

Title	乱流燃焼場の実用的数値予測手法に関する研究
Author(s)	安田, 俊彦
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/46046
DOI	
rights	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

氏名	安田俊彦
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第19082号
学位授与年月日	平成16年12月22日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	乱流燃焼場の実用的数値予測手法に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 香月 正司 (副査) 教授 武石賢一郎 教授 片岡 勲 助教授 赤松 史光

論文内容の要旨

実用燃焼装置向けの数値シミュレーションは、燃焼器開発などに必要な情報を得ることができる手段として産業界におけるニーズは高く、その普遍性、信頼性、経済性向上のための研究の意義は極めて深い。そこで本研究では、現状のコンピュータ資源で実施可能である時間平均化を施した基礎方程式を用いる燃焼のシミュレーションにおいて、各種燃料の燃焼を対象として新しいモデルを提案したものである。具体的には気体燃料としては乱流予混合燃焼に対して乱れ強さの広い範囲で適用できるモデルを提案した。液体燃料としては噴霧燃焼について液滴の速度分布を統計的に取り扱い、液滴の乱流中での拡散効果を考慮できるようにしたモデルを提案するとともに、噴霧燃焼の数値シミュレーションにおける計算負荷低減のため、液滴径分布と噴霧方向分布の分割数低減の検討を行った。固体燃料としてはストーカ式都市ごみ焼却炉について、ごみ層での固形ごみの状態変化を表現するモデルを開発し、ごみ層の状況と気相燃焼の相互作用を考慮して焼却炉全域の状況を予測する計算コードを構築した。そしていずれについても実験結果との対比などにより、その有効性を確認した。

以下に本論文の内容を章別に要約する。

第1章では乱流場のシミュレーションの基礎方程式とその時間平均化法、および乱流モデルについて述べ、燃焼シミュレーションのためにこれまで提案されてきたモデルを、気相の燃焼反応モデル、噴霧燃焼モデル、廃棄物の固定床燃焼モデルを中心にまとめ、本研究の意義と目的を明確にした。

第2章では、乱流予混合火炎について、しわ状層流火炎と分散反応領域火炎に対応する部分からなり、燃焼反応率に対する両者の寄与割合は局所の火炎構造を表現する局所ダムケラ数に依存すると考える乱流燃焼モデルを提案した。ダクト内希薄乱流予混合火炎の実験値をもとにモデルの基本構造や影響因子を検討し、乱れ強さの異なる火炎を的確に予測できることを確認した。

第3章では、乱流場における噴霧燃焼モデルを提案した。このモデルはオイラー方程式で記述される気相と、ラグランジェ方程式で記述される噴霧を、二相間の運動量や熱、物質の交換量を通じて結びつけるモデルを基本とするが、噴霧特有の分布や乱流拡散の影響を統計的に表現するモデルである。このモデルの概念とその有効性を、非燃焼場での実験による検証によって示した。

第4章では、噴霧燃焼の数値シミュレーションにおける計算負荷低減のため、噴霧の初期条件、具体的には液滴径と噴霧方向の選定について、噴霧燃焼状況を再現するという観点から検討を行い、適切な代表値を定めると共に、燃焼負荷や燃焼器形式の影響を確認した。また設定条件数の削減に関して、第3章で提案した噴霧燃焼モデルの有効な

使用法も考案した。

第5章では、ストーカ式都市ごみ焼却炉の燃焼モデルを提案した。このモデルは火格子上的ごみ層をごみ粒子の集合体であると見なし、ごみ粒子の挙動をラグランジュ的に追跡してごみ層全体の状況を表現するとともに、気相燃焼との相互作用を考慮して焼却炉全域の状況を表現するものである。木材チップを模擬ごみとして試験用焼却炉で実施した燃焼実験を対象として本モデルによる計算を実施し、その有効性を示した。

第6章では本論文で得られた結論をまとめた。

論文審査の結果の要旨

実用燃焼装置向けの数値シミュレーションは、燃焼器開発などに必要な情報を得ることができる手段として産業界におけるニーズは高く、その普遍性、信頼性、経済性向上のための研究の意義は極めて深い。本研究では、現状のコンピュータ資源で実施可能である時間平均化を施した基礎方程式を用いる燃焼のシミュレーションにおいて、各種燃料の燃焼を対象として新しいモデルを提案したものである。

以下に本論文の内容を章別に要約する。

第1章では乱流場のシミュレーションの基礎方程式とその時間平均化法、および乱流モデルについて述べ、燃焼シミュレーションのためにこれまで提案されてきたモデルを、気相の燃焼反応モデル、噴霧燃焼モデル、廃棄物の、固定床燃焼モデルを中心にまとめ、本研究の意義と目的を明確にしている。

第2章では、乱流予混合火炎について、しわ状層流火炎と分散反応領域火炎に対応する部分からなり、燃焼反応率に対する両者の寄与割合は局所の火炎構造を表現する局所ダムケラ数に依存すると考える乱流燃焼モデルを考案している。ダクト内希薄乱流予混合火炎の実験値をもとにモデルの基本構造や影響因子を検討し、乱れ強さの異なる火炎を的確に予測できることを確認している。

第3章では、乱流場における噴霧燃焼モデルを提案している。このモデルはオイラー方程式で記述される気相と、ラグランジュ方程式で記述される噴霧を、二相間の運動量や熱、物質の交換量を通じて結びつけるモデルを基本とするが、噴霧特有の分布や乱流拡散の影響を統計的に表現するモデルである。このモデルの概念とその有効性を、非燃焼場での実験による検証によって示している。

第4章では、噴霧燃焼の数値シミュレーションにおける計算負荷低減のため、噴霧の初期条件、具体的には液滴径と噴霧方向の選定について、噴霧燃焼状況を再現するという観点から検討を行い、適切な代表値を定めると共に、燃焼負荷や燃焼器形式の影響を確認している。また設定条件数の削減に関して、第3章で提案した噴霧燃焼モデルの有効な使用法も考案している。

第5章では、ストーカ式都市ごみ焼却炉の燃焼モデルを提案している。このモデルは火格子上的ごみ層をごみ粒子の集合体であると見なし、ごみ粒子の挙動をラグランジュ的に追跡してごみ層全体の状況を表現するとともに、気相燃焼との相互作用を考慮して焼却炉全域の状況を表現するものである。木材チップを模擬ごみとして試験用焼却炉で実施した燃焼実験を対象として本モデルによる計算を実施し、その有効性を示している。

第6章では本論文で得られた結論をまとめている。

以上のように、本論文は乱流燃焼の実用的数値予測手法の確立を目的に、具体的には気体燃料の乱流予混合燃焼に対して乱れ強さの広い範囲で適用できるモデルを提案している。液体燃料としては噴霧燃焼について液滴の速度分布を統計的に取り扱い、液滴の乱流中での拡散効果を考慮できるようにしたモデルを提案するとともに、噴霧燃焼の数値シミュレーションにおける計算負荷低減のため、液滴径分布と噴霧方向分布の分割数低減の検討を行っている。固体燃料としてはストーカ式都市ごみ焼却炉について、ごみ層での固形ごみの状態変化を表現するモデルを開発し、ごみ層の状況と気相燃焼の相互作用を考慮して焼却炉全域の状況を予測する計算コードを構築している。そしていずれについても実験結果との対比などにより、その有効性を確認している。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。