

# PWR2次系配管FAC速度に及ぼす水化学の影響

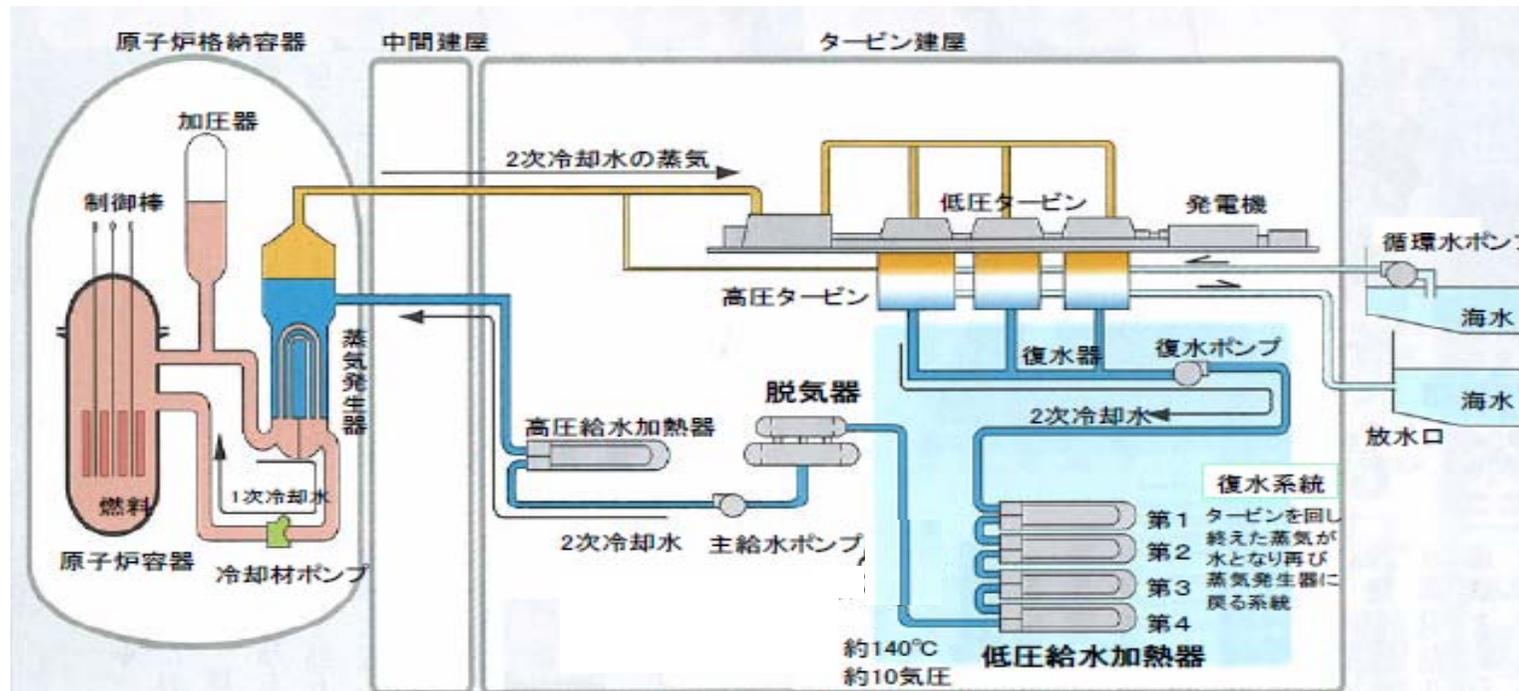


福村 卓也, 有岡 孝司  
(株)原子力安全システム研究所  
技術システム研究所



# Contents

- 研究の背景
  - ・PWR2次系におけるETA注入
  - ・FACに及ぼすアミンの影響
- FAC速度変化の評価
  - ・マグネタイト溶解度の計算からの評価
  - ・回転円盤試験による測定
- FAC速度に及ぼす温度および化学種の影響
- まとめ

