

## 腐食損傷解析への CFD の応用

### Application of CFD for Corrosion Failure Analysis

細谷敬三\*1、武田匡史\*1

Keizo Hosoya\*1, Masashi Takeda\*1

\*1 エンジニアリング本部 EN テクノロジーセンター

\*1 EN Technology Center, Engineering Division

#### 要旨

プラントで発生する腐食の中には、流れの影響を受けることで特定の場所に限定して腐食が助長される場合があり、CFD(Computational Fluid Dynamics)は損傷解析の有効な手段として期待されている。本稿では当社における CFD の腐食損傷解析への応用例を紹介して、当社でのさらなる応用の可能性と今後の取り組みに関して述べる。

#### Abstract:

CFD (Computational Fluid Dynamics) is expected as an effective tool to apply the corrosion failure analysis because some of the cases of corrosion failure occurred locally as a result of being accelerated by flow regime in process plants. This paper introduces the typical case study of JGC's application of corrosion failure analysis, and discusses the potential for further applications and future actions.

#### 1. はじめに

プラントで発生する腐食損傷解析は、通常は腐食が発生した箇所のマクロ的な温度・圧力・流体組成や文献からの情報、類似事例などを考慮して判断される。しかしながら、中には非常に限定された範囲にのみ腐食が発生することがあり、これらの腐食の発生状況を理解するには、局所的な温度・圧力・流体組成や流れの変化などを把握する必要がある。これらの観点で CFD (Computational Fluid Dynamics)は効果的な評価手段である。CFD はこれまでエロージョンの評価には活用実績も多かったが、腐食への活用事例が少なかった。しかし近年になり、CFD を活用して腐食に影響する各因子（温度・流速・表面せん断応力など）の場所による変化を可視化することで、腐食損傷解析や腐食現象の理解に活用されつつある。

本稿では当社において CFD を腐食損傷解析に応用した事例を紹介して、当社でのさらなる応用の可能性と今後の取り組みに関して述べる。

#### 2. 当社における活用事例

##### 2. 1 酸性硫黄による腐食

SO<sub>x</sub> とアンモニアを含む燃焼排ガスをボイラー水にて冷却する廃熱ボイラー（チューブ側：排ガス、シェル側：ボイラー水）において、熱交換効率の向上を目的として炭素鋼製ボイラチューブ内面には、らせん状の突起物が付いていたものが使用されていた。このボイラチューブにおいて、チューブ側からの腐食により漏えいが発生した。チューブ内面の腐食は突起物の根

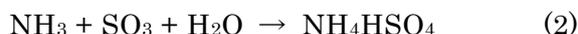
元限定して溝状に発生しており、その他の箇所では腐食は発生しないという特異なものであった。

腐食箇所に着着していたスケールの成分がアンモニアを含む硫酸鉄であったことなどから、腐食は、排ガス中の  $\text{SO}_x$  とアンモニアから生成する酸性硫酸（硫酸水素アンモニウム、 $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ ）が原因であると推測した。

そこで、局所的な腐食現象を説明するため、電解質溶液の熱力学的平衡計算が可能なシミュレータを用いて酸性硫酸が析出する温度条件を算出するとともに CFD を用いて突起物周辺の排ガス温度分布解析を行うことで、腐食因子である酸性硫酸の析出挙動を解析した。

## 2. 2 突起物周辺の排ガス温度分布解析 - 酸性硫酸は存在するか？

$\text{SO}_x$  およびアンモニアのガス相から酸性硫酸が析出する化学反応を式(1),(2)に示す。析出した酸性硫酸は約  $150\sim 350^\circ\text{C}$  の範囲で液体の溶融塩となるため、強い腐食性を有する<sup>1)2)3)</sup>。



排ガス中の  $\text{SO}_x$  とアンモニアからの酸性硫酸の析出条件について上述の熱力学的平衡計算シミュレータを用いて計算したところ、排ガスの組成においては図 1 に示す温度範囲で排ガスから酸性硫酸が析出することがわかった（注：温度範囲は図 1 中に色調にて表示）。しかし、チューブ内で腐食が発生している部位での排ガスの平均温度は電解質熱力学シミュレータにより求めた酸性硫酸の析出温度範囲よりも高温であり、酸性硫酸は析出しないと判断された。

