The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	旋回を伴う希薄予混合火炎の動的挙動に関する研究
Author(s)	市川, 雄一
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/55914
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　　市川　雄一　　）	
論文題名	旋回を伴う希薄予混合火炎の動的挙動に関する研究

論文内容の要旨

本論文は，以下の6章で構成されている．

第1章では，我が国において火力発電が果たしている役割の重要性とその将来性および問題点から，ガスタービンの高効率化の必要性を述べた．そして，高効率化に付随して問題となるNOx排出量の増加を低減すべく用いられる希薄予混合燃焼において，逆火現象が引き起こす問題の深刻さと現象の複雑さから火炎の動的挙動を解明する重要性を述べた．

第2章では，ガスタービン実機の燃焼器をモデル化した中心閉鎖型燃焼器と逆火抑制を目的とした中心開放型燃焼器における火炎挙動について明らかにした．まず，燃料濃度場と流れ場のそれぞれが火炎挙動に与える影響を考察した結果，速度の時間変動が小さい領域に火炎が存在したため，火炎挙動には燃料濃度場よりも寧ろ流れ場が顕著な影響を及ぼすことを示した．その後，流れ場と火炎挙動の相互関係を考察し，中心閉鎖型燃焼器では火炎先端よりも上流側において，高温であるにも関わらず火炎の自発光が確認できない“紐状予熱帯”の存在を明らかにした．（“紐状予熱帯”は旋回を伴った流れ場に限らず，これまでのあらゆる研究においてその存在すら確認されたことがない．）そして，“紐状予熱帯”生成のメカニズムとして，火炎先端付近における火炎伸張による消炎と火炎の熱によってラセン状となった旋回流の渦糸が熱のみを上流側へ輸送したことを挙げた．

第3章では，火炎挙動に与える旋回強さの影響について考察を行った．高旋回場では，旋回流の周方向速度の変化に伴って軸方向速度も変化し，火炎が追従することが明らかとなった．一方，低旋回場では，火炎先端付近の渦構造の変化によって軸方向速度が変化し，火炎挙動に影響を与えることを示した．

第4章では，“紐状予熱帯”生成のメカニズムとして挙げた火炎先端における火炎伸張による消炎について，その発生の有無を定量的に表すカルロビッツ数の算出を行った．火炎温度分布から得た乱流予混合火炎の予熱帯厚さを利用してカルロビッツ数を算出したところ，火炎伸張による消炎が発生する基準を満たしていることが明らかとなり，“紐状予熱帯”生成メカニズムの妥当性を示した．

第5章では，逆火抑制の手段として旋回流の旋回強さを時間的に変化させることを提案し，変化に要する時間特性の違いによって非定常性の強弱を設定し火炎挙動に及ぼす影響を明らかにした．

最後に第6章にて，本研究から得られた知見について総括した．

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　市川雄一　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	准教授	吉田 憲司
	副 査	教授	赤松 史光
	副 査	教授	芝原 正彦
	副 査	教授	小宮山 正治 （岐阜大学）

論文審査の結果の要旨

ガスタービン高効率化と排出ガス抑制の両立のため、産業用ガスタービンの一部では旋回を伴う希薄予混合燃焼が採用されはじめている。予混合燃焼では従来の拡散燃焼と比較し排出ガス抑制の効果がある一方、火炎の安定範囲が狭く、予混合気中を火炎が伝播するため逆火や吹き消え現象が生じやすく解決すべき課題である。旋回流中の火炎伝播は流れ場と燃焼場が非定常的に複雑に相互干渉する現象であることから未解明な部分が多い。本論文は、旋回を伴う流れ場における希薄予混合火炎を対象とし、高い時間・空間分解能を有する高度なレーザー計測手法により燃料濃度分布と流速分布ならびに火炎位置の非定常同時計測に成功し、火炎の逆火ならびに吹き消え過程における火炎の非定常挙動に及ぼす燃焼器の構造の影響、旋回強さの影響について定量的に議論し明らかにしている。加えて逆火過程における「紐状予熱帯」の発現を初めて見出すと共に、その構造と発現機構ならびに逆火抑制における役割を明らかにしている。併せて逆火抑制手法として旋回強さを時間的に変化させることを提案しこの場合の火炎の動的挙動について明らかにしている。本論文の具体的な成果は以下のように要約される。

(1) 旋回を伴う希薄予混合火炎に対し LIF-PIV 同時計測により、燃料濃度分布ならびに流速分布が火炎の動的挙動に与える影響として、低速領域が燃焼器中心軸近傍に存在する流れ場では燃料濃度分布に非定常的なむらができる一方で火炎が安定的に存在するが、速度分布が一様な流れ場では燃料濃度分布が均一であり火炎の位置と形状が安定しないことを示している。加えて火炎の動的挙動に影響を与える主要因が流速分布であることを合理的に示している。

(2) 時系列 PIV ならびに時系列ステレオ PIV 計測により、低速領域が存在する流れ場で火炎先端の上流部に紐状予熱帯が発現することを初めて見出している。さらに旋回流の渦心の歳差運動に伴い紐状予熱帯も三次元的な回転運動をしていることを捉えその構造と動的挙動を明らかにするとともに、紐状予熱帯が媒体となり火炎先端の熱が上流の未燃ガスに供給され浮力が発生し下流側の鉛直上向き速度が誘起されることで、逆火を抑制し火炎を安定させる効果があることを明らかにしている。

(3) レイリー散乱法による火炎温度分布計測を併せて行い局所温度勾配を得てカルロビッツ数を用いて評価することで、紐状予熱帯の発現機構として火炎先端部で現れる強い速度勾配により火炎伸張を受け局所消炎に至ることが要因であることを明らかにしている。

(4) 空気比の増加に頼らない逆火抑制手法として旋回強さを時間的に変化させることで実現することを提案し、この場合の流れ場の応答と火炎挙動の詳細を時系列 PIV 計測により実験的に明らかにしており、本手法による逆火抑制の実現につながる知見を得ている。

以上のように、本論文は予混合燃焼場における流れ場と燃焼場の非定常相互干渉とそれに伴う現象を解明することに成功し有用な知見を得ており、その成果の学術的および工学的価値は高い。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。