



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	金属導体が内在する円筒固体材料上の火炎燃え拡がりと消炎現象 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	金野, 佑亮
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第14434号
Issue Date	2021-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/81370
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Yusuke_Konno_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 金野 佑亮

学 位 論 文 題 名

金属導体が内在する円筒固体材料上の火炎燃え拡がりと消炎現象

(Flame Spread and Extinction Phenomena over Cylindrical Solid Fuel with Metal Conductor)

本論文は宇宙火災安全性の向上を目的とした基礎研究として電線被覆上の火炎燃え拡がり現象と消炎現象に着目し、各現象に対する心線材質、雰囲気酸素濃度、そして周囲流速の影響について論じるものである。研究の最終目標は、固体材料の難燃性を表す指標の一つである限界酸素濃度と周囲流速の関係を予測する理論モデルを確立し、微小重力環境において実現される低流速条件での電線被覆の難燃性を評価可能にすることにある。この目標を達成することを目指し本研究では、燃え拡がり火炎の火炎長さの推定、固相内の軸方向熱伝導による熱損失機構とそれによって引き起こされる消炎現象の理論的検討、定常燃え拡がり時の心線温度分布に関する実験的検討と理論解析、燃え拡がり速度と限界酸素濃度を予測する理論解析を行った。

本論文で得られた研究成果は今後の有人宇宙プログラムにおける火災安全性の向上に貢献するだけでなく、我々の身近な生活環境においても主な火災発生源となっている電気火災の防火対策に寄与することが考えられる。さらにこのような社会的問題の解決つなげる貢献に加え、燃焼学の微小重力燃焼および固体燃焼の分野の発展に寄与する新たな学術的知見が得られた。本研究は論文題目に示すように電線材料という限定された系に対して答えを与えようとするのではなく、問題を可燃性固体の内部に熱の良導体が存在する場合の固体燃焼と一般化して捉え、得られた成果の適用範囲を広範なものにすることを意識して研究計画が立てられている。例えば3章で紹介する火炎長さに関する実験的検討と理論解析は、電線材料に限定されるものでなく可燃性固体全般の燃え拡がり現象に適用可能な考察を行っている。4章で論じる心線を通した未燃領域への熱伝導による熱損失に関する考察は、多くの燃え拡がり研究では無視される固相のエネルギー保存式を改めて解析することで明らかになった燃え拡がり火炎の本質的な消炎機構を説明するものである。また解析内容は電線材料に限らず様々な燃え拡がり現象に対して応用可能である。5章では燃え拡がり速度の式を導出し、式から得られる定常解の物理的安定性を議論することで燃え拡がり速度と限界酸素濃度の整理を行っている。力学の分野で用いられる分岐理論を応用した解析は燃焼の分野でもよく行われるが、固体の燃え拡がりに適用された研究例は限られている。本論文で提案する燃え拡がり速度と消炎限界を予測する理論的アプローチは、燃え拡がり研究の分野における理論解析に新たな展望を与えるものとなる。5章ではさらに断熱火炎温度の周囲流速依存性を簡潔に再現する新たなモデルを開発した。本モデルは固体の燃え拡がりに限定されず燃焼現象全般の解析に応用可能である。

本論文は6つの章によって構成される。1章は序論であり、前半では約60年にわたる有人宇宙開発の歴史と今後の展望に触れながら、今日の有人宇宙プログラムにおける火災対策や危機管理対策が見直された背景と現在の宇宙火災安全基準が抱える課題についてまとめる。そして筆者が本研究を通じて携わるJAXA主導の新たな宇宙火災安全基準の制定を目指した国際共同研究FLAREプ

ロジェクトの概要を記すとともに、宇宙火災対策を講じる上での燃焼研究の意義について論じる。後半では本研究に関連する古典的研究から最新の研究に至る包括的な説明を行い、本論文で取り組むべき課題そして国内外における本研究の位置づけを明確化し、研究目的をまとめる。2章は実験概要である。使用した実験装置と実験試料の説明、そして実験方法やデータ解析の方法についてまとめる。その後、3章で燃え拡がり火炎の火炎長さに関する実験的検討と理論解析、4章で心線を通した軸方向熱伝導が原因となる熱損失と消炎の関係を論じる理論解析および心線温度分布の計測結果を用いたモデルの妥当性の検証、5章で燃え拡がり速度と限界酸素濃度を推定する理論解析について述べる。最後の6章は結論であり本研究で得られた成果を記して本論文を結ぶ。