

水化学部門における
状態基準保全への取り組み
～FAC抑制～

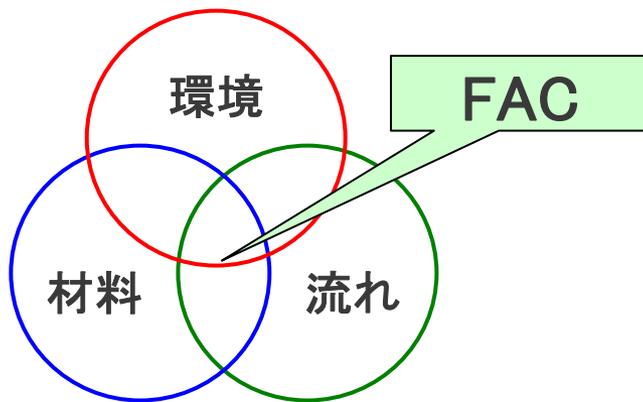
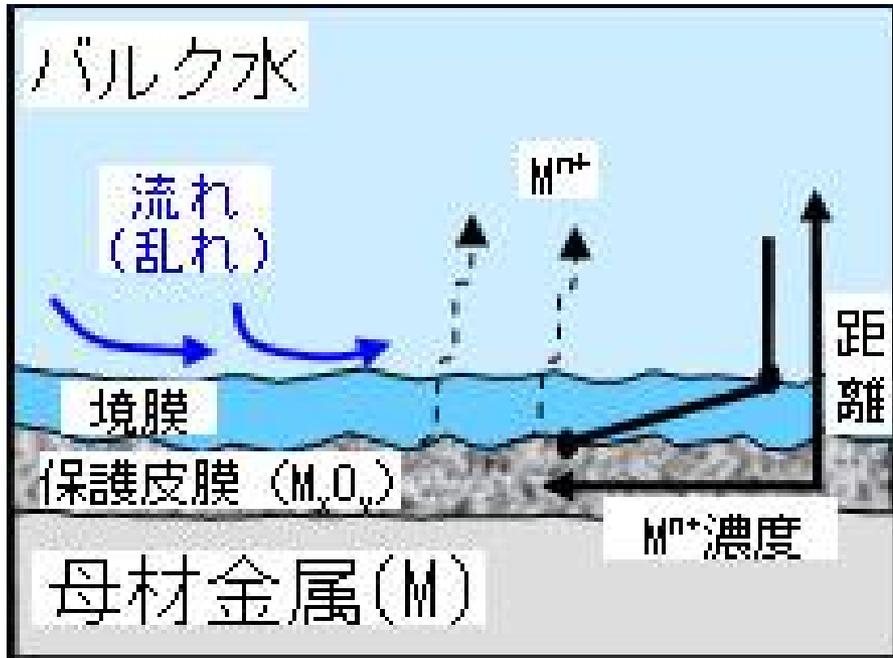
平成21年3月9日

三菱重工業株式会社 原子力技術センター
軽水炉プラント技術部 水化学技術グループ

目 次

1. FACとは
2. FAC抑制を目的とした水化学管理
3. FAC管理(減肉管理)の実際
4. FAC状態基準保全への水化学技術適用
課題と取り組み

1. FACとは(1/2): FAC想定メカニズム



- ・金属材料表面の保護性酸化皮膜(脱気高温水中では炭素鋼表面にはマグネタイトFe₃O₄が生成)が、流れの乱れにより、溶解反応が加速され減肉する事象。

- ・母材自身が直接溶解するのではなく、表面の保護皮膜の加速溶解現象と理解されており、環境(温度、pH、酸素)、材料(Cr含有率)、流れ(流速、形状)などの影響を受ける。

- ・FACはFlow Accelerated Corrosionまたは Flow Assisted Corrosionの略。

1. FACとは(2/2): FACに影響する因子

湿り度

湿り度が低くなるとFAC抑制

pH

pHが高くなるとFAC抑制

温度

150~200°C付近でFAC傾向最大

FACに 影響する因子

溶存酸素

溶存酸素が高くなるとFAC抑制

流速

流速が低くなるとFAC抑制

材料(主にCr含有量)