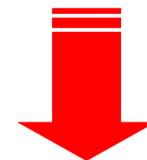


材料: 炭素鋼、ステンレス鋼、Ni基合金、Ti合金

流況: オリフィス下流部などの流れの乱れ

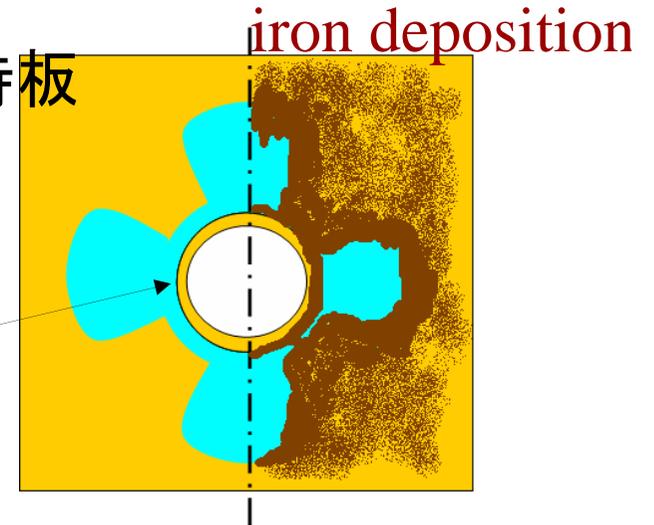
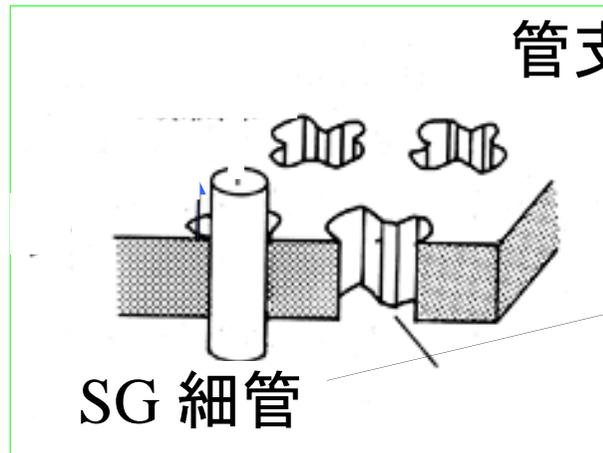
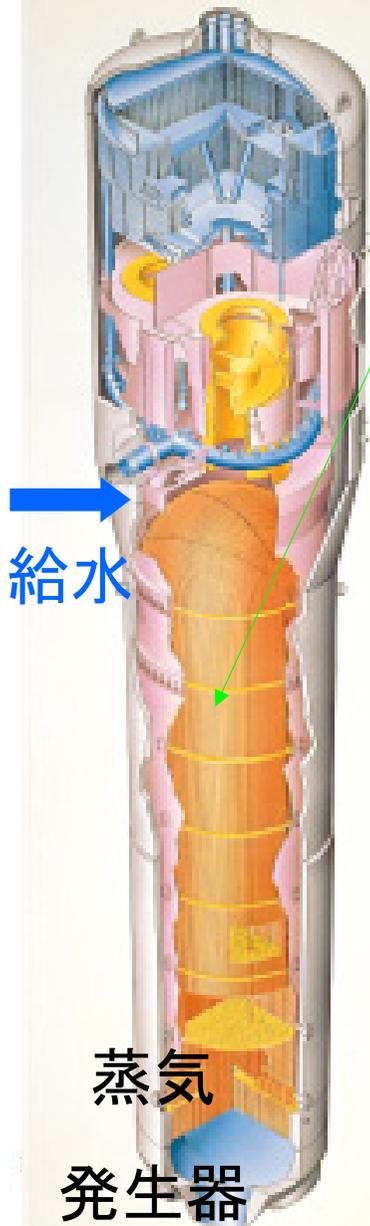
環境: 約30~270°C 脱気純水 + pH調整剤 (NH<sub>3</sub>, ETA)

