



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	質量およびエンタルピーを保存する液滴内部分布を考慮した多成分燃料用液滴蒸発モデルの開発と精度検証 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	内藤, 雄心
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第14874号
Issue Date	2022-03-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/85284
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Yushin_Naito_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 内藤 雄心

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

学位論文題名

質量およびエンタルピーを保存する液滴内部分布を考慮した多成分燃料用液滴蒸発モデルの開発と
精度検証

(Development and validation of droplet evaporation model for multi-component fuel considering
internal distributions conserving mass and enthalpy)

噴霧燃焼技術は産業界の様々なアプリケーションで使用されている技術であるが、その複雑性ゆえに、未だに様々な解決すべき課題があるのが現状である。複雑な噴霧燃焼場の特性を明らかにし、噴霧燃焼技術を利用する産業機器の効率改善や有害な排気物質の抑制を目的とした有用なツールとして噴霧燃焼数値シミュレーション技術がある。噴霧燃焼場における液体燃料の燃焼は、液体燃料の微粒化、微粒化した液滴の蒸発、蒸発した燃料成分の燃焼反応、という過程を経る。この中でも、液滴の蒸発は噴霧燃焼特性に大きな影響を与える現象であり、計算精度の高い液滴蒸発モデルを採用することは、高精度な噴霧燃焼数値シミュレーション技術開発において必要不可欠な要素である。しかし、現在利用されている噴霧燃焼シミュレーション用の液滴蒸発モデルは、元々単成分燃料用の液滴蒸発モデルを応用して開発されたものが多く、多成分燃料である実用燃料の液滴蒸発特性を高精度に予測できるモデルは未だ存在しないのが現状である。本研究は、計算精度の高い噴霧燃焼数値シミュレーション用多成分燃料液滴蒸発モデルを開発し、その精度検証を行ったものである。

第1章では、研究の背景について述べ、従来の液滴蒸発モデルの概要について紹介するとともに、本研究の狙いと目的について説明している。

第2章では、本研究で開発した多成分燃料液滴モデルについて説明している。各タイプステップにおいて、非定常質量拡散方程式および非定常熱伝導方程式を解析的に解くことにより、液滴内部の成分濃度分布および温度分布を考慮する従来のモデルをベースとして開発を行っている。本研究では新たに、液滴表面からの有効拡散距離および有効熱伝導距離の概念を導入するとともに、非定常質量拡散方程式および非定常熱伝導方程式に液滴全体の質量保存則およびエンタルピー保存則を導入することにより、計算の高精度化を図っている。また、液滴外部の気相領域の取り扱いでは、多くの液滴蒸発モデルにおいて取り扱いを簡単にするために採用されているエンタルピー保存則と質量保存則のカップリングは行わず、エンタルピー保存則と多成分拡散を考慮した質量保存則をそれぞれ独立に解いている。以上により、液滴内部の質量濃度分布および温度分布を考慮した計算精度の高い多成分燃料液滴蒸発モデルが構築されている。さらに、沸騰モデルおよび過熱モデルも導入することにより、微小液滴が高温の燃焼場に直接噴霧される実用的な条件の計算にも対応しており、実用性の高いモデルとして開発されている。

第3章では、本研究で開発したモデルの精度検証を行うための実験装置および実験方法について説明し、多成分炭化水素燃料液滴の蒸発実験を対象として、本研究で開発したモデルの精度検証を行った結果について説明している。実験装置は液滴蒸発モデルの精度検証用のデータを取得できるように考慮された装置となっており、本研究では実用燃料である分解軽油 (LCO) を4つの成分で模擬した LCO サロゲート燃料液滴の蒸発実験データを精度検証用データとして取得した。精度検証の結果、本研究で開発したモデルにより、LCO サロゲート燃料液滴の蒸発特性を高精度に予測可能であることを明らかにした。

第4章では、エタノールとイソオクタンの混合燃料液滴の蒸発実験を対象として、開発したモデルの精度検証を行った結果について説明している。エタノールは強い極性を持ち、その混合燃料は一般的な炭化水素燃料とは異なる蒸発特性を示し、開発したモデルによるエタノール混合燃料液滴蒸発挙動の予測精度には課題が残ることが示された。

第5章では、本研究の結論を簡潔に述べている。

以上のように、本論文では、液滴内部の成分濃度分布および温度分布が液滴の蒸発特性に与える影響を考慮可能な噴霧燃焼数値シミュレーション用の多成分燃料液滴蒸発モデルの開発を行うとともに、開発したモデルにより実用燃料液滴の蒸発特性を高精度に予測可能であることが示された。開発された多成分燃料液滴蒸発モデルを用いた数値シミュレーションにより、噴霧燃焼技術を取り扱う様々な産業機器の改良や新規開発に貢献することが期待される成果であり、燃焼工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。