

養成技術者の研究・研修成果等

1. 養成技術者氏名： 小 林 茂 己 印
2. 養成カリキュラム名：低温高密度燃焼及び酸素噴射追加による新燃焼システムの研究
3. 養成カリキュラムの達成状況
予定された研究開発業務を完了しております。
養成技術者としての期間に完了した主要研究開発項目は下記のとおりです。
 - (1) 設定温度を 300K～600K に制御可能な高気密燃焼実験装置の新規設計
 - (2) 高気密燃焼実験装置の部品手配，組み立ておよび調整
 - (3) 防爆構造を持った燃料攪拌タンクの設計と製作
 - (4) 極細線式熱電対(最小 25 ミクロン)の製作技術習得
 - (5) 極細線式熱電対を用いた燃焼室内計測用局所温度計(2線式熱電対)の設計・製作
 - (6) 温度検定用の急速圧縮装置による2線式熱電対による計測原理の確認
 - (7) 2線式熱電対を燃焼室内計測に適用するための計測精度の向上法調査・検討
 - (8) 熱電対と周囲ガスの伝熱シミュレーションおよび計測精度向上への要件検討
 - (9) 定容燃焼容器内における断熱火炎温度および燃焼ガスの平衡組成の数値計算
 - (10) 2線式熱電対による時定数推定法改善に関する考案と精度確認
 - (11) 燃焼実験装置に局所温度計を設置しての燃焼高温場の計測実証実験
 - (12) 燃焼容器内における炭化水素系燃料の自着火試験および自着火領域確認
 - (13) 燃焼実験装置へのエンジン内視鏡の取付け設計および組み込み
 - (14) 伝播火炎到達前の未燃領域に自着火およびノックを生成する手法の確立
 - (15) 未燃領域における自着火およびノックの圧力・局所温度・可視化による同時観測実験
 - (16) 混合気の温度・圧力経過をパラメーターとした自着火およびノック実験および解析

4. 成果

4-1. 研究の目的

内燃機関の熱効率と排出ガス性能を高い次元で調和させる取り組みの中で，自着火制御の役割は本質的に重要であることから，混合気の自着火現象を解明しようとする研究が進んでおります。特に，火花点火方式で発生する自着火はノックの問題として早くから研究の対象とされてきました。近年の自着火研究は主として急速圧縮機(RCM)や衝撃波管を利用することで成果を挙げており，ノックに関しては低速ノック先行で解明が進んできました。今後，高速ノックを含めた自着火研究を行うためには，急速圧縮による研究の他に，実機のように自着火誘導期に伝播火炎が共存する条件下での研究を平行して行う必要があると考えられます。

ところが，ピストン圧縮を用いた実験では容易にノックを起こすことができる反面，RCMの場合では上死点圧力を維持した状態で伝播火炎を併用したノックを起こすことは装置の強度や安全性を損なう危険があります。また，実機や急速圧縮膨張機(RCEM)を用いた場合は，自着火現象を観察する際にピストン降下による圧力変化の影響を取り除くことが難しくなります。

そこで，本研究では定容燃焼器内に起こした火炎伝播によって混合気を自着火またはノックさせる実験に取り組み，その成果である本手法を用いて自着火およびノックに関する基礎的研究を行っています。また，不均一であると言われる未燃部内の温度場は圧力計測による平均的温度では，現

象理解やシミュレーションとの比較が困難であると考え、二線式熱電対による局所温度計の製作と計測法の改善を行って瞬間温度の計測を行って参りました。この温度計に用いる熱電対には応答性と耐久性が同時に要求されるため、耐久性の許容内で最小の線径を選定する必要があります。この点に関し、可動部がない定容燃焼器を用いた自着火発生手法は、応答性がよい細線熱電対の耐久性確保のためにも有利となります。一方、未燃部の可視化にはエンジン内視鏡(エンドスコープ)を使用し、伝播火炎が最後に到達する領域で高感度高速ビデオによる自発光観測と局所温度計測を同時に行っております。

本研究では、定容燃焼室内に実機同様の自着火又はノックを発生させ、これに至るまでの混合気の局所的な温度、圧力および自発光画像を同時観測することにより、新燃焼システム制御のために重要な自着火およびノック発生に関する研究を行っております。