FACの発生



定期検査時に膨大な配管減肉管理を実施

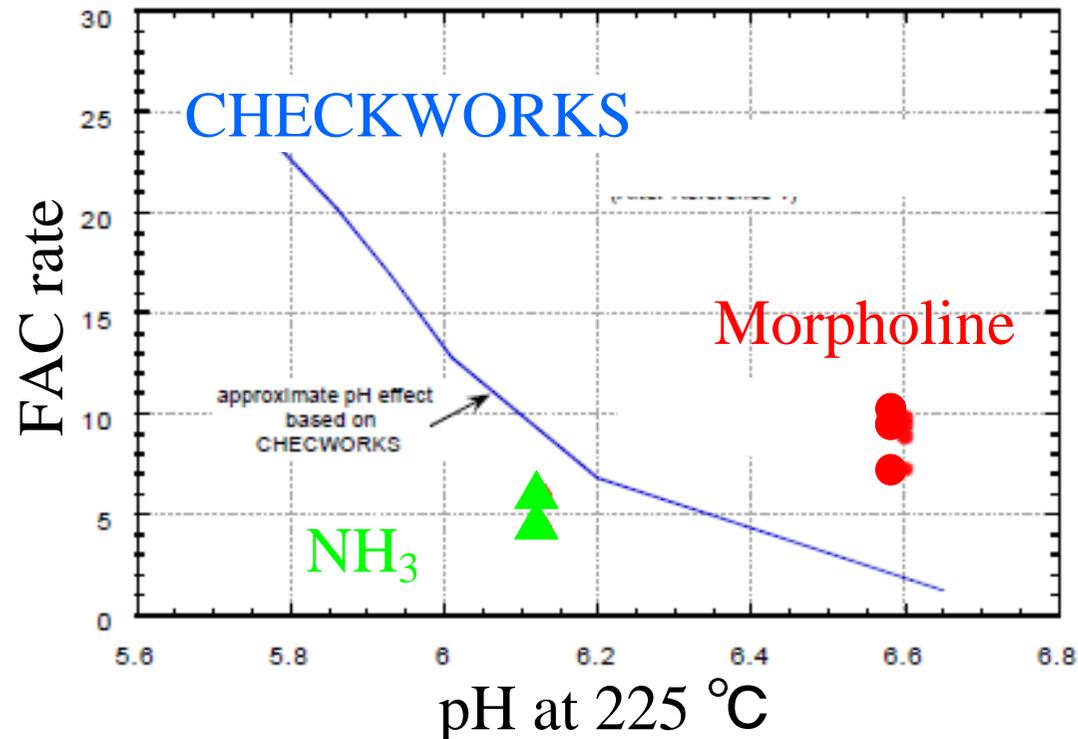
# SGへの鉄持ち込み低減とETA注入



- ・伝熱性能の低下
- ・水位制御上の問題
- ・SG 細管の損傷

給水 pH at 25°C	
AVT	ETA注入
~ 9.2	~ <b>10</b>

蒸気発生器 (SG)への鉄持ち込み低減対策として、国内のPWRの多くはETA注入による給水高pH化を実施。フランスやカナダの一部のPWRではモルホリンを注入。



P. J. King et al. 11th Int. Conf. Environmental Degradation of Materials in Nuclear Systems

化学種によってはFAC抑制効果が小さいという報告もある。  
高温におけるETA環境でのFAC速度データがない。



## 配管減肉管理指針における水質

「加圧水型原子力発電所配管減肉管理に関する技術規格」(日本機械学会)において過去のデータから初期設定減肉率を規定。

ただし、この初期設定減肉率は給水のpHが9.1~9.3、溶存酸素濃度が5ppb未満に調整されたプラントのデータに基づき設定。

一例: 復水管(LP1HTR~2HTR、低圧4段)で0.52mm/10<sup>4</sup>hr

### 中長期的な課題(参考)抜粋

今後、信頼性の高い配管肉厚測定データが蓄積された時点で、各種研究成果やPWRにおける設備運用の改善状況(例えば、高pH運転の効果)を踏まえ、初期設定減肉率の値を再評価する必要がある。



## 課題と目的

課題: FAC速度に関する知見はAVT水質のデータに基づいている。

ETA注入はFAC速度をどう変化させるのか？

高pH条件下でのFAC速度に化学種で差があるのか？

高温でETAとモルホリンは異なる挙動を示すのか？

目的: ETA水質における2次系系統各部のFAC速度の変化を評価し、**ETA注入がFAC速度に与える影響**を把握する。あわせて、アンモニアやモルホリンでの高pHがFAC速度に与える影響と比較する。



## 実施内容

### ➤2次系水質の評価

- ・系統各部における水質をマスバランスから計算

その際にSG及びMSRでの $\text{N}_2\text{H}_4$ ,  $\text{NH}_3$ , ETA  
気液分配係数 :  $K_D = C(\text{Vapor})/C(\text{Liquid})$  及び  
SGでの $\text{N}_2\text{H}_4$ の熱分解定数 :  $C_t = C_0 e^{-\lambda t}$ の最適化を実施した。