Cr含有量が高くなるとFAC抑制

【プラントまたは系統固有】

【水化学管理または材料改善】

2. FAC抑制を目的とした水化学管理(従来から実施)

1. FAC抑制対策

- (1) PWR2次系 : 系統pH上昇による減肉抑制
- (2) BWR : BOP系統は酸素処理による減肉抑制

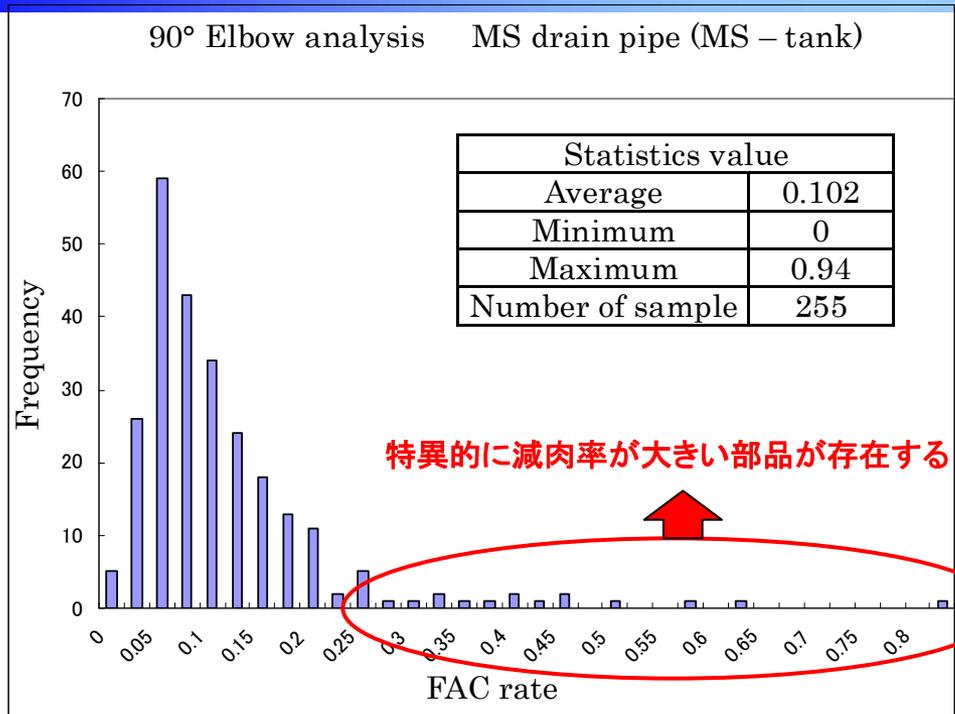
なお、減肉部への材料改善(SUS化、LA化)はPWR/BWRとも適宜適用
(PWR1次系については全てオーステナイト・ステンレス鋼のため管理対象外)

2. 水化学管理による状態監視

- (1) 水処理条件の確認 : 系統pH、溶存酸素濃度
- (2) FAC抑制効果の確認 : 系統各部鉄濃度の監視

水化学管理によるFAC抑制のメリット＝系統全体に効果が期待できる
水化学によるFAC状態基準の現状限界＝局部の減肉傾向の把握は困難

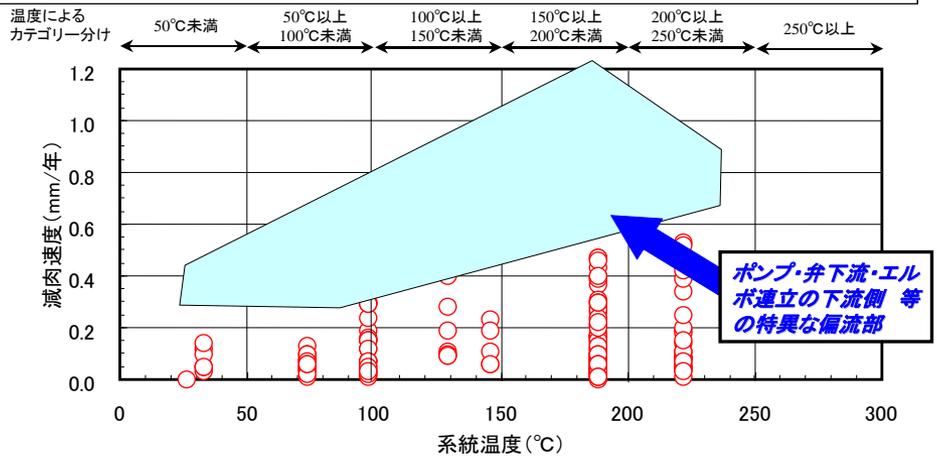
3. FAC管理(減肉管理)の実際



➤ 定検時に実施された過去の減肉計測実績から、安全側に各温度における最大減肉速度で点検箇所、点検頻度といった減肉計測計画を定め、管理している。

➤ 特異な減肉データは流況の影響を大きく受けているが、現状では流況の寄与を材料、環境等の他の影響因子と区別できないため、上記小数の最大値に基づいて管理箇所全体を過剰に保守的な頻度にて管理する結果となっている。

