



室蘭工業大学

学術資源アーカイブ

Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive



宇宙推進システムに用いるグリーンプロペラントの 基本特性に関する研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-05-19 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 東, 伸幸 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.15118/00009190

		アズマ ノブユキ
氏 名	東 伸幸	
学 位 論 文 題 目	宇宙推進システムに用いるグリーンプロペラントの基本特性に関する研究	
論 文 審 査 委 員	主 査	教 授 今 井 良 二
		教 授 樋 口 健
		教 授 齋 藤 務
		特任教授 東 野 和 幸
		名誉教授 杉 岡 正 敏

論文内容の要旨

バイオエタノールのサルファアタックとコーキング現象について次のような知見を得た。まず、バイオエタノールに含有する全硫黄の実力値を示した。さらに、通常のバイオエタノールを用いる場合、有意なサルファアタックの影響はないことを示した。また、Inconel はコーキングによる表面粗さの増加があることを示した。そして、熱伝達係数への影響評価から、バイオエタノールは 500K 付近を超えると分解が始まり、熱伝達係数が減少するためエンジン燃焼室の設計において考慮が必要であることを示した。エンジンシステム計算結果から、再使用回数の評価が熱サイクル疲労ではなくコーキングが評価になることを示すとともに、再使用予想回数を定量的に示した。以上より、バイオエタノールを用いる再生冷却エンジンの設計上有益な研究成果を得た。

HAN/AN/メタノール/水の混合溶液の安全性評価に関する基本特性を取得し、次のような知見を得た。毒性に関するリスクアセスメントから、推薬充填作業はヒドラジンよりリスクレベルが低いこと、及び他のグリーンプロペラント候補と同じリスクレベルであることを示した。衝撃感度試験から SHP163 の衝撃感度は他の高エネルギー物質と比べ低いことを示した。熱分解温度計測から、熱分解温度の低下要因と熱分解下限温度の目安を示した。燃焼速度計測から、HAN/AN/メタノール/水の混合溶液の組成中の各成分が燃焼速度に及ぼす影響を示した。以上より、HAN/AN/メタノール/水の混合溶液を用いるモノプロペラントの安全性評価において実用上有益な研究成果を得た。

ABSTRACT

Sulfur attack and coking problem for bio-ethanol have been examined. We obtained field data of total sulfur concentration in bio-ethanol produced in normal process in bio-ethanol plant and found that normal bio-ethanol will not cause the sulfur attack problem. However, we observed the increase of surface roughness because of coking when Inconel was used. Furthermore, we found that a temperature of approximately 500K have to be taken into account for designing a combustion chamber, because bio-ethanol starts to decompose and heat transfer coefficient starts to decrease at around 500K. From the engine system calculation taking into account the effect of coking, we found that the driving factor of the number of times of reusability is not the material cycle fatigue but coking and obtained estimated number of times of reusability. From this study, we obtained beneficial results for designing the regenerative cooled rocket engines by use of bio-ethanol.

Basic properties of HAN/AN/methanol/water mixture solutions were examined for evaluating the safety of the propellant. The risk assessment proved the risk level of the propellant loading operation of HAN is lower than that of hydrazine and as same level as other green propellant candidates. From the large scale gap test (LSGT), we found that SHP163 has low sensitivity compared to other high energetic materials. From the measurement of thermal decomposition temperature, we found the contributing factors for decreasing the thermal decomposition temperature and suggested a rough standard of lower limit of decomposition temperature. From burning rate measurement, the effect of each component in HAN/AN/Methanol/Water mixture onto the burning rate became clear. From this study, we obtained beneficial results for evaluating the safety of this monopropellant.