### ➤FAC 速度評価

- ・マグネタイト溶解度の計算からの評価

FAC 速度  $\propto$  マグネタイト溶解度 :  $J = kCs$

- ・FAC 速度の測定

回転円盤試験

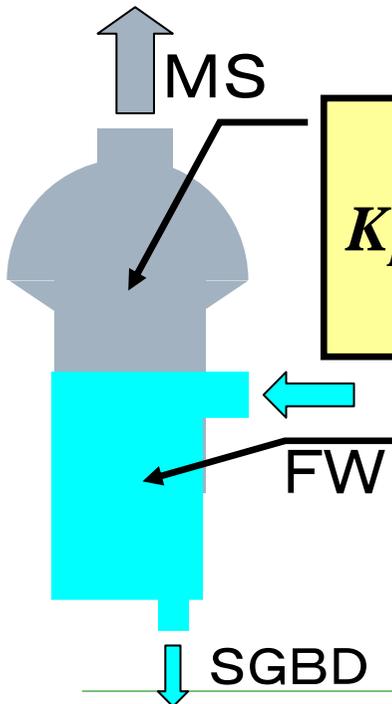


# 2次系水質計算手法

SGでの例

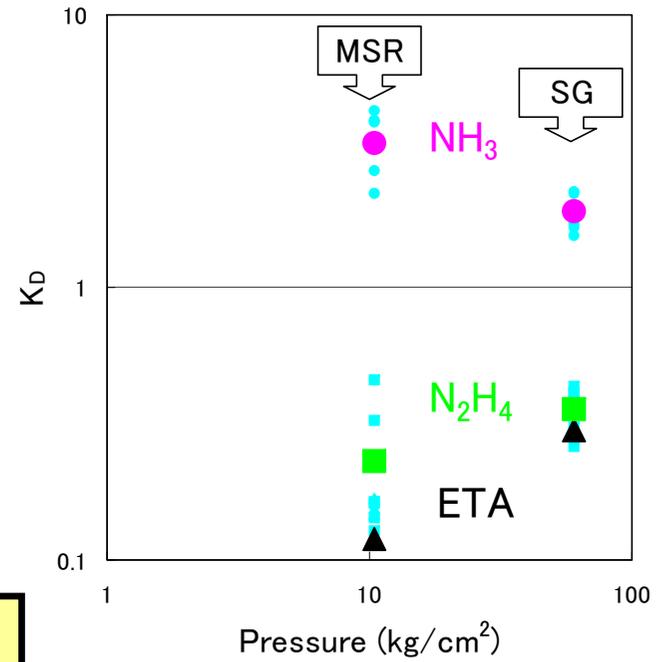
$$F(FW) \cdot C(FW)$$

$$= F(MS) \cdot C(MS) + F(SGBD) \cdot C(SGBD)$$



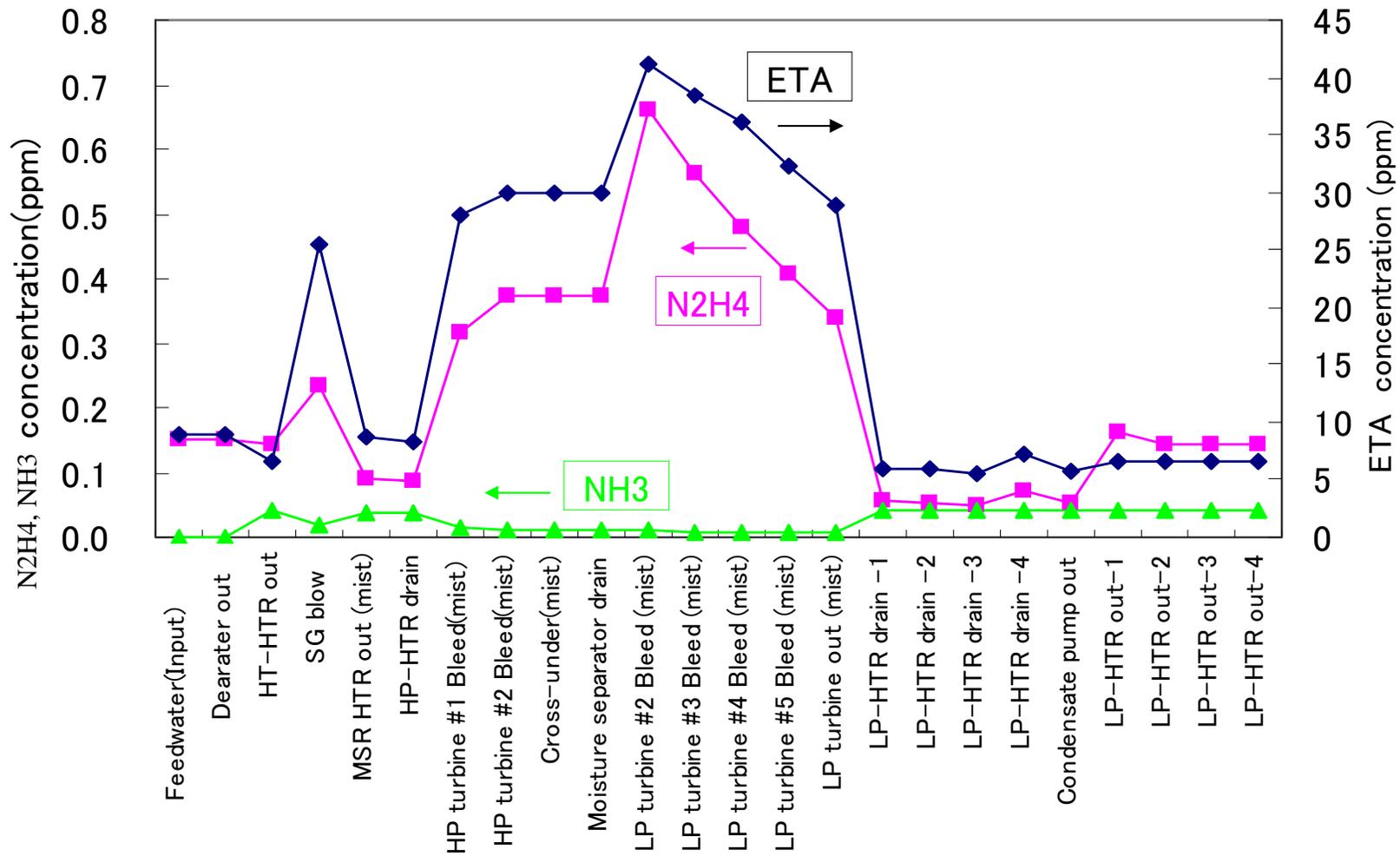
$N_2H_4$ ,  $NH_3$ とETA 気液分配  
 $K_D = C(\text{Vapor}) / C(\text{Liquid})$

