



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_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 金野 佑亮

審査担当者 主 査 教 授 藤田 修
副 査 教 授 永田 晴紀
副 査 教 授 大島 伸行
副 査 准教授 橋本 望

学位論文題名

金属導体が内在する円筒固体材料上の火災燃え拡がりと消炎現象
(Flame Spread and Extinction Phenomena over Cylindrical Solid Fuel with Metal Conductor)

将来の長時間有人宇宙活動の拡大に伴い、宇宙船内での火災安全性の確保は最も基本的な課題の一つとなっている。宇宙船内における火災の原因としては、電気系統のショートによる発火とそれに引き続く燃え拡がり为主なものである。現在、国際宇宙ステーション (ISS) をはじめとする宇宙船へ持ち込む材料は、米国航空宇宙局 (NASA) の課す火災安全性基準試験を通過することが要求されている。しかしながら、過去の研究から微小重力場の方が地上よりも材料の燃焼性が高くなる例が報告されている一方で、現在の NASA の火災安全性基準試験は地上で行われるものであり、重力の影響が適切に評価できているとは言えない。このため、重力の影響を考慮した新しい火災安全基準試験の構築とその国際標準化が求められている。

このような観点で、電線材料の燃焼性に及ぼす重力影響を理論的な面から推定可能にすることが極めて重要であるが、電線材料は心線に金属導体が内在し、さらに円筒形状を持つという特徴を有しており、このような系で燃え拡がり速度や消炎限界を理論的に記述することに成功した研究はほとんど存在していない。本論文ではこのような背景のもと、電線材料の燃焼を燃焼学における新しい研究領域と捉え、その燃え拡がりと消炎に関する理論構築と実験的検証を試みたもので、さらにはその成果を宇宙火災安全基準構築へ繋げて行こうとするものである。

第 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論じている。また本研究と関わりの深い日本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プロジェクトの概要を記すとともに、宇宙火災安全対策を講じる上での燃焼研究の意義について述べている。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た。

第 2 章は、実験概要で、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記した。

第 3 章では、燃え拡がり火災の火災長さに関する実験的検討と理論解析を行っている。とくに火災長さに及ぼす周囲酸素濃度、空気流速、試料の形状の影響を求めており、4 章以降で必要となる火災長さの推定式を提示している。本章で示した火災長さの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も適用可能なものである。

第4章では、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を行った。心線を通した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の重要性を改めて示すもので、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。

第5章では、燃え拡がり速度と限界酸素濃度を予測する理論解析について述べている。まず燃え拡がり速度の式を導出し、非線形方程式から得られる固有値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が決定する機構を提示している。さらに、これらの理解に基づいて、電線上燃え拡がり火炎の周囲流速に対する消炎限界酸素濃度の変化を推定することに成功している。

第6章では、全体の総括を行うとともに、今後の研究の課題についても言及している。

以上のように、本論文は電線材料を金属と可燃物が複合する固体材料の代表例とみなしその燃え拡がりおよび消炎現象を実験および理論的な立場から理解を試みたものである。これらの成果は、宇宙火災安全基準の骨格となる基礎的知見を与えるものであり、宇宙環境利用工学および燃烧学の発展に寄与するところ大なるものがある。よって著者は北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。