

## 大型燃焼機器の CFD 解析事例

# CFD Analysis for Large Size Combustion Equipment

熊上学\*1

Manabu Kumagami\*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

大型インシネレータの CFD (Computational Fluid Dynamics) 解析事例について紹介する。燃焼機器内のガスの混合性能ならびに詳細な温度分布の算出は流体の流れ、伝熱、化学反応等の広範な物理現象を同時に考慮できる CFD によって可能である。CFD 解析によって算出されたこれらのエンジニアリングデータは燃焼機器の新規設計や改造の信頼性向上において非常に有用である。

### Abstract

The case example of CFD (Computational Fluid Dynamics) analysis for large size combustion equipment is described in this article. The gas mixing performance and detailed temperature distribution in combustion equipment can be calculated using CFD which is simultaneously considered a lot of physical phenomena such as fluid flow, heat transfer and chemical kinetics. The engineering data obtained by CFD analysis enhances reliability of newly developed or modified design for combustion equipment.

### 1. はじめに

近年、プラントの大型化にともない、燃焼機器に対しても大型化、大容量化が進んでいる。大型燃焼機器の設計において、小・中型燃焼機器からのスケールアップは容易ではない。単に相似的に寸法を大きくすると、運転時にホットスポットの発生や燃料と酸化剤の混合不良等、思わぬ不具合を起こすことがある。これら不具合を設計段階から予測するため、実機と同等の 3 次元形状での CFD (Computational Fluid Dynamics: 数値流体力学) 解析が必要不可欠となる。本稿では、LNG (Liquefied Natural Gas: 液化天然ガス) プラントにおけるアシッドガスインシネレータの CFD 解析事例を取り上げる。

### 2. アシッドガスインシネレータ設計における CFD 解析の活用

アシッドガスインシネレータは、高温の燃焼ガスとアシッドガス (微量の硫黄化合物を含む二酸化炭素) を均一混合し、硫黄化合物の焼却処理を行う焼却炉である。以下に当社でのアシッドガスインシネレータの設計事例を紹介する。

図 1 にアシッドガスインシネレータの 3 次元モデルを示す。設計段階において、燃焼ガスとアシッドガスの不均一な混合によってアシッドガスが正常に焼却処理されない懸念が生じ

た。CFD を用いて、燃焼ガスとアシッドガスの混合性能ならびにアシッドガスインシネレータ炉内温度分布の解析を実施した。

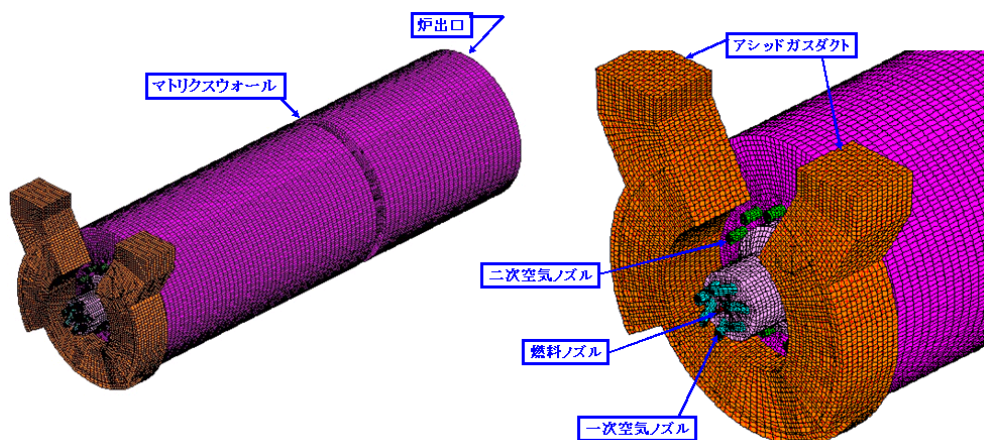


図 1 アシッドガスインシネレータ 3 次元モデル

アシッドガスインシネレータには、燃料ノズル周囲に一次空気ノズルならびに二次空気ノズルがそれぞれ設置されている。一次空気ノズルは空気と燃料ガスとの混合を促進するために、旋回流を起こす構造となっている。アシッドガスダクトからはアシッドガスが流入し、アシッドガスノズルを通して炉内へ流入する。炉内には対流混合の促進のために、マトリクスウォールが設置されている。燃焼ガスとアシッドガスの混合性能を調査するため、図 2 に示すような 2 種類のアシッドガスノズルについて解析を行った。Case1 では、アシッドガスは炉中心軸方向へ流入するノズル構造とした。このアシッドガスの流入構造は小型のアシッドガスインシネレータによく見られる構造である。これに対して、Case2 では、アシッドガスの炉壁に沿った旋回流を与えるようなノズル構造とした。

