OUKA
Osaka University Knowledge Archive

| | |
|---|---|
| Title | Development and Research of Combustors for Energy Equipment : Stirling Engine, Fuel Cell, and Residential Heater |
| Author(s) | 小関, 秀規 |
| Citation | 大阪大学, 2004, 博士論文 |
| Version Type | |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/44670 |
| 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">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。 |

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

| | |
|---|---|
| 氏名 | 小関秀規 |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士（工学） |
| 学位記番号 | 第 18251 号 |
| 学位授与年月日 | 平成16年1月23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 | Development and Research of Combustors for Energy Equipment : Stirling Engine, Fuel Cell, and Residential Heater<br>（エネルギー機器（スターリングエンジン、燃料電池、暖房機）における燃焼器の開発研究） |
| 論文審査委員 | （主査）<br>教授 高城 敏美<br>（副査）<br>教授 香月 正司　教授 片岡 勲 |


## 論文内容の要旨

熱エネルギーの大部分を燃焼に依存している現代社会では、その高効率利用と低公害化が重要である。

本研究は、高効率・低公害のエネルギー機器として期待されるスターリングエンジンならびに燃料電池の熱源となる旋回流燃焼器に関し、スターリングエンジン用燃焼器では、高効率化のための熱解析と排気中の窒素酸化物（$NO_x$）低減について、また燃料電池用燃焼器では、水蒸気改質反応の燃料となるアノードオフガスの火炎安定限界と燃焼排気中 $NO_x$、CO 特性を明らかにしている。また、暖房機に対しては実用予混合燃焼器での着火時の逆火についてその現象を明らかにし、その信頼性向上に資するものである。

Chapter 1 では、研究の位置付け、研究の目的、論文の構成、概要について記述している。

Chapter 2 では、エンジン効率向上のための外部加熱システム熱解析結果の妥当性と熱設計の有用性、断熱構造の重要性を示している。また低 $NO_x$ 化のため、排気再循環法（EGR）はその技術的単純さから三元触媒法に勝ること、EGR 時の $NO_x$ の活性化エネルギーは Zeldovich NO のそれに非常に近いことを示している。

Chapter 3 では、低 CO 排出（CO＜100 ppm）条件下で、$NO_x$ 排出濃度を抑えることができる最適なバーナとエンジン高温熱交換器間距離が存在すること、燃焼空気旋回強度を大きくすることと高温燃焼ガスの滞留時間が短くなる急拡大型バーナスロート形状を選定することで $NO_x$ を低減できることを示している。

Chapter 4 では、前章の低 $NO_x$ 燃焼器に EGR を追加することで、低 CO 排出を満足させつつ $NO_x$ 排出濃度を 40 ppmV（$O_2$＝0%）にできること、希薄予混合燃焼では低 CO のまま約 20 ppmV（$O_2$＝0%）まで問題なく低減できることを示している。

Chapter 5 では、燃料電池改質器用低カロリーガス燃焼器の火炎吹き飛び時のダムケラー数をアレニウスプロットに準じて整理することで、燃焼量、ウォッベ指数によらず反応物濃度の積/保炎器出口流速の比がほぼ一定値となること、$NO_x$ 排出濃度は最大でも約 20 ppmV（$O_2$＝0%）と低く、その活性化エネルギーは prompt NO のそれに非常に近いことを明らかにしている。

Chapter 6 では、消炎直径よりも小さな直径の小孔を持つ逆火防止多孔板を装着した実用予混合燃焼器における着火時の逆火に関し、着火遅れ時間と燃焼室ピーク圧力に相関があり、燃焼室ピーク圧力が大きい時に逆火が発生すること、逆火発生の有無は炎孔から流出した予混合気の着火用放電アークまでの流動に強く依存すること、逆火時に燃

焼室から予混合室に燃焼生成物が逆流し、その熱エネルギーは逆火防止板での熱損失を考慮しても点火に充分な大きさであることを明らかにしている。

Chapter 7 では、本論文で得られた成果を総括している。

## 論文審査の結果の要旨

高効率・低公害のエネルギー機器として期待されるスターリングエンジンならびに燃料電池の熱源となる旋回流燃焼器に関する研究をおこなっている。スターリングエンジンでは高効率化のための熱解析と排気中の窒素酸化物（$NO_x$）低減について、燃料電池では、水蒸気改質反応の燃料となるアノードオフガスの火炎安定限界と燃焼排気中の $NO_x$、CO 特性を明らかにしている。また、暖房機に対しては実用予混合燃焼器での着火時の逆火についてその現象を明らかにしている。得られた結果を要約すると以下の通りである。

(1) エンジン効率向上のための外部加熱システム熱解析結果の妥当性と熱設計の有用性、断熱構造の重要性を示している。また低 $NO_x$ 化のため、排気再循環法（EGR）はその技術的単純さから三元触媒法に勝ること、EGR 時の $NO_x$ の活性化エネルギーは Zeldovich NO のそれに非常に近いことを示している。

(2) 低 CO 排出（CO＜100 ppm）条件下で、$NO_x$ 排出濃度を抑えることができる最適なバーナとエンジン高温熱交換器間距離が存在すること、燃焼空気旋回強度を大きくすることと高温燃焼ガスの滞留時間が短くなる急拡大型バーナスロート形状を選定することで $NO_x$ を低減できることを示している。

(3) 前述の低 $NO_x$ 燃焼器に EGR を追加することで、低 CO 排出を満足させつつ $NO_x$ 排出濃度を 40 ppmV（$O_2$＝0%）にできること、希薄予混合燃焼では低 CO のまま約 20 ppmV（$O_2$＝0%）まで問題なく低減できることを示している。

(4) 燃料電池改質器用低カロリーガス燃焼器の火炎吹き飛び時のダムケラー数をアレニウスプロットに準じて整理することで、燃焼量、ウォッベ指数によらず反応物濃度の積/保炎器出口流速の比がほぼ一定値となること、$NO_x$ 排出濃度は最大でも約 20 ppmV（$O_2$＝0%）と低く、その活性化エネルギーは prompt NO のそれに非常に近いことを明らかにしている。

(5) 消炎直径よりも小さな直径の小孔を持つ逆火防止多孔板を装着した実用予混合燃焼器における着火時の逆火に関し、着火遅れ時間と燃焼室ピーク圧力に相関があり、燃焼室ピーク圧力が大きい時に逆火が発生すること、逆火発生の有無は炎孔から流出した予混合気の着火用放電アークまでの流動に強く依存すること、逆火時に燃焼室から予混合室に燃焼生成物が逆流し、その熱エネルギーは逆火防止板での熱損失を考慮しても点火に充分な大きさであることを明らかにしている。

以上のように、本論文はスターリングエンジンならびに燃料電池における高効率、低公害のための燃焼器の設計指針を示し、また、暖房機の燃焼器での着火時の逆火についてその現象を明らかにしたものであり、燃焼工学の分野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。