$N_2H_4$ 熱分解  
 $10N_2H_4 = 8NH_3 + 4N_2 + H_2$   
 $C_t = C_0 e^{-\lambda t}$



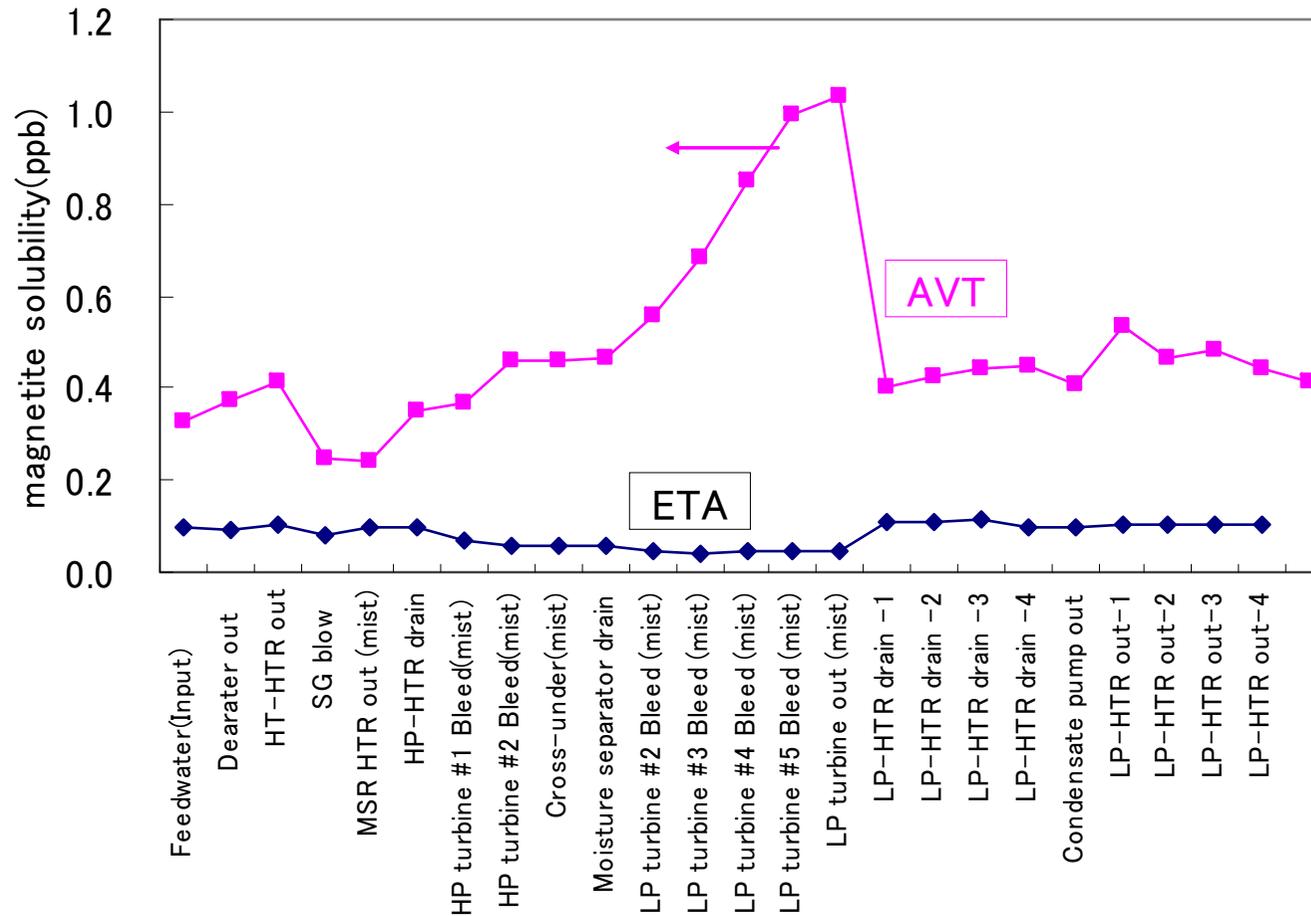
- F: 流量
- C: 濃度
- FW: 給水
- MS: 主蒸気
- SGBD: SG ブローダウン