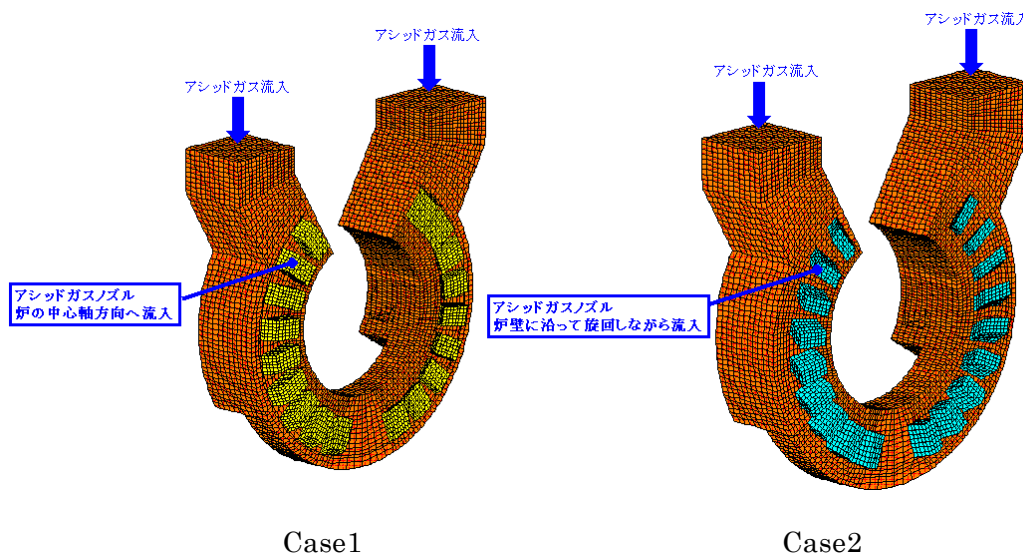


図 2 アシッドガスノズル (バーナ、炉体は非表示)

図3にCase1、図4にCase2のアシッドガスインシネレータ内の二酸化炭素濃度分布ならびに温度分布の解析結果を示した。アシッドガスが炉の中心軸方向へ流入する構造をもつCase1のようなアシッドガスノズルの場合、図3に示したように炉出口において大きな濃度分布ならびに温度分布が確認された。この原因は、アシッドガスおよび燃焼ガスが十分な滞留時間を保持することができず、十分に混合できないためである。これに対し、アシッドガスの流入に旋回流を持つCase2のようなアシッドガスノズルの場合、旋回流によってアシッドガスは十分な滞留時間を保持できる。このため、図4に示したとおり、アシッドガスインシネレータ出口断面において、アシッドガスと燃焼ガスとの十分な混合を確認できた。さらに、アシッドガスと高温の燃焼ガスの十分な混合により、アシッドガスインシネレータ出口断面全域におい

