



IGCC 実機ガス化炉の過渡応答性評価 ～固気液三相流＋壁面熱応力解析を目指して～

研究・開発機関 : 三菱重工業株式会社、九州大学、東京大学、株式会社数値フローデザイン
 利用施設 : スーパーコンピュータ「富岳」
 計算規模 : 5,000 ノード
 利用ソフトウェア : FFR-Comb, ADVENTURE_Thermal, ADVENTURE_Solid3

Before

- 試験装置規模の小型ガス化炉を対象にした固・気混相流解析により燃焼状態を計算するのみで、実機スケールのガス化炉の計算までには至っていませんでした。
- 固相・液相スラグ内の応力を評価したことはなく、急速な温度変化により固相スラグ層が破壊される可能性があるかは分かっていませんでした。

After

- 実機スケールのガス化炉を対象に、固・気・液三相流解析により炉内の温度、燃焼状態だけでなく、壁面に付着したスラグの過渡的な成長過程が計算可能になりました。
- 固相・液相スラグと壁面部材の温度分布を考慮した応力解析により、固体スラグ層の破壊可能性領域を評価することに成功しました。

背景と目的

ガス化炉は、固体や液体燃料（バイオマス、廃棄物、石炭、重油等）をガス状の燃料（水素、一酸化炭素等）に変換する装置であり、高効率発電、カーボンニュートラル燃料製造、資源リサイクルの分野での活用が期待されています(図1)。石炭を燃料とする石炭ガス化複合発電 (IGCC) においては、ガス化炉はガスタービンへ燃料ガスを供給する基幹設備であり、高効率・安定運転に向けて技術開発が進められています。ガス化炉内では、高温・高圧条件でガスと石炭粒子が反応し、さらに石炭中の灰が溶融したスラグが壁面に付着して流動しているため、非常に複雑な現象が生じています。実験だけで複雑な現象を十分に把握することが困難であり、数値シミュレーション技術の開発が必要です。しかし、ガス化炉の健全性を評価するためには、壁面部材や液相・固相スラグの温度・応力評価との連成解析が必要であったが、連成解析技術が不十分で、またコンピュータの計算能力が不足していたために実機ガス化炉を対象とした計算を実現できませんでした。そこで、本研究では、炉内の燃焼解析と壁面部材・スラグの温度・構造解析を連成する技術を開発し、実機スケールのガス化炉を対象にスーパーコンピュータ「富岳」を使用して詳細に評価しました。

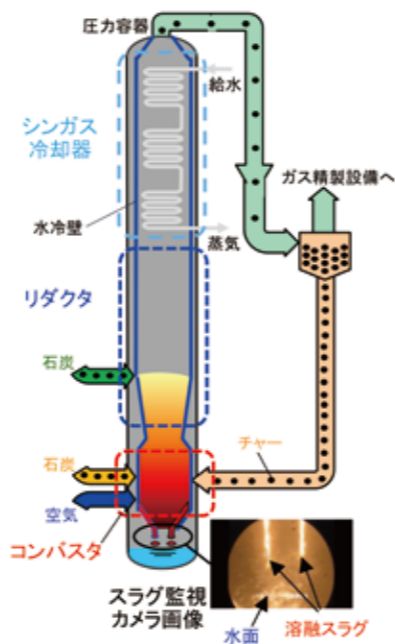


図1 ガス化炉構造

■ 利用成果

図2に「富岳」を用いて計算した、実機スケールのガス化炉内部の燃焼シミュレーション結果(瞬時値)を示します。ガス化炉は、石炭を燃焼させ熱を発生させるコンバスタと、発生した熱で石炭をガス化させるリダクタから構成されています。コンバスタ部のガス温度が高く、リダクタ部で生じるガス化反応により温度が低下し、CO濃度が上昇する現象を再現できました。さらに、コンバスタにおいて高温部は壁面から離れており、目論見通り壁面の局所的な加熱を防いでいることが明らかになりました。燃焼と同時に計算したスラグ層の発達過程を図3に示します。固体であった灰が溶融スラグ(図3ブルー部)となりガス化炉の壁面に付着して成長する過程を模擬することができました。さらに、スラグの温度分布を考慮した応力解析により、急速な温度変化により固体スラグ層の破壊可能性領域を評価することに成功しました。今回、実機ガス化炉内の溶融スラグ流の変化は非常にゆっくり進行するため、計算対象の時間が長くなり、更なる計算の高速化が必要であることが分かりました。今後は、解析手法を改良し、さらに効率的にシミュレーションを進めていく計画です。

