

審査の結果の要旨

氏名 小林 芳成

修士（工学）小林芳成提出の論文は、「微小重力環境における固体材料熱分解ガスの点火に関する研究」と題し、全8章から成っている。

国際宇宙ステーションなどの宇宙船内における防火対策として、居住空間に晒される材料はNASAが策定した試験方法に基づき、その燃焼性が評価されている。従来、宇宙環境よりも地上における燃焼性が高いという経験則により、その評価試験は地上で実施されてきたが、近年宇宙環境における燃焼性が地上よりも高い事例を示す研究結果が報告されている。そのため、有人宇宙活動における火災安全性の向上には、燃焼現象に及ぼす重力の影響の把握が必須である。

このような観点から本研究では、微小重力環境における放射加熱による被覆導線火災を想定した、被覆材熱分解ガスの点火挙動に関する基礎的知見を得ることを目的としている。点火特性として、最小点火エネルギー（以下、MIE）と火炎核成長過程に注目し、通常重力環境および微小重力環境におけるそれらの挙動を調査し、その結果を比較することで、点火現象に及ぼす重力の影響の解明を試みている。

第1章は序論であり、宇宙開発史における火災事象と今日における火災対策、およびその対策における懸念事項が述べられた上で、過去の先行研究と対比しながら、本研究の意義と目的について説明されている。

第2章では、電気火花点火とレーザー誘起火花点火の点火特性比較実験を行っている。電気火花点火では、電極間隙によってMIEが大きく変化するのに対し、レーザー誘起火花点火では集光レンズの焦点距離に依らず概ね一定であるという結果に基づき、点火手法の影響を極力排除し、混合気本来の点火特性を調査することが求められる点火実験においては、レーザー誘起火花点火が適切であると結論付けている。

第3章では、微小重力実験方法が述べられている。これまでに利用されてきた微小重力環境実現方法の概要が述べられた上で、本研究で利用した落下塔、および航空機実験手法の詳細が説明されている。

第4章では、アクリル樹脂の熱分解ガスであるメタクリル酸メチルー空気混合気、およびジメチルエーテル（以下、DME）－空気混合気の静止場における点火実験について説明されている。いずれの混合気においても微小重力環境のMIEは通常重力環境に比べて小さく、その差は燃料が希薄になるにつれて拡大することが示されている。また、初期火炎核成長過程において、通常重力環境では浮力に対向して伝播する火炎核下部が十分に成長でき

ず消炎に至る傾向があるが、微小重力環境では浮力の影響が小さくなるため、消炎が抑制されることが示され、これが微小重力環境における MIE の低下の要因であると推察している。

第 5 章では、流動場における DME-空気混合気の点火実験について述べられている。微小重力実験から、10 cm/s 以上の流速条件において、流速の増大とともに MIE は低下し極小値を取った後、増大する傾向が示されている。この傾向は、流速の増大により未燃混合気の火炎核への供給が促進されることで点火性が向上する一方、流動による火炎核の変形による熱損失の増大が火炎核成長を抑制することに起因するものと考察されている。また、通常重力環境において重力方向に対する流速方向が異なる場合の点火実験から、浮力により誘起される自然対流の流速を考慮することで、MIE に及ぼす流速方向の影響を説明できることが示されている。

第 6 章では、通常重力環境におけるポリエチレン被覆導線の燃え広がり挙動実験について述べられている。燃え広がり時の芯線および被覆材の熱電対による温度計測により、高熱伝導率の芯線は、予熱領域ではヒートソースとして、燃焼領域ではヒートシンクとして機能するため、その被覆導線の燃え広がりにおいては、燃焼領域で生じる熔融被覆材の滴下が抑制されることを明らかにしている。

第 7 章では、第 6 章と同様のポリエチレン被覆導線を用いた放射加熱下における点火実験について説明されている。微小重力環境において点火に至る限界酸素濃度は、通常重力環境におけるそれと比べて低く、微小重力環境において点火限界が拡大することが明らかにされている。これは、第 4 章および第 5 章で明らかにされたように、浮力による火炎核成長の抑制効果が減じられたことによるものであることが改めて述べられている。

第 8 章は結言であり、本論文において得られた結果を要約している。

以上要するに、本論文は宇宙船内の防火評価基準に対する学術的な知見を得ることを目的として、点火エネルギーおよび火炎核成長過程の計測結果から、可燃性混合気の点火特性に及ぼす重力の影響を把握するとともに、微小重力環境における被覆導線の点火限界を実験的に明らかにしたものであり、燃焼工学および航空宇宙工学上貢献するところが大きい。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。