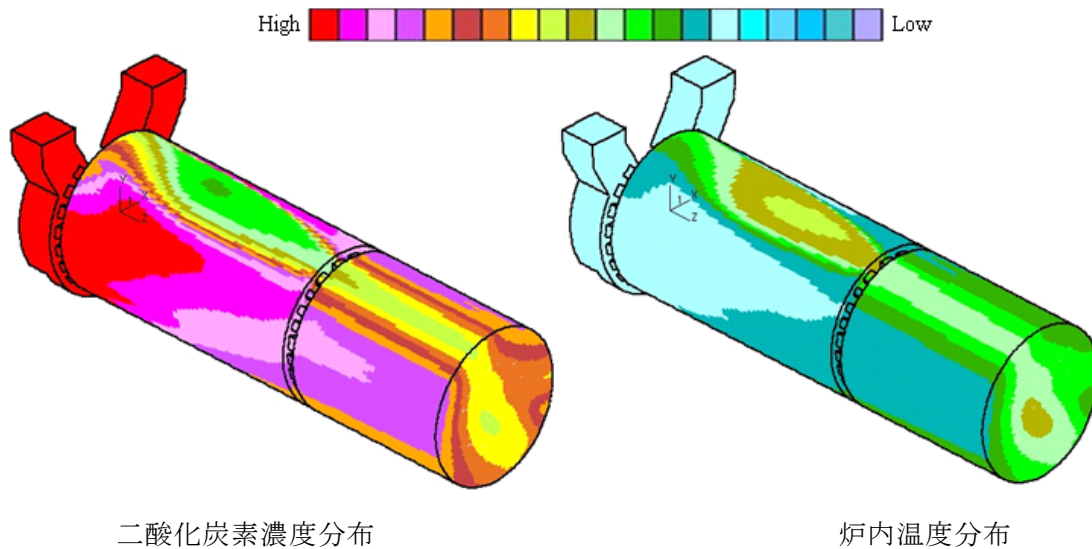


図3 Case1 解析結果

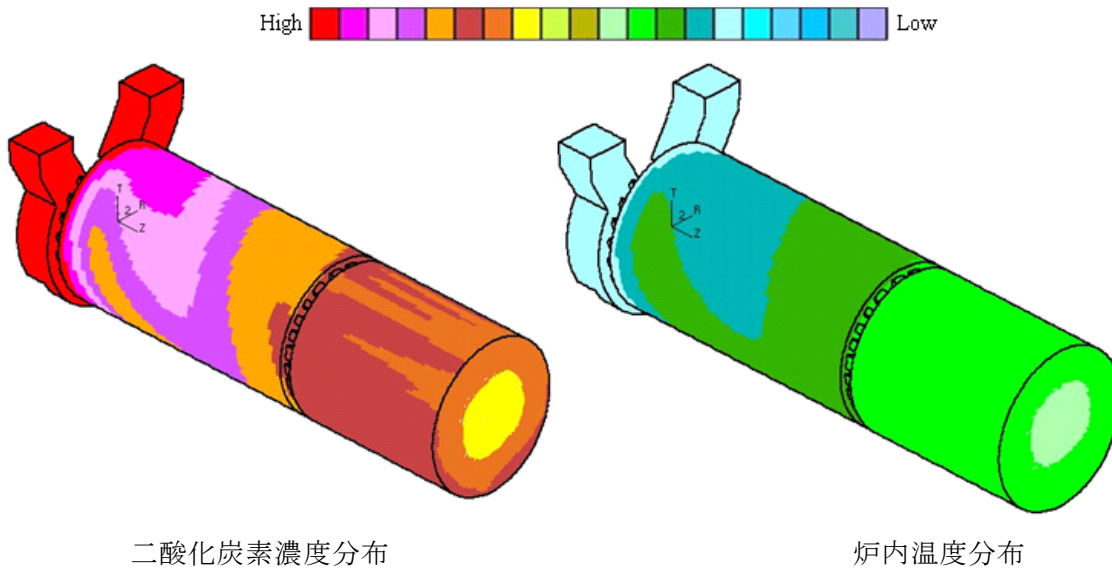


図4 Case2 解析結果

て、アシッドガスに含まれる硫黄化合物の分解に必要な温度への到達を確認できた。このように CFD 解析を活用して、燃焼ガスとアシッドガスの良好な炉内混合ならびに硫黄化合物分解のための温度をインシネレータ出口断面全域において確認することができ、アシッドガスの焼却処理が可能であると示すことができた。

### 3. おわりに

大型インシネレータ設計における CFD 解析の活用事例について紹介した。一般的に、燃焼機器における CFD 解析は、流体の流れ、伝熱、化学反応が複雑に絡み合い、非常に広範な物理現象をとらえる必要がある。近年のコンピュータのハード、ソフト両方の性能向上によって、容易に実機と同等の 3 次元形状での詳細解析が可能となり、実際の燃焼機器設計に活用されている。当社は、世界有数の EPC コントラクターとして、インシネレータのみならず、フレア、ボイラ、燃焼炉等、多種多様な燃焼機器を取り扱っており、CFD 解析の実績も多く有している。

### 参考文献

- 1) 新井紀男編； 燃焼生成物の発生と抑制技術，テクノシステム (1997)
- 2) 日本機械学会編； 燃焼の数値計算，日本機械学会 (2001)
- 3) Charles E. Baukal Jr.; The John Zink Combustion Handbook (Industrial Combustion), John Zink (2001)