# 系統各部の水質の計算結果



PWR2次系水質は系統各部で大きく変動する。

# 系統各部のマグネタイト溶解度の計算結果



ETA注入により系統各部のマグネタイト溶解度は低下する。

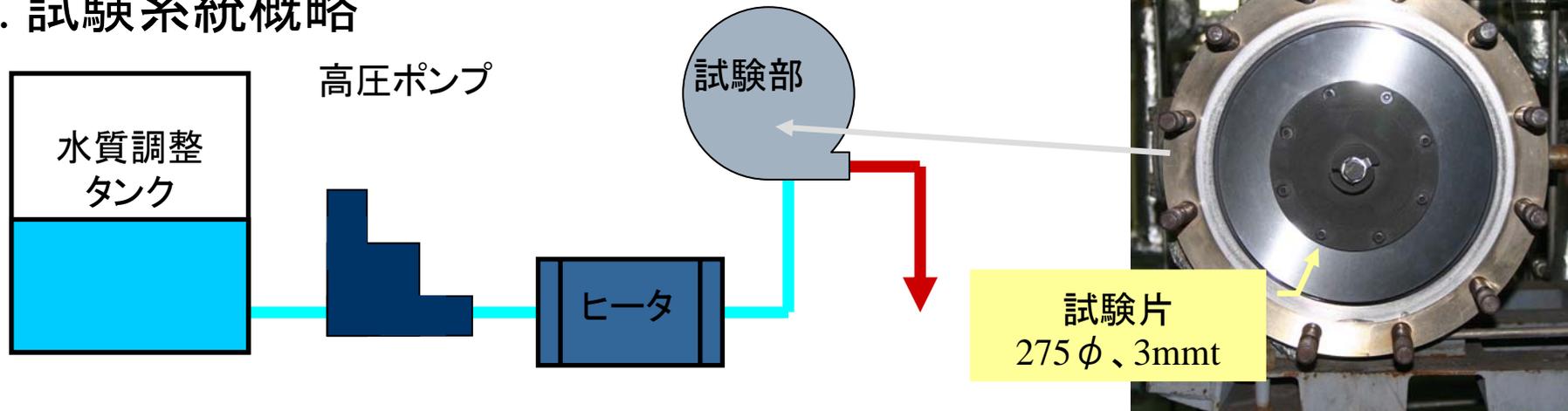
## 1. 試験片：回転円盤タイプ

## 2. 試験片材料：炭素鋼

Wt%

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	N
.002	TR	.05	.004	.002	.01	.01	<b>.02</b>	.0025