➤ 水化学管理改善によって減肉速度の低減が可能であるが、現在の減肉管理は過去の実績に基づいて設定されているため、その効果が反映されにくい。



4. FAC状態基準保全への水化学技術適用課題と取り組み(1/2)

1. 減肉評価モデルの構築

(1) 実機水質/減肉データ相関の拡充

(2) FAC影響因子の層別化・係数化(寄与程度の明確化)

(3) 水化学改善等緩和対策の効果の定量化

→ 系統部位毎のFAC速度、環境緩和対策効果評価の精緻化

確実かつ合理的な減肉管理の実現

➤ 水化学データに基づく適切な減肉予測

➤ 水化学管理緩和対策効果予測と減肉管理頻度見直し反映

4. FAC状態基準保全への水化学技術適用課題と取り組み(2/2)

2. オンライン減肉計測手法の開発

(1)水質支援システム(エキスパート・システム)の活用

➤従来のエキスパートシステムの流れ

①水質変動(監視計器)→②関連因子絞り込み→③関連システム水質入力(手分析)
→④変動要因同定→⑤対応処置実施

➤関連システムへのオンラインモニターの追設を検討

通常主監視以外のシステム、監視項目のモニター追設検討が必要

➤水化学データ/減肉評価コードのシステムへの反映

➤現状は異常検知が主題のため寿命診断項目、手法の検討が必要

(2)高温UT、電位モニター等実機適用・検証

➤実機計測部位の選定(現状対象数万箇所/ユニット)

