	酸化物が不均一に除去	酸化物の残留無し	酸化物の残留無し 母材が腐食し肌荒れ	(予備酸化後) 小さな結晶が密に生成
放射能 付着 試験後				
1μm	大きな結晶がまばらに生成	小さな結晶が密に生成 (除染無しに近い)	大きな結晶が生成 (除染無しに近いが大きな結晶が多い)	予備酸化後 に近い状況

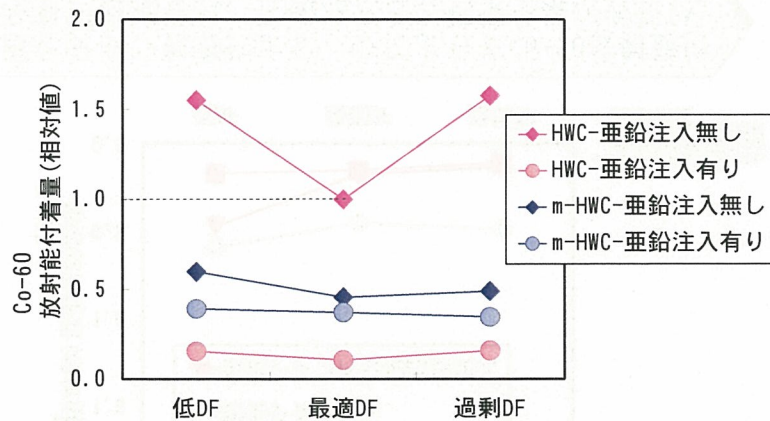
## 除染DF依存性のメカニズム推定

	低DF	最適DF	過剰DF
除染後			
放射能 付着 試験後	残留皮膜があるため、まばらに結晶が成長、結晶中および内層へのCo-60取り込みが増加	密に小さな結晶が生成、結晶中および内層へのCo-60取り込みが抑制される	化学除染後の表面積増加に応じ結晶が成長、結晶内へのCo-60取り込みが増加

● : Co-60   ● : Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>   ◆ : NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>   ■ : Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

再汚染抑制のためには、  
除染DFの適正な制御が必要

## 水質制御効果確認試験(HWC及びm-HWCでの亜鉛注入) -放射能付着量測定結果-

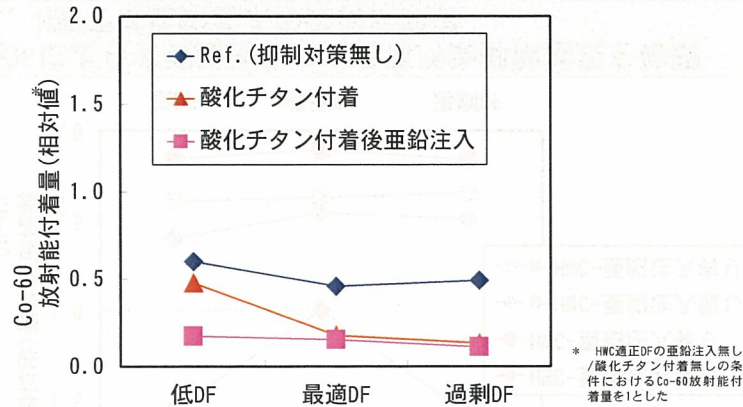


・除染DFによらず亜鉛注入による再汚染抑制効果を確認  
・特に、HWCでは亜鉛注入の効果が顕著

## 水質制御効果確認試験(HWCでの亜鉛注入)-表面SEM観察-

	低DF	最適DF	過剰DF
除染後			
1μm			
放射能 付着 試験後	亜鉛注入無し		
	亜鉛注入有り		
1μm	亜鉛注入により結晶が緻密で微細化 (低DF試験片は除染後残留結晶あり)		

## 水質制御効果確認試験(m-HWCでの酸化チタン付着) - 放射能付着量測定結果 -



酸化チタン付着により、DFによらずCo-60放射能付着量が低減され、亜鉛注入との相乗効果が大きい。

## 水質制御効果確認試験(m-HWCでの酸化チタン付着) - 表面SEM観察 -

放射能付着試験後	低DF	適正DF	過剰DF	備考
Ref. 1 μm				— (抑制対策無し)
TiO <sub>2</sub> 付着 有り				“Ref.”と比較し微細な腐食酸化物結晶と酸化チタンが付着
亜鉛注入 TiO <sub>2</sub> 付着 有り				

## 水質制御効果のメカニズム推定

抑制対策	HWC+亜鉛注入	m-HWC+TiO <sub>2</sub> 付着
表面模式図		
Co-60放射能付着抑制効果	亜鉛は酸化皮膜の成長を抑制。 内層がZnCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub> となり、Co-60放射能の付着を抑制。	均一に付着した酸化チタンが腐食酸化皮膜を覆い、Co-60放射能の付着を抑制。 (酸化チタン効果メカニズム / 亜鉛注入とのシナジー効果 評価中)

●: 60Co ○: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ◆: NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ■: Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> □: TiO<sub>2</sub> △: ZnCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

## 高経年化プラントの再汚染抑制のまとめ

### ◆ 除染DF依存性

- 実機で確認されている化学除染後再汚染の除染DF依存性を試験で再現
- 特にHWC環境でDFの影響が大きく、適正な除染DFに制御することが重要

### ◆ 水質制御効果

- 化学除染のDFによらず水素注入環境下で亜鉛注入による再汚染抑制効果大きい
- マイルド水素注入環境下で酸化チタンを付着させることにより再汚染抑制効果がある

### ◆ 高経年化プラントにおける再汚染抑制技術

- 化学除染のDFによらず亜鉛注入や酸化チタン付着により再汚染抑制が可能