

将来輸送システムの研究(空気吸い込み式輸送システム)

報告書番号：R17JG3205

利用分野：研究開発

URL：<https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2017/4313/>

● 責任者

沖田耕一 研究開発部門第四研究ユニット

● 問い合わせ先

小寺正敏 koderam.masatoshi@jaxa.jp

● メンバ

高橋政浩,小寺正敏,福井正明,宗像利彦,高橋正晴,富岡定毅,志牟田晃大,宮浦拓人

● 事業概要

近年,宇宙輸送システムの大幅な低コスト化のために,ロケットの再使用化が考えられている.しかしながら構造寿命を長くするために比較的低いエンジン出力で作動させる必要があり,打ち上げ能力の低下につながる.したがって,それを補う手段として空気吸込み式エンジンであるスクラムジェット及びロケット/スクラム複合サイクルエンジンが有望視されている.大気中の空気を酸化剤として利用することにより高効率となり,再使用化でも打ち上げ能力の維持向上が期待できる.本事業では,同エンジンの実用化に向け鍵となる技術の研究開発を行う.

● JSS2 利用の理由

地上実験によるエンジン設計の問題点として,以下の点が挙げられる.1) 離陸から超高速域までの様々な気流条件を再現するには限界がある.2) 測定値が限られエンジン内部の複雑な3次元流れ構造を把握できない.3) 時間・費用が限られるためエンジン流路形状を容易に変更できない.したがって設計ツールとして3次元CFDの活用が必要不可欠であり,数多くのCFDを効率よく実行するためにスパコンが必要となる.

● 今年度の成果

課題1: 高分子炭化水素熱分解燃料の反応機構簡易化に関し,東北大学と共同研究を昨年度に引き続き実施した.今年度は熱分解後のジェット燃料を模擬したメタン・エチレン混合気に関する簡易反応機構を超音速燃焼器流れを含む燃焼CFD計算に適用し,詳細反応機構を用いたCFD結果との比較による検証を行った(図1).

課題2：過去に行われたエチレンを燃料としたスクラムジェット燃焼器試験に対応した燃焼 CFD を実施し、試験結果との比較により CFD を検証し課題を抽出した。また、解析結果に対する反応機構および乱流シュミット数の影響を評価した（図2,図3）。この他、現在進めているスクラムジェット燃焼器試験に対応した燃焼 CFD を行い、試験結果の理解を支援した。また、次年度製作予定の改良型燃焼器の事前評価 CFD を実施し、流路形状の妥当性を評価した。

課題3：炭化水素燃料の熱分解吸熱特性について、円管を定壁面温度で加熱する試験との比較のために CFD を行った。n-オクタンを題材に、簡略化した熱分解反応機構を乱流モデルを含む RANS 計算に組み合わせ、実験との比較を行った（図4）。反応機構の一部欠落、実験におけるコーキング発生による誤差発生など問題点などが明らかになった。

