

燃焼速度モデルを用いた水素火炎伝播のCFD解析

CFD analysis of hydrogen flame propagation with burning velocity models

*茂木 孝介¹, Nuri Trianti¹, 松本 俊慶¹, 杉山 智之¹, 丸山 結¹

¹原子力機構

本研究では、水素予混合火炎伝播シミュレーションの高度化を目的とし、Turbulent Flame Closure モデルにおける燃焼速度モデルの違いが火炎伝播に与える影響を調査した。

キーワード：水素燃焼、数値流体力学、安全研究

1. 緒言

福島第一原子力発電所事故における水素爆発以降、シビアアクシデント時の水素安全対策への関心が一層高まっている。数値流体力学（CFD）は事故シナリオや事故時の温度・圧力負荷を詳細に予測するツールとして期待されている。予混合火炎のCFDでは近年、Turbulent Flame Closure(TFC)[1]モデルが注目されている。TFCモデルは未燃ガスで0、既燃ガスで1となる反応進行係数で火炎を表現し、その輸送方程式を解くことで計算を簡略化する。しかし、簡略化により定量予測が困難であり、モデルの高度化が求められている。本研究では様々な燃焼速度モデルの違いが火炎伝播に与える影響を調査した。

2. 計算手法と計算結果

ENACCEF2 実験は、欧州技術支援機関ネットワーク (ETSON) の MITHYGENE プロジェクトで実施された水素爆燃ベンチマークテストである[2]。実験装置は、高さ 7.65m、内径 23cm の円筒状密閉容器で、水素と空気の予混合ガスを封入し、装置の下端で着火させる。円筒内に備えられた環状障害物により乱流が発生し、火炎を加速させる。

同実験の解析を目的として OpenFOAM を用いたコード開発を行った。乱流モデルには標準 k-ε

モデルを採用した。進行係数の輸送方程式を閉じるために用いる層流燃焼速度は、希薄水素領域で報告例が少なく、精度保証範囲を超えて用いられることも多い。層流燃焼速度として、Bentaib&Chaumeix (BC) [3]、Verhelst&Sierens(VS) [4]、Ravi&Petersen(RP) [5]を採用して計算を行った。図1に水素濃度 13%の条件に対する火炎面先端の時間発展を示す。どの層流燃焼速度式の結果も実験の傾向をよく再現したが、BC式が実験結果に最も近い結果となった。OpenFOAMに元々実装されているRP式は希薄水素濃度では燃焼速度を過小評価することが分かった。今後は乱流燃焼速度モデルの火炎伝播に与える影響を調査する予定である。

参考文献

[1] Lipatnikov, A. N., & Chomiak, J. (2002). *Prog. Energy Combust. Sci.*, 28(1), 1-74. [2] Bentaib, A., et al. (2018). *NUTHOS-12*, (pp. 14-18). [3] Bentaib, A., Chaumeix, N. (2012). *Tech. Rep., IRSN*. [4] Verhelst, S., & Sierens, R. (2003). *Int. Combust. Eng. Div. Spr. Tech. Conf.* (pp. 35-43). [5] Ravi, S., & Petersen, E. L. (2012). *Int. J. Hydrogen Energy*, 37(24), 19177-19189.

*Kosuke Motegi¹, Trianti Nuri¹, Toshinori Matsumoto¹, Tomoyuki Sugiyama¹, and Yu Maruyama¹

¹JAEA

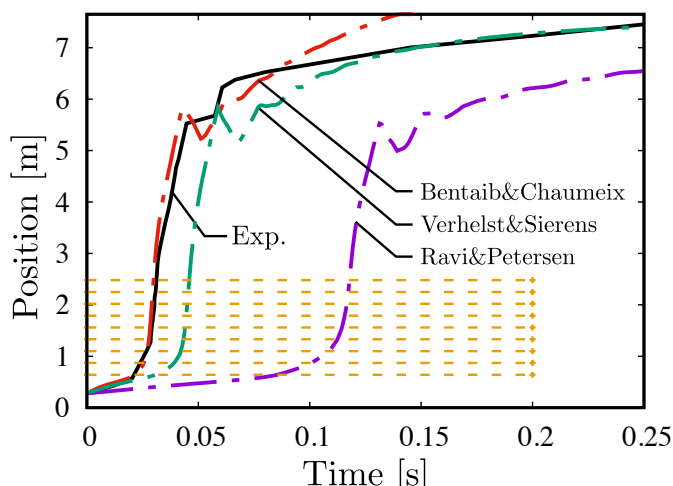


Figure 1. Temporal evolution of the flame trajectories.