

熱エネルギー技術の高度化研究におけるシミュレーター応用

(¹名古屋大学大学院工学研究科、²中国科学院広州エネルギー研究所)○李軍¹、吳龍¹、黄宏宇²、

小林敬幸¹

The simulator application in advanced research of thermal energy technology

○Jun Li¹, Hongyu Huang², LongWu¹, Noriyuki Kobayashi¹

¹Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, 464-8603, Japan; ²Guangzhou Institute of Energy Conversion, Chinese Academy of Sciences)

1. 緒言

CO₂の大量排出に起因する地球温暖化への対策が急務であり、カーボンフリーのアンモニアを用いたエネルギーシステムが注目されている。本研究室では、アンモニアを燃料とした燃焼技術に着目した。アンモニアは室温では燃焼しない。そこで、アンモニアと水素混合燃料の燃焼を検討し、その燃焼特性を評価した。

2. 実験

実験装置は燃焼室、燃焼バーナー、デジタルカメラ、凝縮器、乾燥器、NO_x ガスクロマトグラフ (ベスト測器 Bex-9970)、マイクロガスクロマトグラフ (ジールサイエンス, Micro GC CP4900)、ポンプで構成されている。実験は、燃焼室壁温度 $T_w=200^{\circ}\text{C}$ の条件で、アンモニア初期濃度 (x_{NH_3} , 41.6%~50.1%) と空気比 (ϕ , 0.70~1.10) と予熱温度 (T_p , 20~200 $^{\circ}\text{C}$) を変化させ、燃焼ガス中の NO_x, H₂, O₂, N₂ 濃度を測定した。

3. 結果と考察

3.1 燃焼ガス中の H₂ 濃度

アンモニア初期濃度 50.1%, 空気比 1.0, 予熱温度 20 $^{\circ}\text{C}$ ~200 $^{\circ}\text{C}$ の条件で、予熱燃焼実験を行い、燃焼ガス中の H₂ 濃度を測定した。実験結果を Fig.1 に示す。Fig.1 より、空燃比 1.0 のとき、燃焼ガス中に H₂ が含まれていたことが分かった。これは、微量の未燃アンモニアが熱分解し、H₂ が生成したと考えられる。更に、予熱温度の増加に伴い、燃焼ガス中の H₂ 濃度が増加した。これは予熱温度の増加に伴い、断熱燃焼温度が上昇し、燃料中の熱分解したアンモニア量が増加したと考えられる。

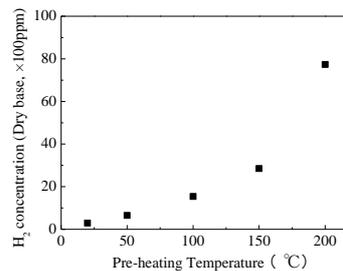


Fig. 1 H₂ concentration at different pre-heating temperature under $x_{\text{NH}_3} = 50.1\%$, $\phi = 1.00$ and $T_w = 200^{\circ}\text{C}$

3.2 燃焼ガス中の NO_x 濃度

上記と同条件で、予熱燃焼実験を行い、燃焼ガス中の NO 濃度を測定した。実験結果を Fig.2 に示す。Fig.2 より、予熱温度の増加に伴い、燃焼ガス中の NO 濃度が増加した。これは Thermal NO_x が増加したと考えられる。

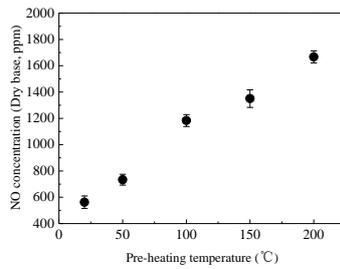


Fig.2 NO_x concentration at different pre-heating temperature under $x_{\text{NH}_3} = 50.1\%$, $\phi = 1.00$ and $T_w = 200^\circ\text{C}$

4. シミュレーション

4.1 アンモニア燃焼シミュレーション

アンモニア燃焼のモデル化:

- ① NH₃-H₂-Air 燃焼反応機構: Miller-Bowman 素反応機構(O, H, N 三つ元素, 18 化学種, 75 個素反応);
 - ② 各化学種熱化学的性質: CHEMKIN モデル;
- アンモニア燃焼シミュレーションは検討中。

4.2 輻射シミュレーション

目的: アルミニウムの溶解・保持は、高温プロセスである。本研究では、燃焼火炎の輻射熱の利用に着目した。しかし、炉の設計などは過去の知見によるところが大きい。そこで、アルミニウムからの輻射強度を定量的に評価し、実炉における設計指針を獲得する。

シミュレーション条件:

- ① 炭素燃料燃焼機構: Multi-steps reaction mechanism(C, O, H, N 四つ元素, 18 化学種, 75 個素反応);
- ② 熱化学的性質: CHEMKIN モデル;
- ③ 輻射モデル: P1 モデル;

メタンとプロパン燃焼のシミュレーション結果を図 3 ~ 図 5 に示す。

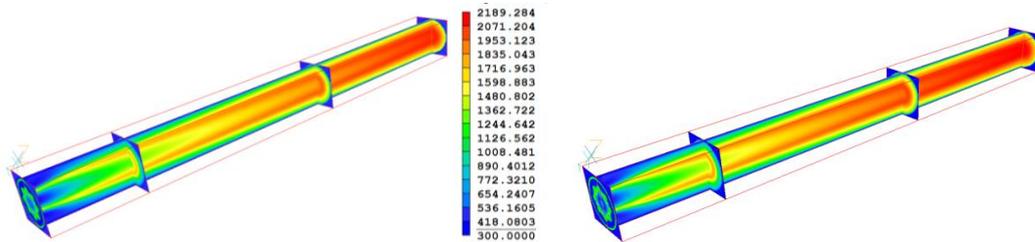


Fig.3 Temperature profile of CH₄-Air and C₃H₈-Air combustion in furnace (K)

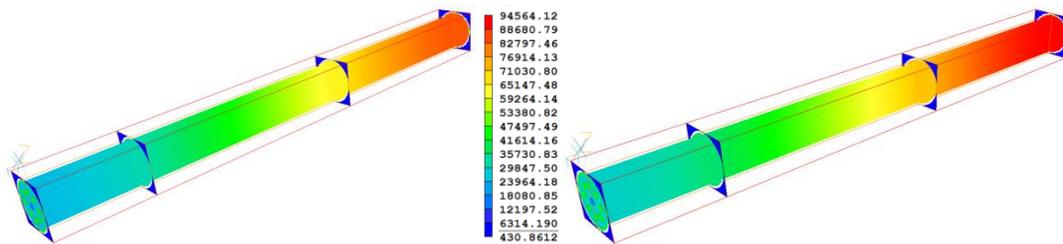


Fig.4 Radiative heat of CH₄-Air and C₃H₈-Air combustion in furnace (W/m²)

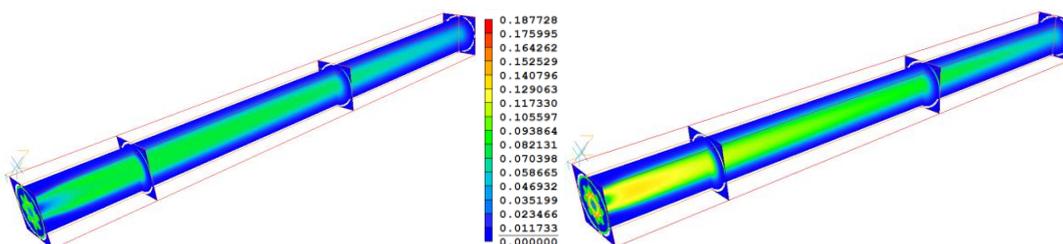


Fig.5 CO mole fraction profile of CH₄-Air Combustion in furnace