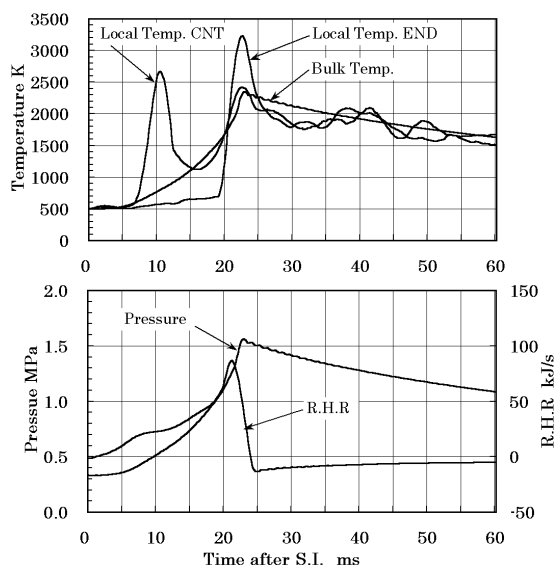
4-2. 研究開発業務の概要と成果

◎自着火およびノックの局所温度・可視化観測による本研究結果の要点

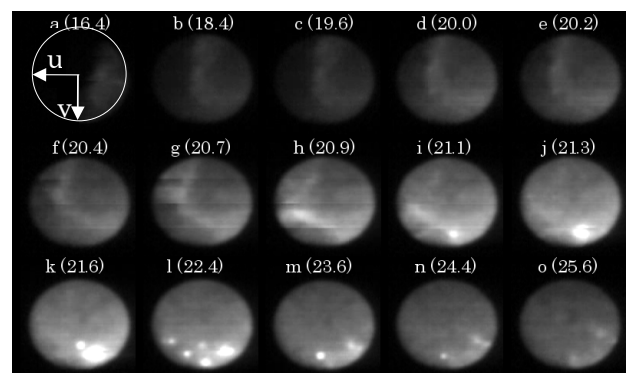
本研究では燃焼室温度(307K~518K)を制御することによってn-ペンタン混合気の初期温度を変化させ、自着火誘導期に伝播火炎が存在する条件下でエンドガスの自着火およびノック観測を行いました。局所温度・圧力・自発光を同時計測し解析を行った結果、次の点を明らかにしました。

本研究では混合気の初期ガス温度が373K以上の場合に未燃混合気末端部で自着火が発生する。圧縮開始から未燃ガスが自着火するまでの温度経過に沿って積分した値を経過時間で除した平均ガス温度では450K以上の場合に自着火が単独で発生し、平均ガス温度582K~598Kでノックが発生する。ピストン圧縮を用いた自着火発生方法では自着火がノックと分離して観測されることは少ないが、本研究装置では自着火を明瞭に分離して観測することができた。また、平均ガス温度580K~600Kになると、ガス温度と自着火発生時刻との間に、従来研究で知られる『負の温度領域』に類似した関係が見られることが分かった。

また、ノック振動が観測された平均ガス温度範囲においてもノック振動の発生は確率的であって、自着火のみが観測される場合もあるが、ノック振動が観測される場合は自着火時刻が相対的に早い傾向がみられる。このことから可視化画像にみられたような複数のホットスポットが互いに温度を



ノック時の局所温度・圧力経過



定容燃焼器に再現されたノックの高速ビデオによる可視化画像

高めあうなどして自着火時期が早期化した場合に、自着火による燃焼割合が高まってノックが生じている可能性がある。

4-2. 研究成果の利用分野

◎予混合圧縮着火(HCCI)機関をはじめとする新燃焼方式

自着火やノックを実験的に再現可能として行った本研究は、内燃機関の高効率化を阻むノックや窒素酸化物の生成を抑えながら高い熱効率を実現できる燃焼方式として注目される予混合圧縮着火機関などの新燃焼方式研究への応用が考えられます。

◎在来式ガソリン・ディーゼル機関

ガソリン機関のノック制御は高効率化、低公害化のために重要であるため、本研究成果はこれらの機関の研究・開発にも応用性が高いと考えられます。

◎高温変動場(例えばロケット燃焼、ガスタービンなど)での温度計測技術

本研究用に開発した局所温度計は空間分解能、時間分解能を高い次元で両立させた温度センサとして気体・液体を含む多様な流体の温度計測に応用可能と考えられます。自立的な起電力発生によって温度精度が高い熱電対を用いており、瞬間的な現象であれば燃焼高温場での連続計測が可能です。本研究では瞬間的な高温変動場を計測しておりますが、計測温度範囲は 3500K に達し、0.2ms の時間分解能で計測しております。時間分解能は熱電対出力の計測装置の設定によりさらに高めることが可能です。また、本研究で同時に開発した時定数算出法は従来計測困難とされた密閉系で起こる急激な温度変化を計測することが可能であるため、これまで熱電対を用いることができなかった分野における精度の高い計測に適用可能と考えられます。

5. 成果の対外的発表等

(1) 論文発表(論文掲載済、または査読済を対象。コピーを添付。)

現在の所、掲載又は査読済みとなっておりますが、平成 15 年度 3 月に日本機械学会へ論文投稿しております。

表題：『二線式熱電対を用いた燃焼室内局所ガス温度計測法の開発』

(2) 口頭発表(発表済を対象。予稿集のコピーを添付。)

i) 講演会名：日本機械学会関東支部講演会 第 8 期総会講演

発表テーマ：主題『予混合気の自着火燃焼に関する研究』

副題『定容容器内の燃焼場ガス温度測定』

講演日：平成 14 年 3 月 15 日に発表を行いました。

ii) 講演会名：第 17 回内燃機関シンポジウム 日本機械学会・自動車技術会共催

発表テーマ：主題『定容容器を用いた予混合自着火に関する研究』

副題『局所ガス温度と圧力が自着火に及ぼす影響の検討』

講演日：平成 14 年 10 月 9 日に発表を行いました。

iii) 講演会名：自動車技術会秋季学術講演会

発表テーマ：主題『定容容器を用いた予混合自着火に関する研究』

副題『自着火に及ぼす局所ガス温度と圧力の影響』

講演日：平成15年9月17日に発表を行いました。

(3) 特許等（出願番号を記載）

出願案件…1件