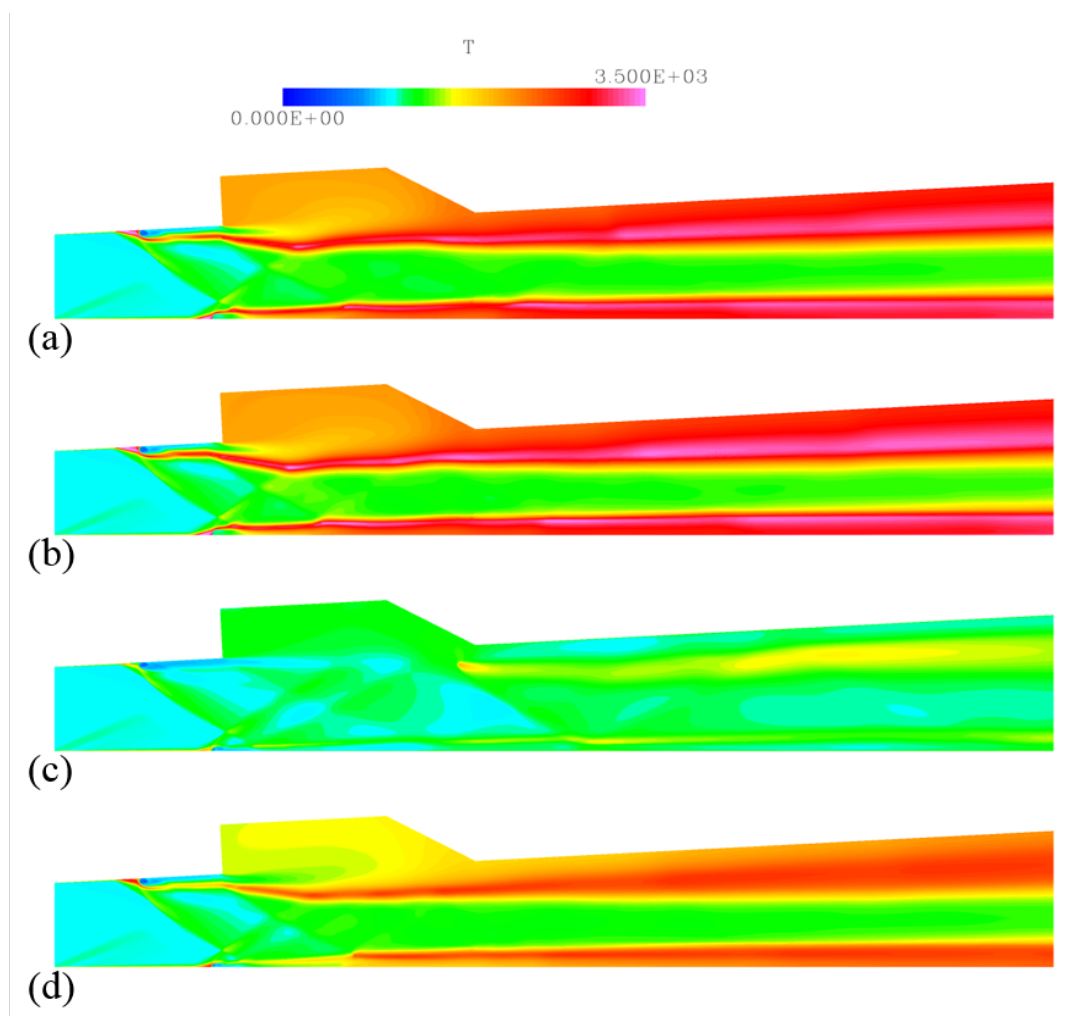


図1 簡易反応機構及び詳細反応機構を用いた結果（超音速燃焼器内温度分布）の比較（(a)-(c) 簡易反応機構, (d) 詳細反応機構）

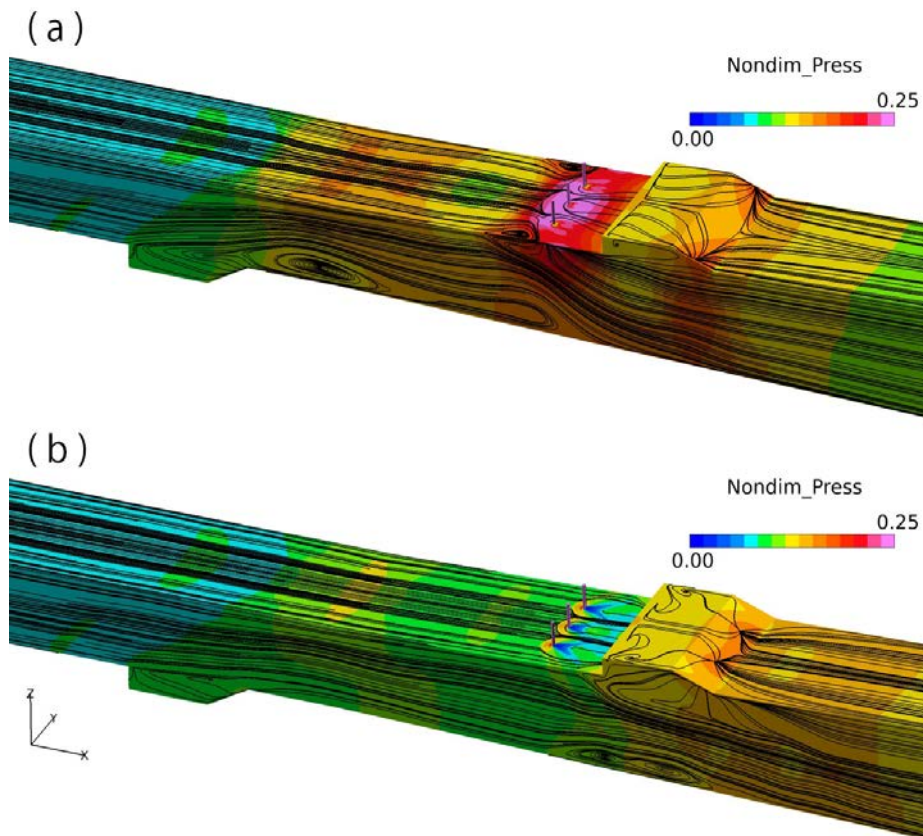


図2 エチレン燃料スクラムジェット燃焼器試験の解析結果(その1) 