



Title	ガスタービン用予混合炎型低NOx燃焼器に関する研究
Author(s)	萬代, 重實
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/39748">https://hdl.handle.net/11094/39748</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏名	萬代重實		
博士の専攻分野の名称	博士(工学)		
学位記番号	第 12520 号		
学位授与年月日	平成 8 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	ガスタービン用予混合炎型低NO <sub>x</sub> 燃焼器に関する研究		
論文審査委員	(主査) 教授 水谷 幸夫 教授 城野 政弘    教授 北川 浩    教授 三宅 裕 教授 世古口言彦    教授 花崎 伸作    教授 稲葉 武彦 教授 高城 敏美    教授 香月 正司		

### 論文内容の要旨

1600K 級高温ガスタービンを主機とするコンバインドプラントの発電効率は 48% (HHV) 以上にも達し、ボイラと蒸気タービンから成る在来火力の発電効率 42% (HHV) を大幅に上回るようになっている。このようなコンバインドプラントは、経済性と CO<sub>2</sub> 低減の観点から重要となり、ミドル火力発電プラントに多用されてきている。しかし、ガスタービンを新設するためには、10ppm 以下という非常に厳しい NO<sub>x</sub> 規制を満足する必要がある、低 NO<sub>x</sub> 燃焼器と排煙脱硝装置を併用して対処している。

本論文は、このような背景のもとに行った、1600K 級の高温ガスタービン用予混合炎型低 NO<sub>x</sub> 燃焼器の研究成果についてまとめたものであり、7 章からなっている。

第 1 章は緒言で、研究の背景ならびに関連する従来の研究について概説し、研究の目的、研究方針および構成を述べている。

第 2 章では、各種燃焼装置で実用されている低 NO<sub>x</sub> 燃焼法について検討し、ガスタービン用低 NO<sub>x</sub> 燃焼器としては、拡散火炎のパイロットバーナで燃焼安定性を維持しつつ、大半の燃料を希薄予混合火炎のメインバーナで燃焼して低 NO<sub>x</sub> 化を計るハイブリッド燃焼方式が好ましいことを明らかにしている。

第 3 章では、燃焼限界と NO<sub>x</sub> 限界の狭い条件で動作するための空気バイパスシステムと燃料の段階制御からなる燃焼システム、ならびに低 NO<sub>x</sub> 燃焼器の空気配分、燃料配分および具体的形状、寸法の基本計画を行っている。

第 4 章では、基本計画にもとづき予混合ノズルおよび燃焼器を試作し、その流動・混合状況について数値計算と実験での検討を行っている。そして、予混合ノズル形状および燃焼器形状の最適化を計っている。

第 5 章では、予混合炎型低 NO<sub>x</sub> 燃焼器で問題となる振動燃焼に関する基礎実験結果について考察している。そして高流速、高乱流場の火炎形態と内圧変動の相関について研究するとともに、内圧変動低減対策を立案し実験で検証している。

第 6 章では、予混合炎型低 NO<sub>x</sub> 燃焼器を試作し、大気圧燃焼実験、実圧燃焼実験と実機検証を行っている。そして、1600K 級の 701F ガスタービンで NO<sub>x</sub> 21ppm (O<sub>2</sub>16%換算) を達成し、成功裏に検証を終えている。

第 7 章では、本論文で得られた結果を総括している。

## 論文審査の結果の要旨

経済性と CO<sub>2</sub> 低減の観点から 1600K 級高温ガスタービンを主機とする高効率コンバインドプラントがミドル火力発電プラントに多用されてきているが、プラントを新設するためには非常に厳しい NO<sub>x</sub> 規制を満足する必要がある。

本研究はこの厳しい要求に対処するために NO<sub>x</sub> 25ppm を目標として行った高温ガスタービン用予混合炎型低 NO<sub>x</sub> 燃焼器の研究開発に関するもので、世界的にも最初の成功例となっている。

主な成果を要約すると次の通りである。

- (1) NO<sub>x</sub> 生成に関する基礎研究からの知見と、ボイラ、ガスインジンなど工業的に実用されている幅広い低 NO<sub>x</sub> 燃焼法との両面から検討を行い、ガスタービン用低 NO<sub>x</sub> 燃焼器としては、拡散火炎のパイロットバーナと希薄予混合火炎のメインバーナから成るハイブリッド燃焼方式が好ましいという結論を導いている。
- (2) 幅広い条件範囲で作動するガスタービンに対して、低 NO<sub>x</sub> でかつ安定燃焼するために、空気バイパスシステムと燃料の段階制御からなる燃焼システム、ならびに低 NO<sub>x</sub> 燃焼器の基本計画を行っている。これらは低 NO<sub>x</sub> 燃焼を実現するためには当然かつ不可欠のことといえるが、従来に例を見ないものを具体化、実用化していることに価値があり、数多くの工業所有権も得ている。
- (3) 予混合ノズルおよび燃焼器の流動・混合状況について数値計算と実験により検討を行い、各形状の最適化を計っている。混合に関しては、流動状況に大きく依存することもあり、研究例が少なく技術的に確立されているとは言い難いが、本研究では流動・混合状況について検討し、短い距離で燃料と空気を混合させることに成功を収めている。
- (4) 予混合炎型低 NO<sub>x</sub> 燃焼器では振動燃焼が大きな課題となっており、その実用化を困難にしている。そこで本論文では、高流速、高乱流場の火炎形態と内圧変動の相関についての研究を行い、断面燃焼負荷率が高くなると振動を起しやすいという傾向を明らかにしている。従来燃焼形態と振動燃焼の相関について明確にしたものはなく、今後定量化を行っていく必要があるが、本研究は工学的にも工業的にも興味深い結果を得ている。
- (5) 予混合炎型低 NO<sub>x</sub> 燃焼器を試作し、大気圧燃焼実験、実圧燃焼実験ならびに実機検証を行っている。そして、1600K 級 701F ガスタービンで NO<sub>x</sub> 21ppm (O<sub>2</sub>16%換算) を達成し、成功裏に検証を終えている。

以上のように、本論文は基本計画から要素研究と燃焼実験を通して多くの知見を得るとともに、世界にさきがけて高性能の高温ガスタービン用予混合炎型低 NO<sub>x</sub> 燃焼器の開発に成功しており、燃焼工学と燃焼技術の発展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。