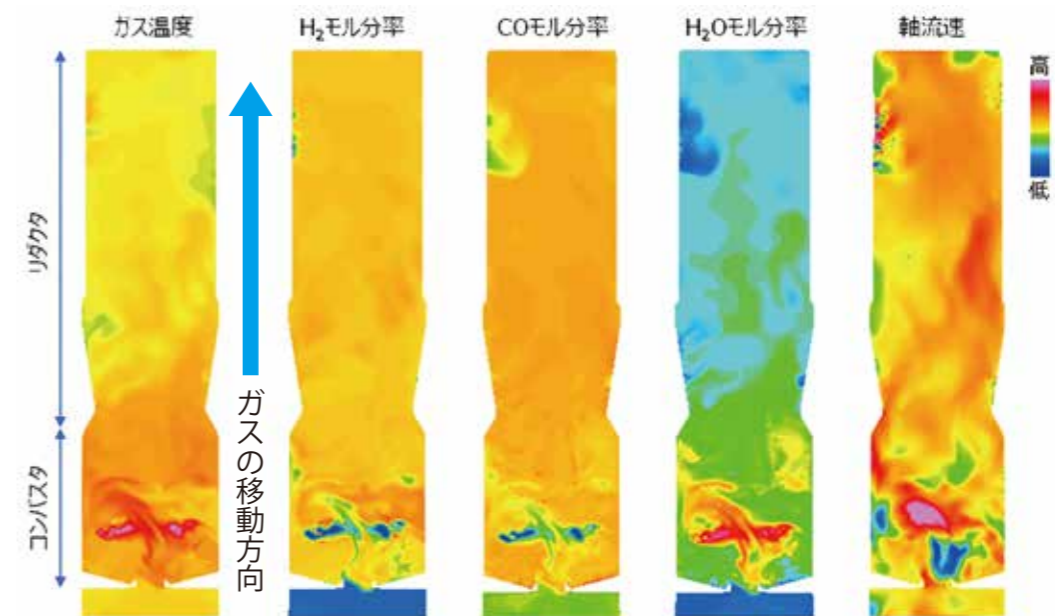


図2 炉内の燃焼シミュレーション結果(垂直方向断面)

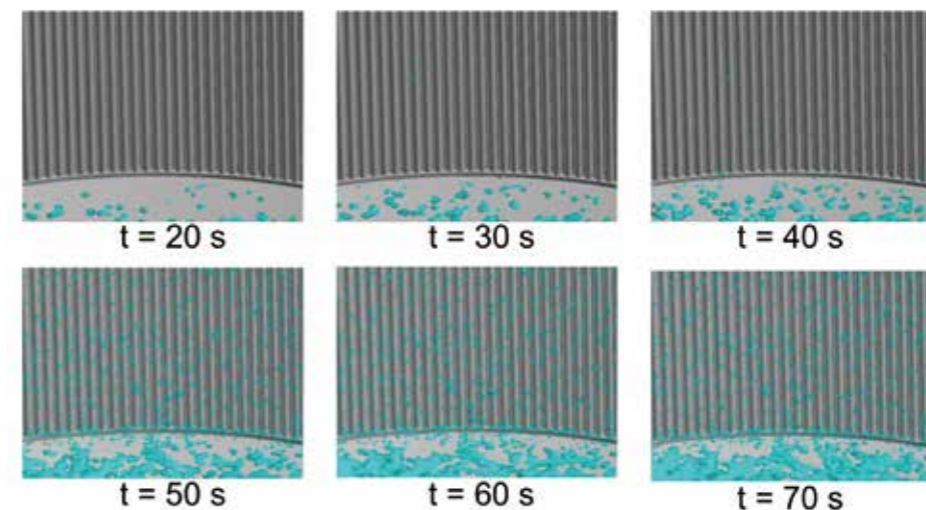


図3 壁面上の溶融スラグ層の発達過程のシミュレーション結果