

(続紙 1)

京都大学	博士 (エネルギー科学)	氏名	汐除 明
論文題目	電界および放電が燃焼反応に及ぼす影響に関する研究		
(論文内容の要旨)			
<p>近年、温室効果ガス排出削減に向けて、水素やアンモニアなどの非炭化水素系燃料を活用することが期待されている。これらの燃焼特性は従来のもので大きく異なるために、それらに対応した燃焼制御の手法を確立することが重要である。なかでも、反応を促進するために非平衡プラズマを活用する方法が有効であると言われているが、その燃焼に及ぼす影響は熱、化学反応および輸送の3つの経路が複雑に絡み合っていることから未解明の点が多い。本論文ではこの中でもとくに非平衡プラズマが燃焼過程における化学反応に及ぼす影響について実験的・解析的に明らかにしようとするものである。</p> <p>まず、第2章では、電界が伝播火炎の挙動に及ぼす影響について衝突流バーナを用いて実験的に検討を行った。衝突淀み点に形成される伝播火炎に直流電界を印加した際の火炎形状変化を CH^* 自発光を可視化することにより明らかにした。これにより火炎位置とイオン風の関係性を調べるとともに、電界電圧による層流燃焼速度の変化について考察を行った。その結果、電界の極性にかかわらず火炎は流れ場の下流方向に移動すること、電界により反応領域と推定される領域が未燃側に広がることなどを明らかにした。</p> <p>つづく第3章では、アンモニアの層流燃焼速度に対する非平衡プラズマの影響を電離分子を考慮した数値解析により明らかにした。すなわち、非平衡プラズマにより改質されたアンモニア予混合気の火炎伝播速度を数値解析により検討した結果、非平衡プラズマによる改質過程で生じた H、O 原子から生成される OH ラジカルによって、低温におけるアンモニアの分解が促進することがわかった。</p> <p>さらに第4章では、アンモニア予混合気に非平衡プラズマを加えた際の着火反応に及ぼす影響をプラズマ反応解析コードに燃焼反応の動力学計算コードを組み合わせることにより明らかにした。これにより、電界の印加時間の増加に伴い、非平衡プラズマ反応によって生成される酸素から生じる O 原子およびアンモニアから生成される H 原子によって着火反応に要する時間が低減することを明らかにした。</p> <p>第5章では、予混合気をナノ秒繰り返しパルス放電により点火する過程について、非平衡プラズマの発生に伴って酸素原子が発生し、自着火に至ると仮定して、化学反応機構を用いて解析した。これにより、放電周波数が点火過程に及ぼす影響を明らかにした。とくに、反応過程で生成する酸素原子の消費経路について考察を行い、着火遅れ時間の周波数依存性を決定する要因を明らかにした。</p> <p>以上、本研究では非平衡プラズマが燃焼過程における化学反応に及ぼす影響について、</p>			

とくに生成したイオンの流動およびプラズマ反応によって生じた活性化学種が燃焼反応に及ぼす影響に注目して検討した。これらの結果により、着火あるいは点火過程のみならず、火炎伝播過程において従来とは異なる燃焼制御の可能性を示した重要な知見が得られたと考えられる。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

近年、温室効果ガス排出削減に向けて、水素やアンモニアなどの非炭化水素系燃料を活用することが期待されている。これらの燃焼特性は従来の燃料と大きく異なるために、燃焼制御の一つの手法として非平衡プラズマを活用することが有効である。しかし、その燃焼に及ぼす影響は熱、化学反応および輸送が複雑に絡み合っていることから未解明の点が多い。本論文ではこの中でもとくに非平衡プラズマが燃焼の化学反応に及ぼす影響について実験的・解析的に明らかにしようとするものである。

まず、第2章では、電界が伝播火炎の挙動に及ぼす影響について実験的に検討を行った。伝播火炎に直流電界を印加した際の火炎形状変化を CH^* 自発光可視化により明らかにした。これにより火炎位置とイオン風の間関係を調べるとともに、電界電圧による層流燃焼速度の変化について考察を行った。第3章では、アンモニアの層流燃焼速度に対する非平衡プラズマの影響を明らかにした。すなわち、非平衡プラズマにより改質されたアンモニア予混合気の火炎伝播速度を数値解析により検討し、改質により生じた H 、 O 原子から生成される OH ラジカルによって、低温におけるアンモニアの分解が促進することを明らかにした。つづく第4章では、アンモニア予混合気に非平衡プラズマを加えた際の着火反応に及ぼす影響を反応動力学計算により明らかにした。これにより、電界の印加時間の増加に伴い、非平衡プラズマ反応によって生成される O 原子およびアンモニアから生成される H 原子によって着火反応に要する時間が低減することを明らかにした。さらに第5章では、予混合気をナノ秒繰り返しパルス放電により点火する過程について、非平衡プラズマの発生過程を考慮した化学反応機構を用いて解析した。これにより、放電周波数が点火過程に及ぼす影響を明らかにした。とくに、反応過程で生成する酸素原子の消費経路について考察を行い、着火遅れ時間の周波数依存性を決定する要因を明らかにした。

以上、本研究は、非平衡プラズマが燃焼過程における化学反応に及ぼす影響について実験的および解析的に検討を行ったものであり、ここで得られた結果は従来とは異なる燃焼制御の可能性を示した重要な知見であると考えられる。よって本論文は博士(エネルギー科学)の学位論文として価値あるものと認める。また、令和6年2月21日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。

論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文の全文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降