

(続紙 1)

京都大学	博士 (エネルギー科学)	氏名	Sopheak Rey
論文題目	Study on the SI-CI Combustion and the Spontaneous Ignition of Hydrogen Jets using a Rapid Compression/Expansion Machine (急速圧縮膨張装置を用いたSI-CI燃焼および水素噴流自着火に関する研究)		
(論文内容の要旨)			
本論文は、低排出ガスで高い熱効率を期待できる新燃焼コンセプトとして、予混合圧縮着火（HCCI）燃焼およびアルゴン循環型水素エンジンに注目し、試作した急速圧縮膨張装置（RCEM）を用いて各燃焼過程を実験的に調査した結果をまとめたもので、6章からなっている。 第1章の緒論では、エネルギー資源の確保と地球温暖化防止の観点からエンジン熱効率向上の重要性を述べるとともに、水素の優れた燃焼特性を活用してガソリンHCCIエンジンの高効率化および直接噴射式圧縮着火水素エンジンの実現を目指す2つの新しい燃焼コンセプトを提案している。さらに、それらの燃焼方式について、これまで行われてきた基礎研究の動向と得られた知見をまとめるとともに、新しい燃焼コンセプト実現の可能性について検討し、本研究の目的と取り組むべき内容を提示している。 第2章では、本研究で用いたRCEMの構成および特徴を示すとともに、本研究における実験の方法と対象とした実験条件について示している。RCEMは単筒エンジンを改造して独自に設計・製作したもので、容器内に生成した混合気をシリンダ内へ導くと同時にピストンをモータ駆動し、容器とシリンダ間で混合気を往復させて濃度の均一化を図った後に吸気弁を閉じ、単行程の圧縮・膨張を実現する。吸気弁閉時期による実圧縮比の調節や、混合気充填量・混合気温度を独立に可変制御できるという特徴を持つ。実験では、上死点近傍の適切な時期に火花点火あるいは水素燃料噴射を行い、その後の着火・燃焼過程を燃焼室内圧力経過ならびに高速度撮影観察により調べる。これにより、種々の温度・圧力・酸素濃度の雰囲気条件におけるエンジン内での燃焼を模擬できることを示し、燃焼解析の方法について検討している。 第3章では、オクタン価基準燃料の希薄混合気に水素を混合し、火花点火による火炎伝播過程にエンドガスを自着火させるSI-CI燃焼の成立要件ならびに燃焼特性について、急速圧縮膨張装置を用いて実験的に調査している。実験結果に基づき、この燃焼方式が熱発生時期と熱発生速度の制御に有効で、熱効率の向上と低NOx・低未燃率を達成する可能性があることを実証し、この燃焼を実現するための混合気条件を明らかにしている。 第4章では、圧縮比と混合気当量比の異なる条件において、炭化水素燃料のオクタン価と水素混合比を変化させて試験した結果、SI-CI燃焼は低オクタン価の燃料にHCCI燃焼の条件より若干多い適度な量の水素を混合した条件で			

成立するものの、それ以上に水素を混合すると火炎伝播により燃焼が完結すること、圧縮比を高めて温度を上昇させた条件では、火炎伝播が完了する前に自着火を起こしやすく、比較的高いオクタン価の燃料についてもSI-CI燃焼が成立することを示している。さらに、火花点火時期の変更を含む各条件で得られた燃焼特性値を燃焼形態ごとに比較することによって、SI-CI燃焼はHCCI燃焼に比べて急激燃焼を抑えつつ高い燃焼効率を確保できることを明らかにしている。

