

Title	低ダムケラ数火炎の構造に関する研究
Author(s)	湊端, 学
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3155369
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	みづはら まなぶ 渕 端 学
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 1 4 6 1 5 号
学位授与年月日	平成11年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科機械工学専攻
学位論文名	低ダムケラ数火炎の構造に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 香月 正司 (副査) 教授 高城 敏美 教授 片岡 勲

論 文 内 容 の 要 旨

近年、地球環境問題の観点から、より高効率かつ低有害排出物を実現する燃焼器の開発が求められている。本論文ではそのような背景を踏まえ、高強度乱流場における予混合火炎の火炎構造解明を目的に、光学計測システムを構築し、実験的観察および理論的考察を行っている。本論文の内容は次のように要約できる。

第1章は緒言で、本研究の背景と特徴、そして研究目的について述べている。

第2章では、希薄可燃限界付近の予混合気を用いて、イオン電流値の火炎内ポイント測定と火炎断層像との同時測定を行っている。その測定結果を固定座標系および火炎断層像中の輝度不連続面との相対座標系によって整理することにより、位置が変動する火炎の瞬時構造と統計的平均構造の関係を明らかにしている。

第3章では、第2章で用いた計測法を発展させ、ポイント測定でラジカル自発光、温度および流速を測定する計測システムを構築している。その結果、比較的安価な機器構成であるにもかかわらず、多チャンネル同時計測による乱流火炎構造についての詳細な観察を可能にしている。

第4章では、第3章で開発した計測システムを用いて希薄可燃限界付近の予混合気流に形成される低ダムケラ数火炎の観察を行い、巨視的構造を明らかにしている。その結果、弱い分散反応火炎から伝ば性を持つしわ状層流火炎が現れる過程を明らかにしている。

第5章では、火炎構造の自己相似性に基づいて、第4章で得られた観察結果を火炎の微細構造に拡張し、各構造の出現条件について検討を加えている。その結果、低ダムケラ数場に形成される火炎の微細構造に関して、Borghi ダイアグラム上で超攪拌反応と分散反応に対応する二つのモデルを提案している。

第6章では、火炎構造の分類に必要なパラメータを第4章の実験結果から算出し、ダイアグラム上へプロットすることにより、第5章の考察から導き出された火炎構造が実際の火炎の観察結果と一致することを示している。

第7章では、本研究で得られた結論を総括している。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

低ダムケラ数場に形成される火炎の構造については、それが主として小スケールの高強度乱流場に形成されること

から、実験的に構造を観察することが困難であった。そこで、本研究では希薄な乱流予混合気流を用いることにより、比較的大スケールで乱れ強さの弱い流れ場にダムケラ数の小さな火炎を形成し、これを観察対象としている。さらにポイント測定と同時にポイント測定点を含む火炎断層像をも同時に記録することにより、ポイント測定の結果を火炎面との相対位置に関連づけて解釈することを可能にし、火炎構造を詳細に観察するとともに、その結果にもとづいて低ダムケラ数場に形成される火炎について火炎構造モデルを提案している。その主な成果は以下のとおりである。

- (1) 主流に可燃範囲内の予混合気を供給した場合に見られる火炎は、主流未燃混合気流のすぐ外側に薄い反応面を持つが、可燃範囲外の希薄予混合気を供給した場合に見られる火炎は、主流未燃混合気と高温パイロット流との混合層のやや高温パイロット流側に中心を持つ、広がった反応帯を形成することを示している。
- (2) 反応強度の強い薄い反応面と反応強度の弱い広がった反応帯との遷移領域では、化学反応と流れの相互作用の結果、火炎構造の変化はわずかな化学反応特性時間の差で起こることを明らかにしている。
- (3) ポイント計測の結果を、ポイント測定位置と火炎断層像中の境界との相対位置によってコンディショナルサンプリングして整理することにより、乱流中における火炎の位置的変動の影響を排除した火炎構造を観察することができることを示している。
- (4) 主流が希薄可燃限界に近い可燃混合気の場合、バーナ基部から直ちに伝ば火炎が発生するのではなく、最初は主流予混合気と高温パイロット流のせん断混合層内に分散反応的な反応帯が形成されることを示している。
- (5) 主流予混合気流と高温パイロット流との混合層中に伝ば火炎が出現する際、伝ば火炎面は混合層の中央付近から出現し、伝ば火炎が出現する位置よりパイロット流側の混合層内では分散反応的な反応帯が存在すること、さらに成長した伝ば火炎は混合層内の主流予混合気側境界に移動し、一般的なしわ状層流火炎の様相を示すようになるが、このとき伝ば火炎背後のパイロット流側には分散反応域は存在しないことを示している。
- (6) 熱理論から希薄可燃限界以下の予混合気に対する層流燃焼速度、火炎帯厚みを導出し、火炎構造ダイアグラム上でその構造を分類するとともに、低ダムケラ数火炎の構造について、スケールのちがいに基づいて提唱した2つの火炎構造モデルが観察結果とよく一致することを示している。

以上のように、本論文は乱流予混合火炎構造に関して、新たな計測技術やデータ解析法を適用することにより、極めて有用な知見を得ており、燃焼工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。