論文審査結果の要旨

本研究では、環境や人体に優しい燃料としてロケットや宇宙推進機への適用が有望視されている、バイオエタノールおよびHAN（硝酸ヒドロキシルアミン）の化学的特性、熱流動特性が明確にされた。バイオエタノールに関しては再生冷却ロケットエンジンへの適用を想定した冷却流路材料に対する

サルファアタックおよびコーキング特性を明確にされ、これらによる熱流動特性の変化を考慮した再生冷却エンジンのシステム検討を行なった。HANについては、HAN/メタノール/水混合溶液について毒性に関するリスクアセスメント、および衝撃感度特性、熱分解下限温度、燃焼速度に関する実験的計測を実施した。これらの計測結果は、一液式推進器への適用に向けた安全性評価の基礎となるものである。

上記より環境および人体に優しい燃料として、バイオエタノール、HANをロケットエンジン、一液式推進器に対し、適用可能であることを示すことができた。本論文の構成と内容は以下のとおりである。

第1章では序論として、宇宙輸送システムと現状、グリーンプロペラントの現状について述べている。

第2章では研究概要および研究目的を述べている。

第3章では、バイオエタノールの高圧環境下でのサルファアタックおよびコーキング特性の解明につき、述べている。

バイオエタノールのサルファアタックとコーキング現象について次のような知見を得た。まず、バイオエタノールに含有する全硫黄の実力値を示した。さらに、通常のバイオエタノールを用いる場合、有意なサルファアタックの影響はないことを示した。また、Inconelはコーキングによる表面粗さの増加があることを示した。そして、熱伝達係数への影響評価から、バイオエタノールは500K付近を超えると分解が始まり、熱伝達係数が減少するためエンジン燃焼室の設計において考慮が必要であることを示した。エンジンシステム計算結果から、再使用回数の評価が熱サイクル疲労ではなくコーキングが評価になることを示すとともに、再使用予想回数を定量的に示した。以上より、バイオエタノールを用いる再生冷却エンジンの設計上有益な研究成果を得た。

第4章においては、硝酸ヒドロキシルアミン（HAN）の基本特性の解明について述べている。

HAN/硝酸アンモニウム（AN）/メタノール/水の混合溶液の安全性評価に関する基本特性を取得し、次のような知見を得た。毒性に関するリスクアセスメントから、推薬充填作業はヒドラジンよりリスクレベルが低いこと、及び他のグリーンプロペラント候補と同じリスクレベルであることを示した。衝撃感度試験からSHP163の衝撃感度は他の高エネルギー物質と比べ低いことを示した。熱分解温度計測から、熱分解温度の低下要因と熱分解下限温度の目安を示した。燃焼速度計測から、HAN/AN/メタノール/水の混合溶液の組成中の各成分が燃焼速度に及ぼす影響を示した。以上より、HAN/AN/メタノール/水の混合溶液を用いるモノプロペラントの安全性評価において実用上有益な研究成果を得た。

第5章においては、各章で得られた結果に基づいて、本研究の結論をまとめている。

バイオエタノールの高圧環境下でのサルファアタックおよびコーキング特性の解明においては、高濃度硫黄含有時はサルファアタックにより表面粗さが増加すること、またInconelを用いた際にはコーキングにより表面粗さが増加することが解明されたことから、今後エンジン設計指針を決定するには、硫黄分の最大許容含有量の設定やコーティングなどによるコーキング抑制方法の検討など、更なる試験と評価が今後の課題であるとした。

硝酸ヒドロキシルアミン（HAN）の基本特性の解明においては、熱分解温度低下についての詳細メカニズムを同定するためにはさらなる検討が必要であること、線燃焼速度は溶液の成分構成比、圧力、温度、境界面の不安定性など様々な要因により影響を受けるため、線燃焼速度の予測や更に低燃焼速度の溶液を見つけるにはさらなる検討が必要であるとした。

上記成果は、バイオエタノール、HANの化学的、熱流動特性を明確にただけでなく、これらを燃料とした将来型宇宙機の成立性、課題を明らかにしたもので、宇宙推進工学の発展に寄与する部分大きい。これにより、本提出論文は、学位論文として認められると判断した。