## 3. 試験系統概略



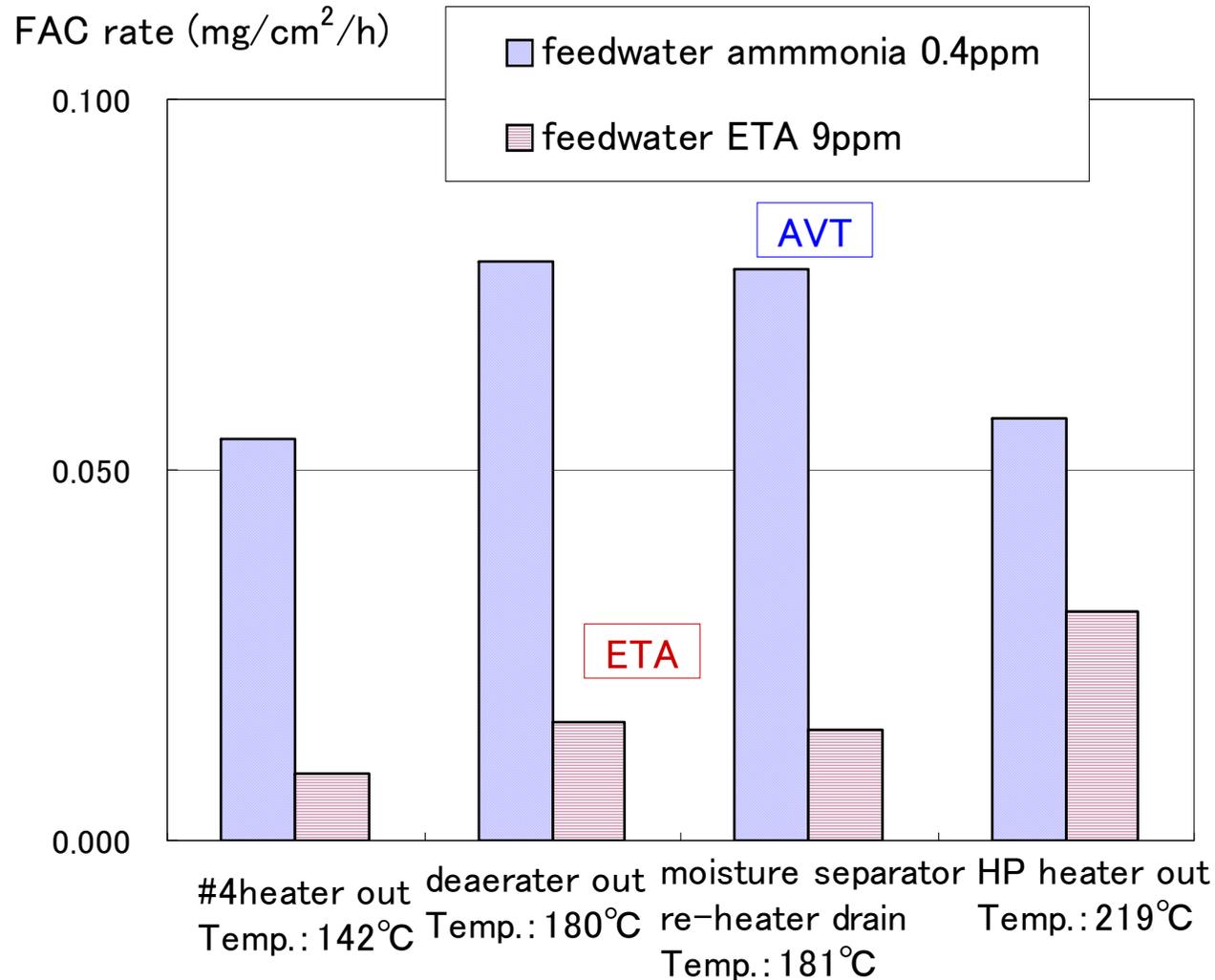
最外周速度: 35m/s

## 4. FAC 速度評価

$$\text{FAC 速度} = \frac{\text{重量減}}{\text{試験片面積} \times \text{試験時間}}$$

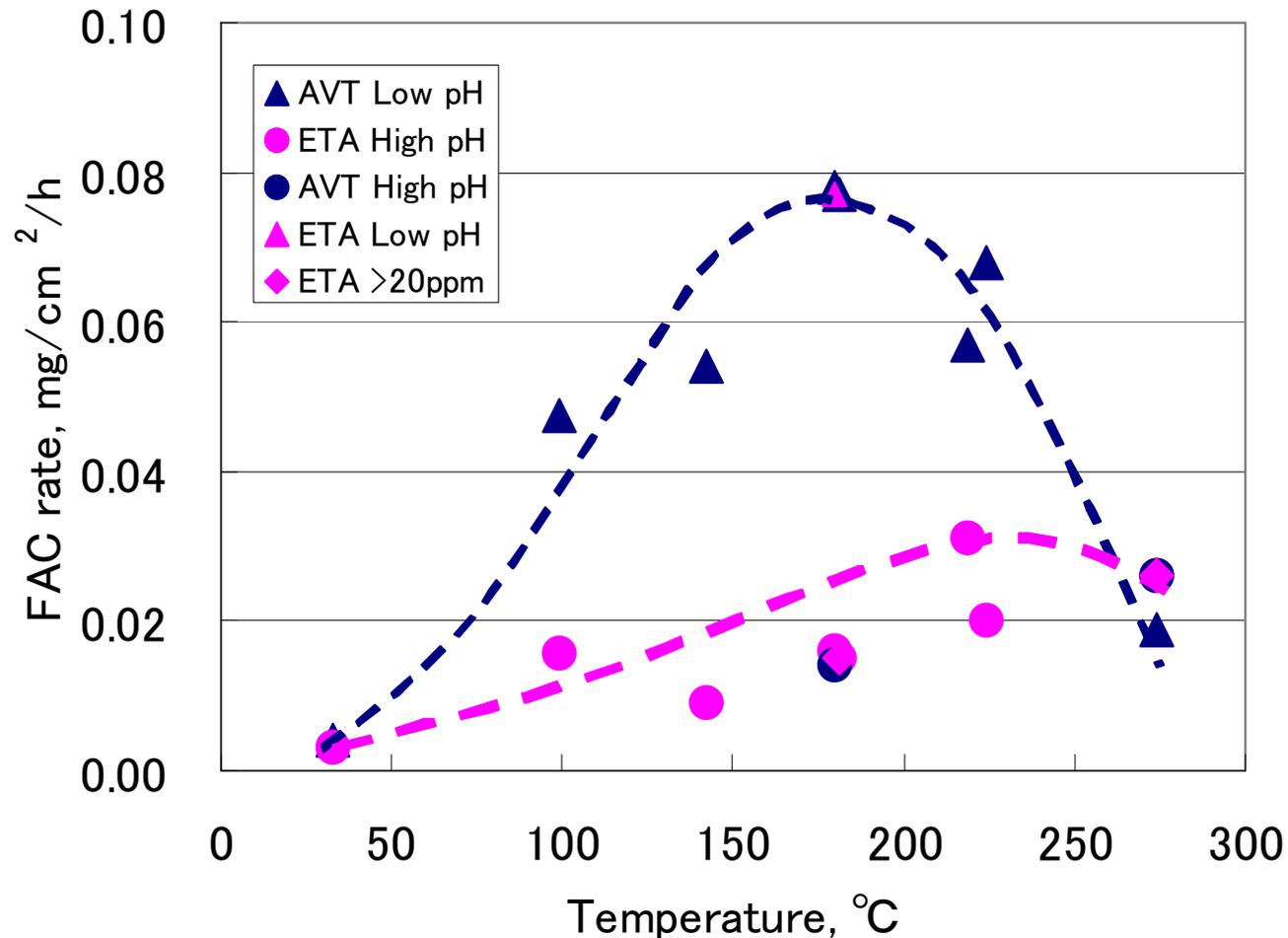


# FAC速度の測定結果



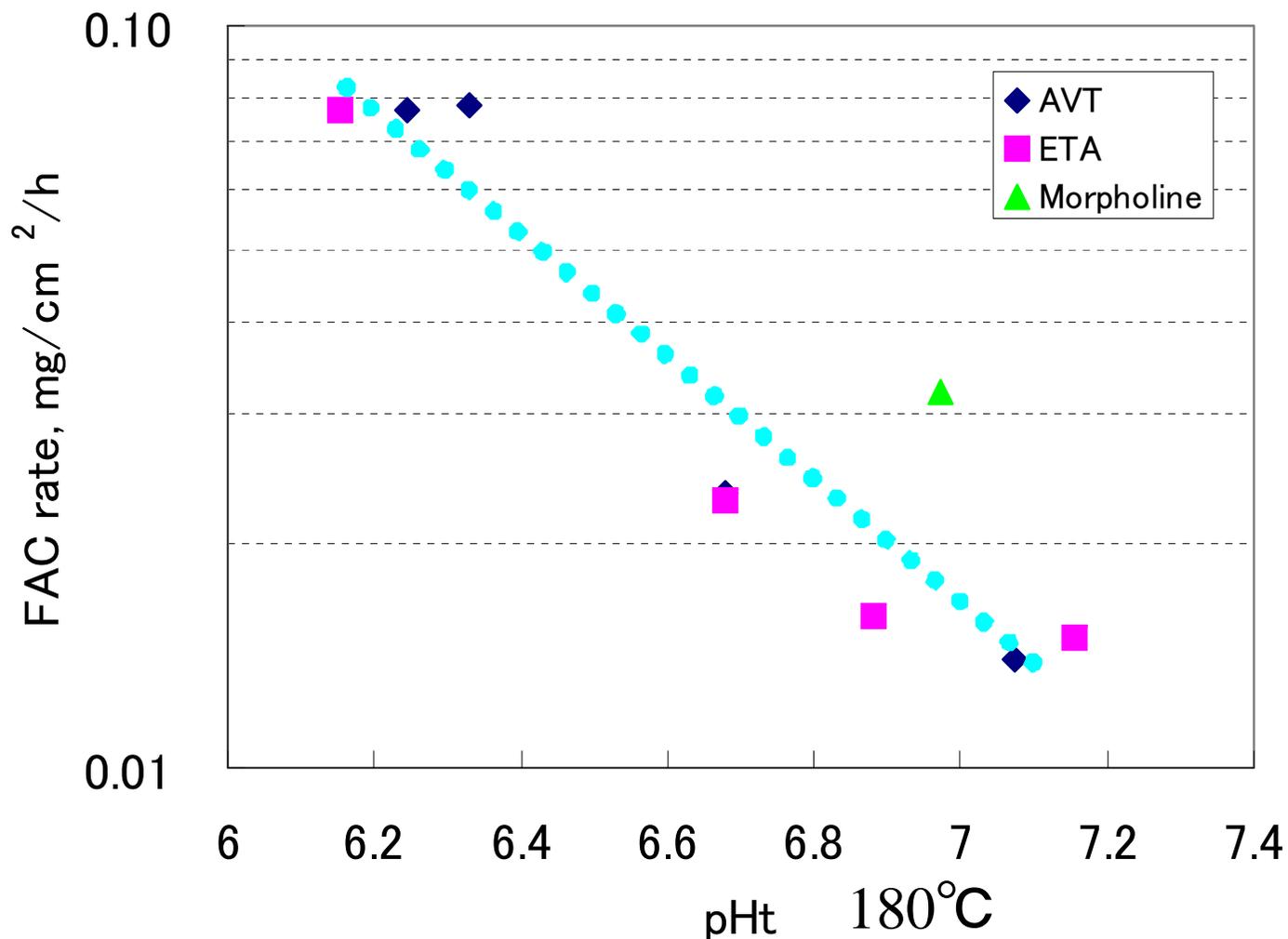
ETA注入後のFAC速度は 1/2 ~ 1/5に低下

# FAC速度に及ぼす温度および化学種の影響



高温部では高pHによるFAC抑制効果が小さい。

高pHによるFAC抑制効果はアンモニアとETAでは差がみられない。



180°CにおいてFAC速度にアンモニアとETAでは差はみられない。



## まとめ

- ETA注入前後のPWR2次系水質の評価  
SGでのヒドラジンの熱分解定数およびSGおよびMSRでのヒドラジン、アンモニア、ETAの気液分配係数を最適化し、マスバランスにより評価した。
  
- FAC速度の評価
  - (1) ETA 注入の高pH化により、系統各部のFAC速度は低下する。しかしながら高温部ではFAC抑制効果は小さい。
  - (2) 高pHによるFAC抑制効果はETAとアンモニアでは差がみられない。
  - (3) 180°CにおけるFAC速度は同じpHtでアンモニアとETAでは差がみられない。