



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	誘電体バリア放電支援予混合バーナー火炎における高エネルギー電子の役割に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	財満, 和典
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第11887号
Issue Date	2015-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58599
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Kazunori_Zaima_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 財満 和典

審査担当者 主 査 教 授 佐々木 浩一
副 査 教 授 越崎 直人
副 査 教 授 藤田 修
副 査 特任教授 板垣 正文

学位論文題名

誘電体バリア放電支援予混合バーナー火炎における高エネルギー電子の役割に関する研究
(Studies on the role of high-energy electrons in premixed burner flame assisted by dielectric barrier discharge)

ガス温度が室温程度であるにも関わらず、電子温度が数 eV とガス温度より二桁程度高い非平衡プラズマは、電子衝突解離過程により生成される化学反応性の高いラジカルを大量に含み、ガスの加熱無しに化学反応プロセスを活性化する特異な反応場として広く研究されている。従来、非平衡プラズマは減圧環境で生成されたが、最近、大気圧においても非平衡プラズマを生成する様々な方法が開発され、新しい応用分野が開拓されている。そのひとつに、非平衡プラズマで生成されるラジカルを利用して燃焼化学反応を活性化しようという取り組みがあり、プラズマ支援燃焼と呼ばれるプラズマ科学と燃焼科学の学際分野が形成されつつある。

プラズマ支援燃焼では、例えば、自動車エンジンを希薄燃焼化することにより走行燃費を向上させるとか、含水難燃性バイオマス燃料の燃焼を実現するとかの応用が検討され、自動車エンジンの希薄燃焼では大型の国家プロジェクトも行われたが、そこでは実エンジンへの適用およびプラズマ生成部材の耐久性改善などに研究の重点が置かれた。一方、基礎研究では、バーナー火炎の吹き消え特性に対するプラズマの効果などが調べられている。しかしながら、プラズマによる燃焼特性改善の大元であるはずの高エネルギー電子の効果に立ち戻ってプラズマ支援燃焼の基礎過程を調べようとする研究は現状では著しく不十分である。

このような中であって、本論文は、大気圧非平衡プラズマの一種である誘電体バリア放電が生成する高エネルギー電子が燃焼化学反応にどのような変化を与えるかに焦点を絞って行われた実験研究の成果を報告している。

第 1 章は序論であり、本研究の背景について述べ、本研究の目的および意義を明らかにしている。

第 2 章では、本研究で用いた実験装置および測定方法についてまとめている。

第 3 章では、誘電体バリア放電の放電繰り返し周期に比べて十分長い時間にわたる積分的実験結果に基づき、予混合バーナー火炎の燃焼速度と高エネルギー電子の量との間にユニークな関係を見出している。誘電体バリア放電の重量によりガス温度に変化が生じていないことを確かめ、燃焼速度の増加が高エネルギー電子の量で制御されることを示す実験結果から、誘電体バリア放電の供給する高エネルギー電子の非平衡効果が燃焼化学反応を活性化していると結論している。

第 4 章では、誘電体バリア放電の放電繰り返し周期の間を時間分解し、予混合バーナー火炎先端部の形状変化を調べている。火炎形状の時間変化から、燃焼速度は時間変化を有しており、時刻に

よって通常火炎より遅い燃焼速度が見られることを示し、その結果から、高エネルギー電子によって誘起された高反応性酸化種の密度がオーバーシュートを伴って時間変化している可能性を示唆している。

第5章では、キャビティリングダウン吸収分光法を用い、誘電体バリア放電が重畳された予混合バーナー火炎中の OH ラジカル密度の絶対値を測定し、その値が放電によって生成されると期待される OH 密度より桁違いに高いことを示している。

第6章では、誘電体バリア放電の放電繰り返し周期の間を時間分解し、OH ラジカル密度、OH ラジカルの発光強度、および、励起状態 OH ラジカルの回転温度などの時間変化を調べている。OH ラジカル密度は誘電体バリア放電による間欠的な高エネルギー電子の供給にตอบสนองしないことから、OH ラジカル密度の増加は高エネルギー電子による燃焼化学反応活性化の結果の一つであって原因では無いとしている。一方、高エネルギー電子の間欠的供給にตอบสนองして回転温度の低い励起状態 OH ラジカルが化学反応によって生成されることを見出し、文献調査の結果から、それを CHO と O 原子の反応によるものと推測している。以上の結果から、高エネルギー電子の効果による燃焼化学反応活性化の起源を酸素分子の解離による O 原子の生成に求めている。

第7章では、O 原子密度の時間変化を測定した結果を報告している。O 原子密度は、余熱帯と呼ばれる火炎の部位において高エネルギー電子が供給される時刻に特徴的に増減し、高エネルギー電子の供給にตอบสนองすることを示している。また、O 原子の人工的添加が着火遅れ時間を早めるという化学反応計算の結果を示し、第6章で推測した燃焼化学反応活性化に対する O 原子の寄与は妥当であって、それは特に余熱帯において重要であると結論している。

第8章では、本研究の成果を総括し、今後の展望を述べている。

以上述べたように、本論文は、プラズマ支援燃焼における高エネルギー電子の役割に焦点を絞り、その基礎過程の一部を実験的に明らかにしたものである。得られた成果は学術的な重要性を有するだけでなく、プラズマ支援燃焼装置の設計および動作条件の選定に関する指針を与えている。よって、著者は北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。