第5章では、飛躍的な熱効率の向上を目指すアルゴン循環型水素エンジンの最適運転条件の指針を得るため、アルゴン・酸素からなる高温高圧場に噴射した水素噴流を対象とし、混合気形成と着火・燃焼過程を実験的に調べている。急速圧縮膨張装置を用い、圧縮比、吸気圧力（充填密度）、酸素濃度、噴射時期、噴射圧力、ノズル噴孔、等、種々の条件において水素噴射量を変更して実験を行い、噴流の発達、着火遅れ、燃焼経過を調査・解析した結果、圧縮比10の条件でも吸気混合気温度が360K以上あれば水素噴流は自着火し、噴射時期および噴射率により熱発生率を制御できること、酸素濃度が減少すると着火遅れはわずかに増加するものの圧力上昇率の低い静粛な燃焼が得られること、着火遅れの短い条件では噴流の発達とともに明るい火炎の領域が拡大すること、などを示している。

第6章の結論では、本研究で得られた成果を要約し、基礎実験のために試作開発した急速圧縮膨張装置を用いて予混合気および水素噴流の自着火・燃焼過程を基礎的に調査した結果をまとめて示している。とくに、水素を利用した新たなエンジン燃焼コンセプトを提案し、エンジン熱効率向上の可能性を実験的に明らかにしたことの意義および今後の展開についてまとめている。

(論文審査の結果の要旨)

本研究は、低排出ガスで高い熱効率を期待できる新燃焼コンセプトとして、予混合圧縮着火燃焼およびアルゴン循環型水素エンジンに注目し、試作した急速圧縮膨張装置を用いて各燃焼過程を実験的に調査したもので、得られた主な成果は次のとおりである。

1) オクタン価基準燃料の希薄混合気に水素を混合し、火花点火による火炎伝播過程にエンドガスを自着火させるSI-CI燃焼の成立要件ならびに燃焼特性について、急速圧縮膨張装置を用いて実験的に調査した。実験結果に基づき、この燃焼方式が熱発生時期と熱発生速度の制御に有効で、熱効率の向上と低NO_x・低未燃率を達成する可能性があることを実証し、この燃焼を実現するための混合気条件を明らかにした。

2) 圧縮比と混合気当量比の異なる条件において、炭化水素燃料のオクタン価と水素混合比を変化させて試験した結果、SI-CI燃焼は低オクタン価の燃料にHCCI燃焼の条件より若干多い適度な量の水素を混合した条件で成立するものの、それ以上に水素を混合すると火炎伝播により燃焼が完結すること、圧縮比を高めて温度を上昇させた条件では、火炎伝播が完了する前に自着火を起こしやすく、比較的高いオクタン価の燃料についてもSI-CI燃焼が成立することを示した。さらに、火花点火時期の変更を含む各条件で得られた燃焼特性値を燃焼形態ごとに比較することによって、SI-CI燃焼はHCCI燃焼に比べて急激燃焼を抑えつつ高い燃焼効率を確保できることを明らかにした。

3) 飛躍的な熱効率の向上を目指すアルゴン循環型水素エンジンの最適運転条件の指針を得るため、アルゴン・酸素からなる高温高圧場に噴射した水素噴流を対象とし、混合気形成と着火・燃焼過程を実験的に調べた。急速圧縮膨張装置を用い、圧縮比、吸気圧力(充填密度)、酸素濃度、噴射時期、噴射圧力、ノズル噴孔、等、種々の条件において水素噴射量を変更して実験を行い、噴流の発達、着火遅れ、燃焼経過を調査・解析した結果、圧縮比10の条件でも吸気混合気温度が360K以上あれば水素噴流は自着火し、噴射時期および噴射率により熱発生率を制御できること、酸素濃度が減少すると着火遅れはわずかに増加するものの圧力上昇率の低い静粛な燃焼が得られること、着火遅れの短い条件では噴流の発達とともに明るい火炎の領域が拡大すること、などを示した。

以上、本研究は水素を利用した新たなエンジン燃焼コンセプトを提案するとともに、基礎実験のために試作開発した急速圧縮膨張装置を用いて予混合気および水素噴流の自着火・燃焼過程を調査・解明しており、その成果は将来のエンジン熱効率の向上に大きく貢献するもので、得られた知見は学術上、實際上、寄与するところが少なくない。

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、平成22年8月25日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。

論文内容の要旨及び審査の結果の要旨は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。特許申請、雑誌掲載等の関係により、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