➤検出端(電極等)耐熱性等強度・信頼性検証

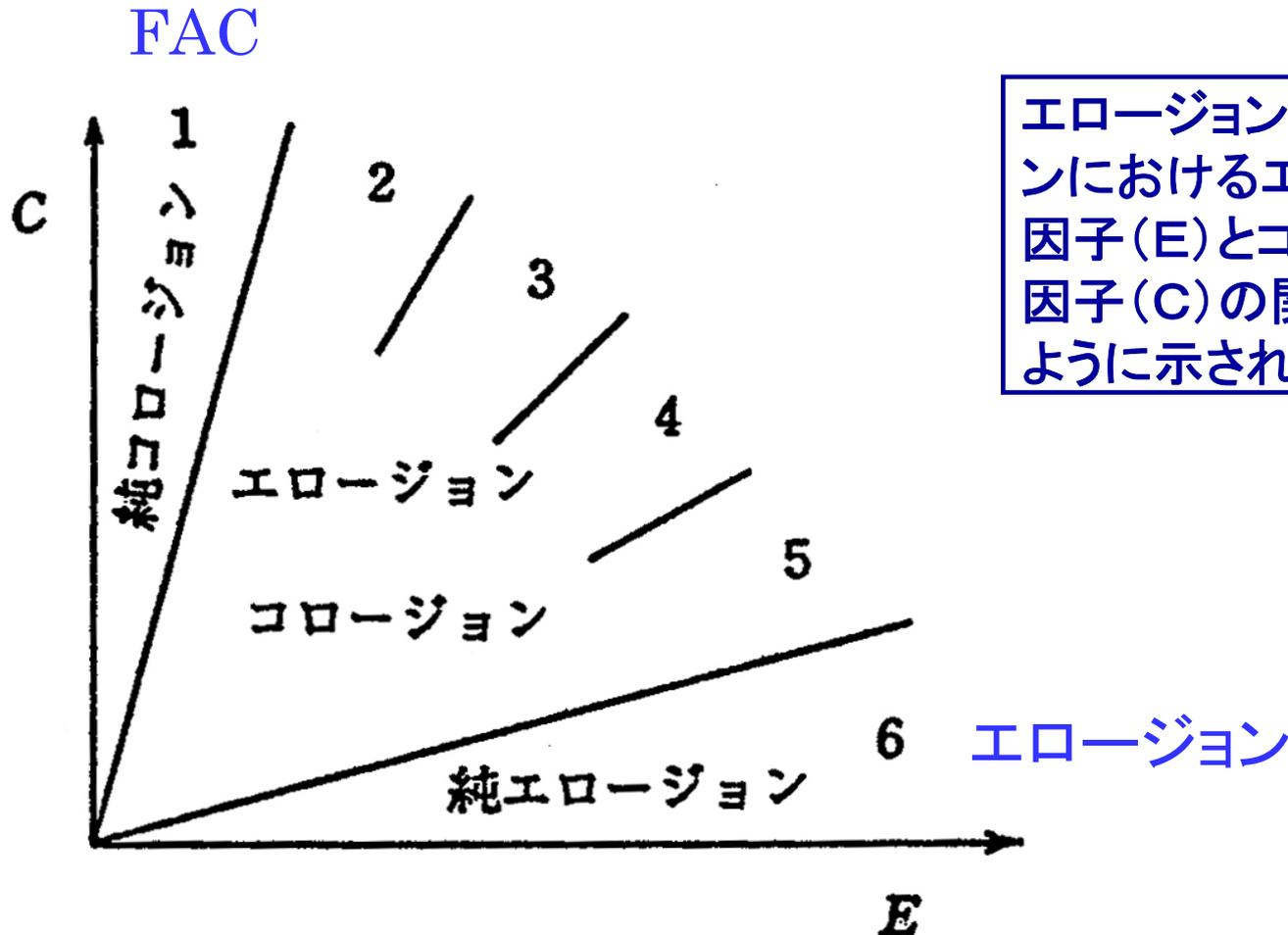
➤水化学データ/減肉評価コードによる検証

エロージョンとコロージョンについて

- ・ よく知られた海水中の銅合金のエロージョン・コロージョンの場合、流れのせん断力により皮膜剥離が生じ、その結果腐食が加速されるエロージョン・コロージョンである。
- ・ それに対して、PWR原子力2次系や火力プラントの高温水中で生じる炭素鋼のFACはマグネタイト皮膜の密着力が強く、剥離ではなく溶解により生じる事象である。
- ・ このように純然たる腐食事象であることを誤りなく示すため、国海外においては、本事象の呼称をFAC(Flow Accelerated Corrosion, Flow Assisted Corrosion)やFIC(Flow Induced Corrosion)のように呼んでいる。