無次元化した壁圧分布および表面流跡線(乱流シュミット数の影響 (a) $Sct=0.3$ (b) $Sct=0.89$)

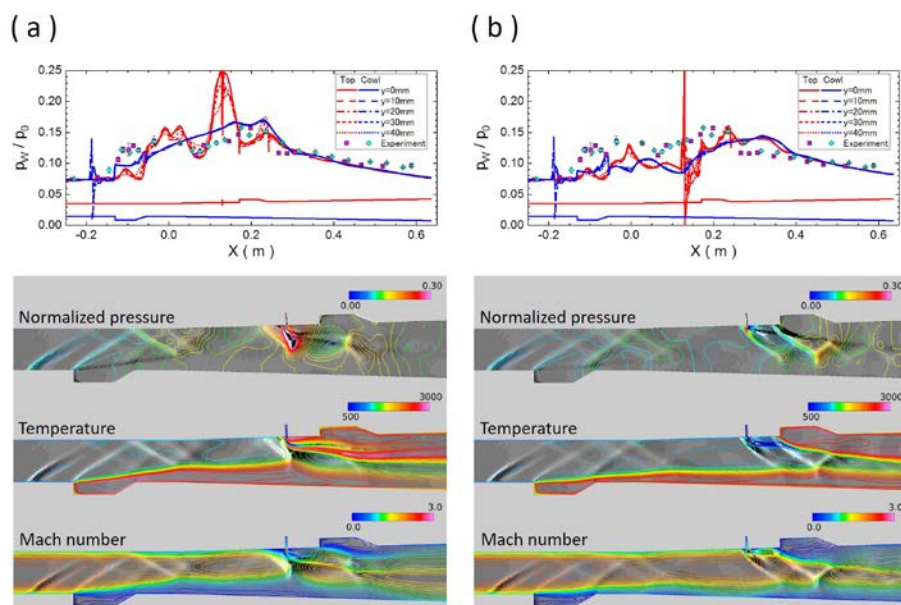


図3 エチレン燃料スクラムジェット燃焼器試験の解析結果(その2) 壁圧分布の比較および2段燃料噴射断面の無次元化静圧/静温/マッハ数分布(乱流シュミット数の影響 (a) $Sct=0.3$ (b) $Sct=0.89$)

