

論文の内容の要旨

論文題目 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

氏名 小林 芳成

本論文は、微小重力環境における固体材料熱分解ガスの点火現象の解明を目的として行った複数の微小重力点火実験、そしてそれらの実験結果をもとに点火特性に及ぼす重力の影響について論ずるものである。

今後宇宙開発が進み、有人宇宙活動が盛んに行われるようになったとしても、人命の保護が最重要要件であることに変わりはない。しかし、それを脅かす事象の一つが閉鎖空間の宇宙船内で生じる火災である。国際宇宙ステーションの場合、居住空間には多くの可燃性材料が露出している。そのため、火災発生事象として、可燃性材料が何らかの異常によって温度上昇して熱分解ガスを発生し、それが外的な要因によって点火するという場合が考えられ得る。今日の宇宙開発における火災安全対策として行われている搭載材料の燃焼性評価試験NASA-STD-6001Bには、熱分解ガスの点火性が評価項目に含まれている。しかし、その評価試験は地上の通常重力下で実施されているため、宇宙空間という微小重力下での点火性を適正に評価できているかは定かではない。また、学術的にも微小重力環境において固体材料熱分解ガスの点火現象だけでなく、可燃性混合気の点火現象さえも扱った研究はこれまでにない。そこで、本研究では微小重力環境において熱分解ガスの点火実験を行い、微小重力環境における点火現象を解明することを目的とした。本研究で得られる科学的知見は、現行の燃焼性評価試験の正当性を確認するための材料となり得、今後の有人宇宙活動における火災安全性向上に貢献し得ると思われる。

固体材料熱分解ガスの微小重力環境における点火実験を行う前の最初の過程として、微小重力環境における可燃性混合気の点火実験を行い、重力が点火特性、特に最小点火エネルギーと火炎核成長過程に及ぼす影響を調査した。そして、その結果を踏まえ、微小重力環境においてポリエチレン被覆導線より生成される熱分解ガスの点火実験を行った。本論文では、固体材料熱分解ガスの点火実験を行う過程で実施した微小重力点火実験と熱分解ガス点火実験について述べ、そしてそれら実験で得られた知見をもとに微小重力環境における点火現象について論じた。以下に各章の概要を示す。

第1章では、これまでの宇宙開発史における火災事象と今日の宇宙開発、有人宇宙活動に

における火災対策とその問題点，そして微小重力燃焼の概要について述べ，本研究の目的およびプロセスを示す．

第2章では，電気火花点火とレーザ誘起火花点火の点火特性について述べる．可燃性混合気本来の点火特性を調査するには，点火源による影響を極力抑える必要がある．そこで，点火実験を行うに当たり，二つの点火手法の点火特性を事前に調査・検討し，点火実験に最適な点火手法を選定した．

第3章では，微小重力環境を実現するための現在利用可能な手段について紹介し，本研究で用いた落下塔および航空機について，各々の微小重力環境の再現メカニズムや重力レベルについて述べる．

第4章では，最初の実験として行った微小重力環境における静止可燃性混合気の点火実験について述べる．本実験は微小重力環境における点火現象の基礎的な知見を取得することを目的としている．地上実験の結果と比較することにより，最小点火エネルギーおよび火炎核成長過程に及ぼす重力の影響について考察した．

第5章では，第4章の静止混合気点火実験の発展として行った，微小重力環境における流速をもつ可燃性混合気の点火実験について述べる．先の実験で得られた知見をもとに，重力および流速，そして両者の複合的な影響について考察した．また，通常重力環境において流速の方向を変化させて，流速方向による点火特性への影響についても調査した．

第6章では，筆者がUC Berkeleyにて行ったポリエチレン被覆導線の燃え広がりおよび溶融被覆の滴下挙動に関する研究について述べる．本研究で用いているポリエチレン被覆導線は，次章の熱分解ガス点火実験の実験試料と同様のものである．

第7章では，先の二つの点火実験，そしてUC Berkeleyでの研究を踏まえて行った，微小重力環境における熱分解ガス点火実験について述べる．ポリエチレン被覆導線を外部輻射によって加熱，熱分解させ，その熱分解ガスを微小重力環境で点火した．通常重力環境と微小重力環境それぞれの点火性を調査し，その違いについてこれまでの実験で得られた知見をもとに考察を行った．

第8章では，本研究で得られた微小重力環境における可燃性混合気，そして熱分解ガスの点火現象に関する基礎的な知見をまとめ，今後の課題および将来の展望について述べ，本研究を総括する．