1. FACとは(2/4)

エロージョンとコロージョンの関係の模式図

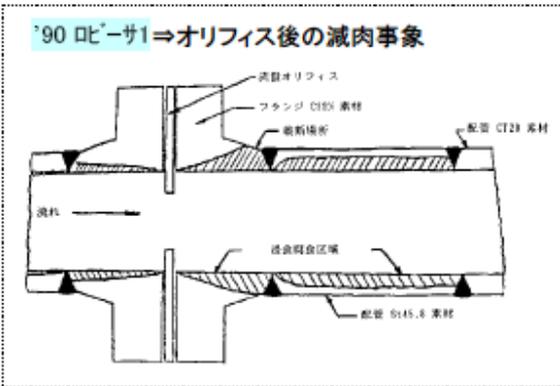
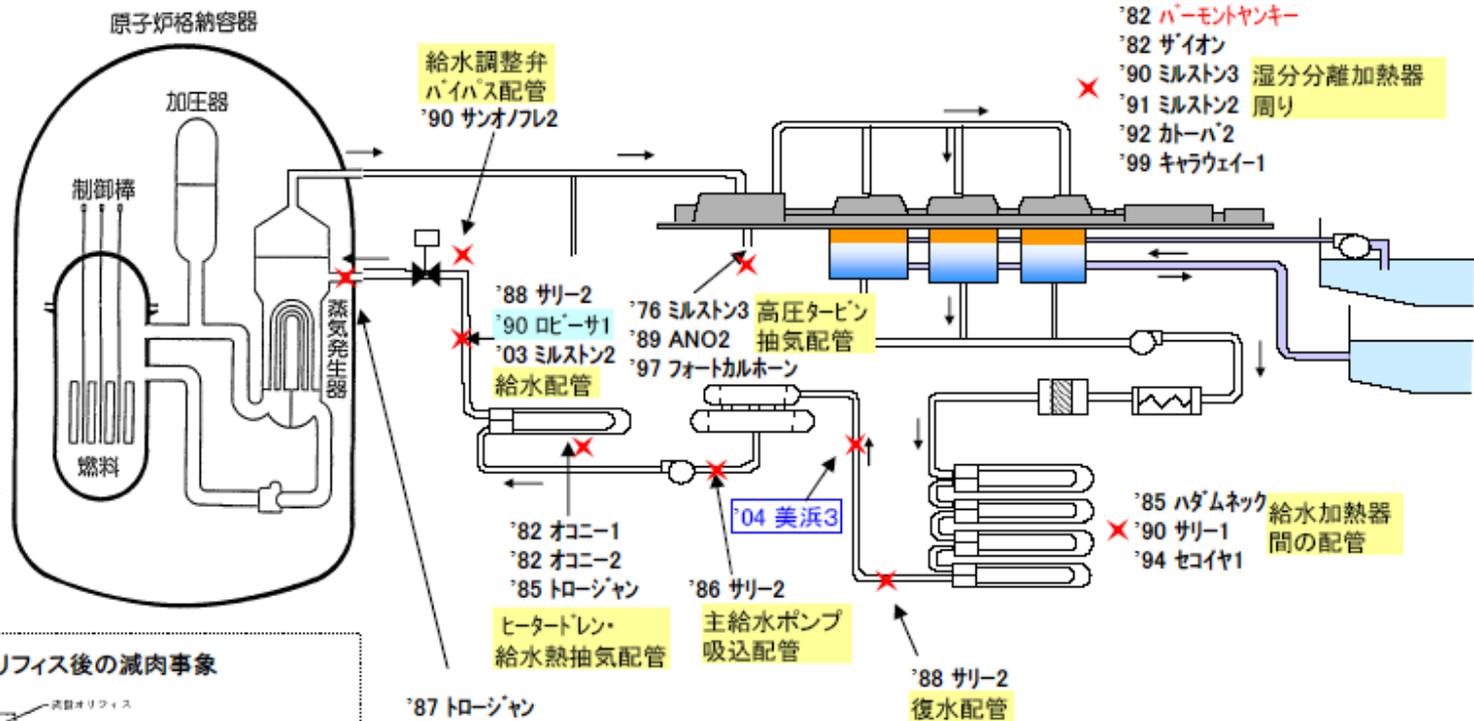