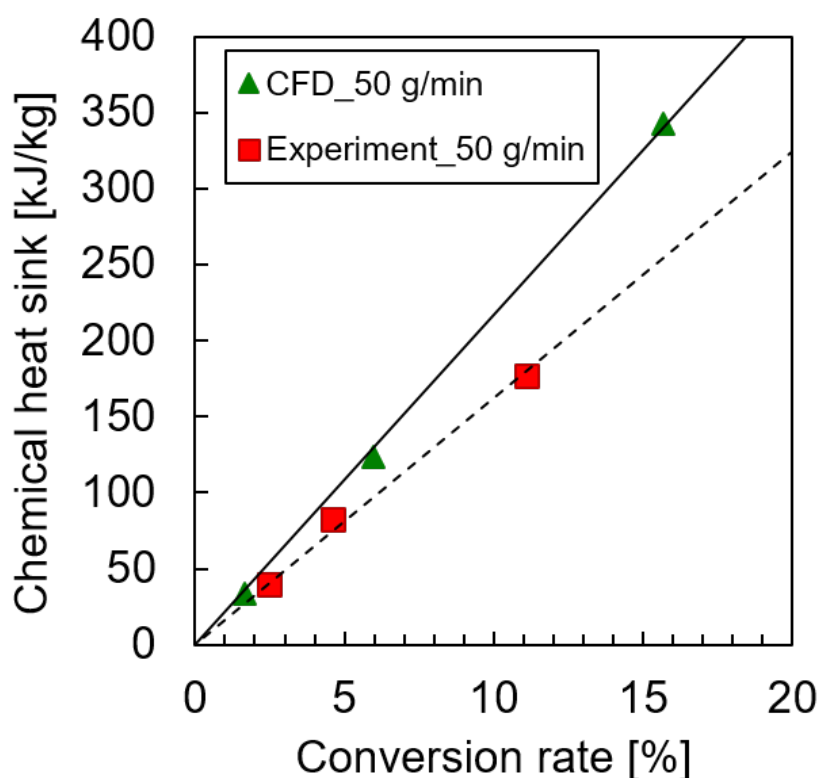


図 4 n-オクタンの分解率と化学的吸熱量の関係を CFD と実験で比較

● 成果の公表

● 査読なし論文

- 1) 小寺,富岡,佐々木,中村,丸田,"メタン／エチレン混合燃料に関する簡易反応機構の超音速燃焼器流れ計算への適用について",日本航空宇宙学会北部支部 2018 年講演会講演論文集, 2018 年.
- 2) 高橋,野島,清水,青野,宗像,"LS-FLOW による炭化水素燃料スクラムジェット燃焼器流れの解析", 第 31 回数値流体力学シンポジウム講演論文集,2017 年.
- 3) 志牟田,"超臨界状態における高分子炭化水素燃料の熱分解吸熱特性に関する研究",東北大学大学院修士論文,2018 年 3 月.

● 口頭発表

- 1) 小寺,富岡,佐々木,中村,丸田,"メタン／エチレン混合燃料に関する簡易反応機構の超音速燃焼器流れ計算への適用について",日本航空宇宙学会北部支部 2018 年講演会,2018 年.
- 2) 高橋,野島,清水,青野,宗像,"LS-FLOW による炭化水素燃料スクラムジェット燃焼器流れの解析", 第 31 回数値流体力学シンポジウム講演論文集,2017 年 12 月.
- 3) 高橋,野島,清水,青野,宗像,"エチレンを燃料としたスクラムジェット燃焼器流れについて", 平成 29 年度宇宙輸送シンポジウム,2018 年 1 月.
- 4) 宮浦,志牟田,大門,富岡,"超臨界状態における炭化水素燃料の熱分解吸熱特性に関する研究",日本航空宇宙学会北部支部 2018 年講演会,2018 年.

● JSS2 利用状況

● 計算情報

プロセス並列手法	MPI
スレッド並列手法	N/A
プロセス並列数	32 - 1280
1 ケースあたりの経過時間	72.00 時間

● 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 1.10

内訳

計算資源		
計算システム名	コア時間(コア・h)	資源の利用割合※2 (%)
SORA-MA	9,220,531.74	1.22
SORA-PP	1,197.46	0.01
SORA-LM	69.74	0.04
SORA-TPP	0.00	0.00

ファイルシステム資源		
ファイルシステム名	ストレージ割当量(GiB)	資源の利用割合※2 (%)
/home	260.80	0.18
/data	6,000.80	0.11
/ltmp	9,765.63	0.74

アーカイバ資源		
アーカイバシステム名	利用量(TiB)	資源の利用割合※2 (%)
J-SPACE	2.88	0.12

※1 総資源に占める利用割合 : 3 つの資源(計算, ファイルシステム, アーカイバ)の利用割合の加重平均

※2 資源の利用割合 : 対象資源一年間の総利用量に対する利用割合