そこで、チューブ内の突起物周辺の排ガスの温度分布を CFD で解析した。解析結果を図 2 に示す。排ガスは流速が小さくなる箇所ほどチューブ側から冷却されて温度が低下することがわかった。そのため、排ガスの平均温度が酸性硫酸の析出しない温度であっても、排ガス流速が小さくなる突起物の根元では、酸性硫酸の析出温度まで排ガス温度が冷却されることがわかった。

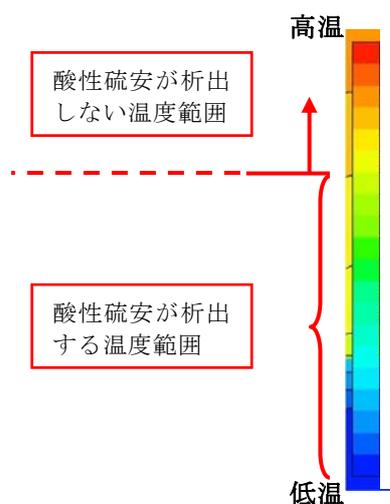


図 1 酸性硫酸の析出温度範囲

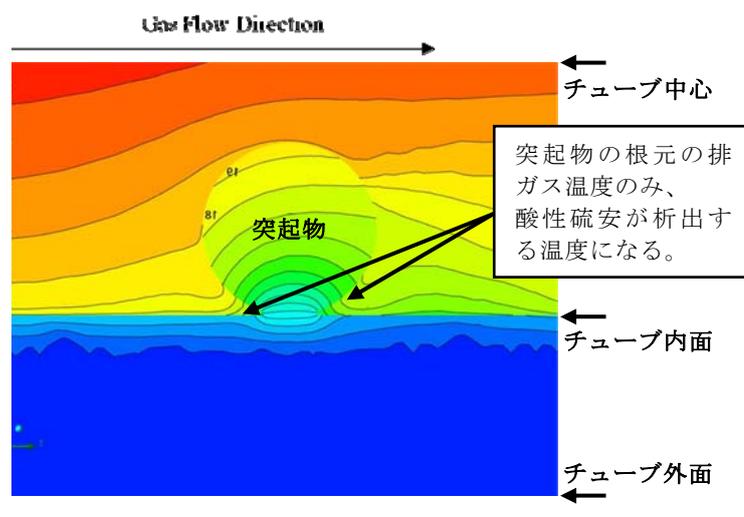


図 2 突起物周辺の排ガス温度分布解析結果

### 3. おわりに

プラントで発生する腐食は、流体の成分の他に温度・圧力・流速など腐食に影響を与える因子が多く複雑であるため、簡単にその腐食現象を理解することが難しい。そのため、これまで腐食損傷解析を行う際には、専門家の長年の経験や知識（文献情報や過去の類似事例）により判断されている場合が多い。しかし、今回の応用例を示したように過去の類似事例が少ないような腐食損傷解析を行う際には、CFD や電解質熱力学シミュレータなどのシミュレーション技術を組み合わせてイメージし難い腐食現象を可視化することが腐食現象の理解に大いに役立ち、早期に腐食原因を特定して問題を解決する一助になると考えている。

また、今回使用した CFD や腐食環境を評価するのに適した電解質溶液の熱力学的平衡計算のできるシミュレータの他にも腐食現象や腐食速度を評価するシミュレーション技術も開発されつつある。今後 CFD や腐食シミュレーション技術を腐食損傷解析だけでなく、プラント材料選定に応用範囲を広げる予定である。

#### 参考文献

- 1) 三訂・公害防止対策要説〔大気編〕, p.41-45 (1992)
- 2) Ishikawa, T., Sasaki, T.; *Met Corrosion* **1**, p.803-808 (1981)
- 3) 松島巖；鉄と鋼、**63**、4号、S387 (1977)