エロージョン・コロージョンにおけるエロージョン因子(E)とコロージョン因子(C)の関係が図のように示されている。

出典：“エロージョンとコロージョン-流体による材料の侵食-”，社団法人腐食防食協会編，裳華房（1987）

1. FACとは(3/4): 流れ加速腐食(FAC)の損傷事例

(参考1) 海外の配管減肉発生箇所



- '87 トロージャン
- '92 サスケハナ
- '01 キャラウェイ
- '03 ワッツパー1
- 格納容器内給水配管

× '02 コロンビア サービス水配管

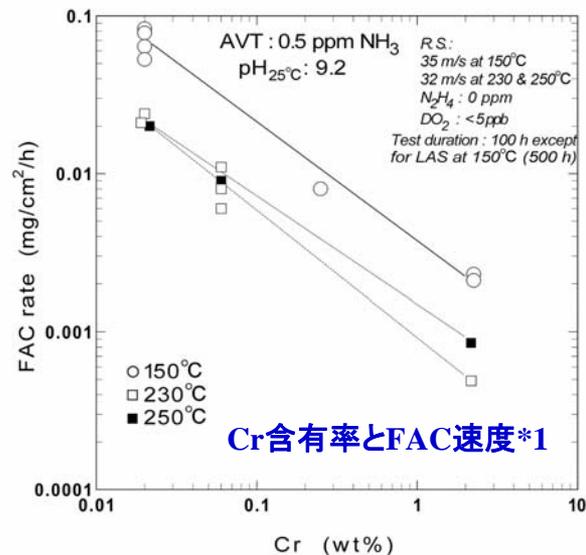
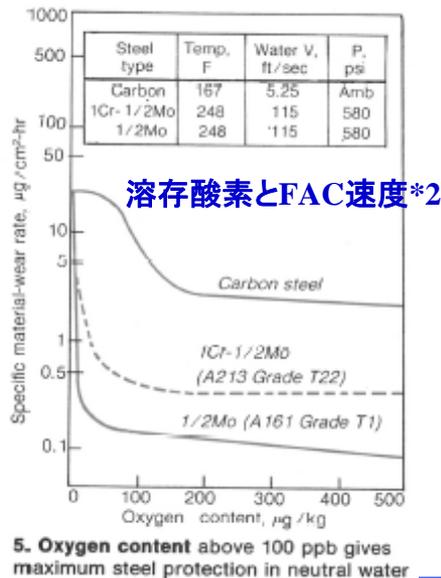
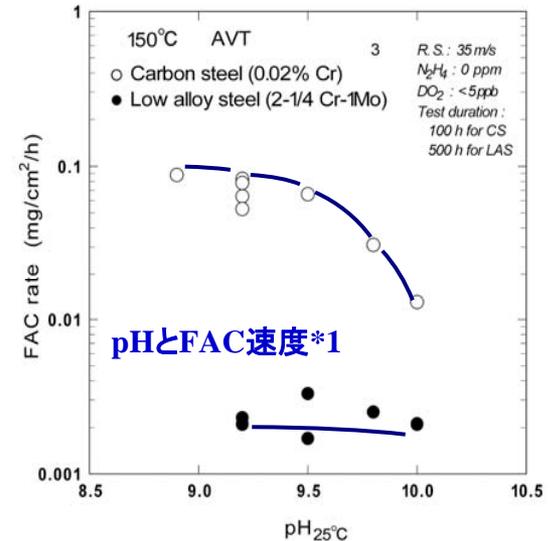
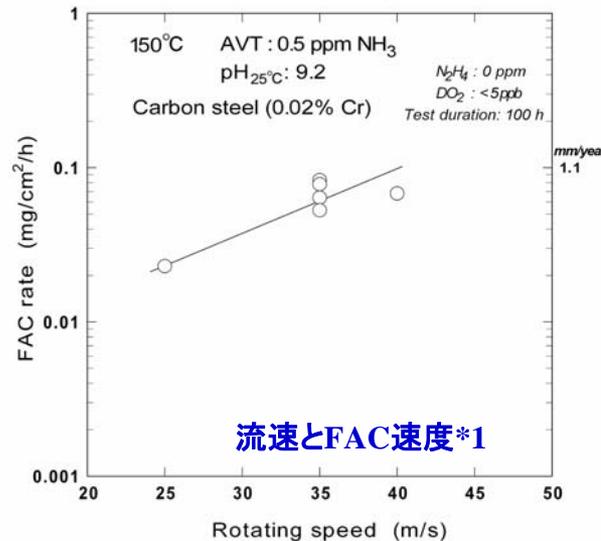
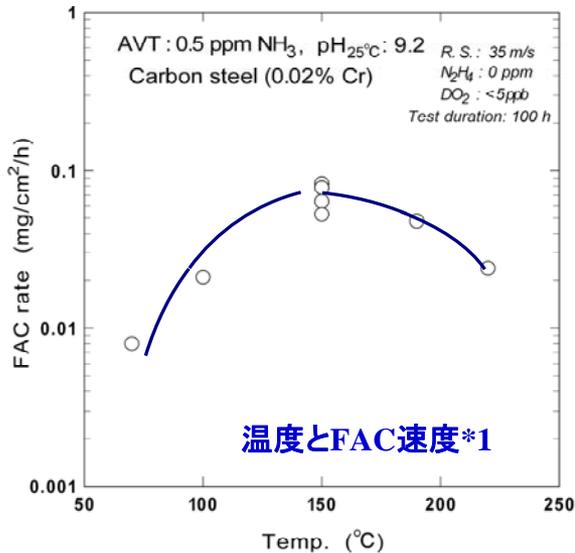
出典: 原子力安全・保安院Homepage: <http://www.meti.go.jp/committee/downloadfiles/g40827>

'YY プラント名 ⇒ 発生年及びPWRを示す

'YY プラント名 ⇒ 発生年及びBWRを示す

なお、上図はPWRであるが、BWRの事例もほぼ対応する部分に記載した

1. FACとは(4/4): FAC速度と各影響因子との関係



[出典]

*1: Y.Shoda et al. "Flow Accelerated Corrosion Study Using Rotating Disc Specimen and The Outline of Iron Distribution Evaluation Code", International Conference on Water Chemistry of Nuclear Reactor Systems, 2006

*2: O.Jonas, "Control Erosion/Corrosion of Steels in Wet Steam", Power, March, p102(1985)