
熱力学計算による高温水中でのマグネタイト溶解挙動に関する考察

目 的

伊方発電所3号機等の加圧水型原子炉二次系系統水は、最高で250°C超の高温となるため、系統構成材料に応じた水化学処理により、設備の防食・健全性維持を図っている。また、当該系統における鉄系配管等の内表面のうち、特に高温部では、水化学処理により防食機能を示すマグネタイト (Fe_3O_4) が酸化皮膜として形成・維持されており、これらの高温水中での生成・溶解挙動の理解は、プラント特性に応じた水化学処理を行ううえで非常に重要である。

本稿では、二次系系統水のような高温水中での Fe_3O_4 生成・溶解過程について、既知の知見に加え、熱力学計算により得た Fe_3O_4 の溶解挙動を踏まえ考察した。

主な成果

1. 熱力学計算により推定した Fe_3O_4 の溶解挙動

Fe_3O_4 の生成反応として、酸化皮膜内に存在するオキシ水酸化鉄 (FeOOH) と鉄イオン (Fe^{2+}) が反応し、脱水されるという過程を提案した。また、 Fe_3O_4 が $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ の化合物と想定した溶解反応は、熱力学計算から高温水下において酸性（アルカリ性）領域では Fe^{2+} (HFeO_2^-) となる反応が支配的に起きると推定された。さらに、各温度下における Fe_3O_4 から溶解したイオン成分濃度の極小値は、温度の上昇にともない減少するとともに、極小値を示す pH_T は低 pH 側にシフトすることを確認した。

2. 熱力学計算により算出した溶解鉄濃度と PWR 二次系系統水中鉄濃度の比較

伊方発電所3号機二次系系統水では、プラント起動直後はアンモニア (NH_3) とヒドラジン (N_2H_4) による全揮発性物質 (AVT) 処理が行われるが、その後の定常運転からは気液分配率が NH_3 よりも小さい、エタノールアミン (ETA) を追加注入する ETA 処理が行われている。

熱力学計算により算出した系統各部の溶解鉄濃度と、実測した鉄濃度を比較した結果、溶解鉄濃度と実測鉄濃度の相関性は非常に高く、AVT 処理から ETA 処理への移行にともなう pH 上昇に応じて鉄濃度が低減傾向を示すこと、さらにその効果は抽気系で大きいこと等、実態を再現できていることを確認した。

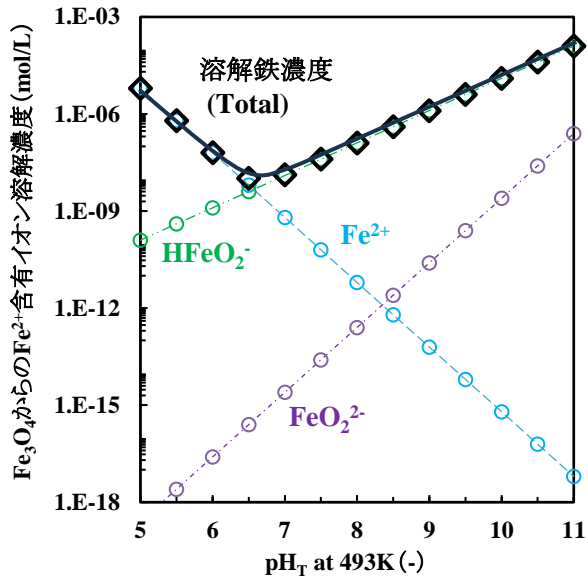


図-1 493KにおけるFe₃O₄からのFe²⁺含有イオンイオンの溶解濃度とpHTの関係

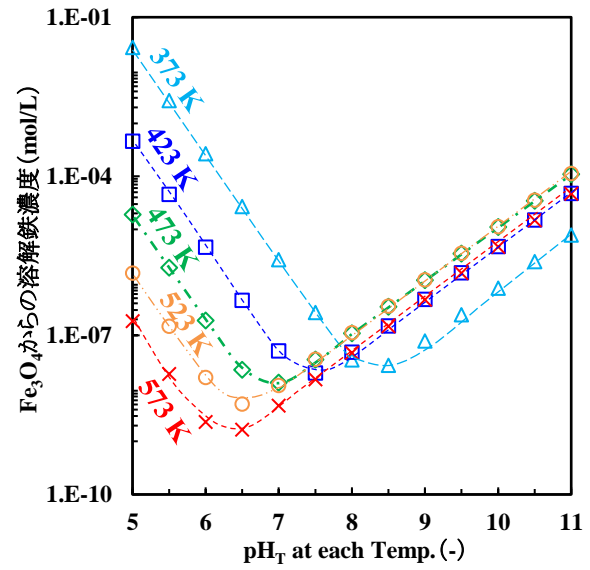


図-2 Fe₃O₄由来の溶解鉄濃度とpHTの関係

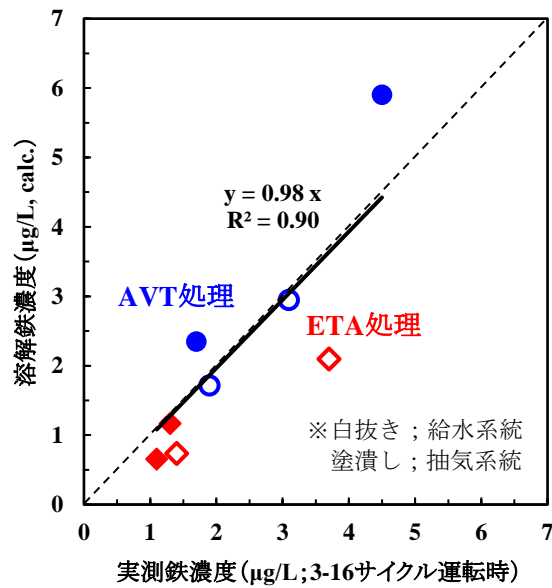


図-3 熱力学計算により求めた溶解鉄濃度と実測鉄濃度の関係

研究担当者	山本 松平, 石川 裕史, 大鹿 浩功 (株式会社四国総合研究所 化学バイオ技術部) 知識 嵩瑛, 高須賀 仁 (四国電力株式会社 原子力部 安全グループ)
キーワード	加圧水型原子炉, 二次系系統, 酸化皮膜, マグネタイト, 腐食, 熱力学計算
問い合わせ先	株式会社四国総合研究所 経営企画部 TEL 087-843-8111 (代表) E-mail jigyo_kanri@ssken.co.jp https://www.ssken.co.jp/

[無断転載を禁ず]