

【160】

氏名	濱本嘉輔
	はまもとよしすけ
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第281号
学位授与の日付	昭和44年5月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	ニサイクルガソリン機関におけるガス交換および燃焼に関する実験的研究

論文調査委員 (主査) 教授 大東俊一 教授 長尾不二夫 教授 佐藤 俊

論文内容の要旨

この論文はニサイクルガソリン機関のシリンダ内ガス交換および燃焼に関し著者独自の開発になる種々の新しい方法を用いて実験的に研究を行なった結果をまとめたもので、緒言、五章、結言からなっている。

緒言においては本研究の目的とその概要を述べている。

第一章では、吸気管、掃気通路、排気管およびシリンダ内におけるガスの流動速度を測定することを目的として、著者が新しく開発したガス流速測定法の詳細と、これを応用して上記各所における流速測定を行なった結果について述べている。このガス流速測定法は、放電路が気流により下流に移動する現象を利用し、放電路が一定距離だけ移動する時間をデジタル的に測定することにより速度を求めようとするものである。まず、放電路の移動が、ガス温度、圧力、乱れの強さに影響なく流速のみによって変化することを定常流に対して実験により詳細に吟味すると共に、内燃機関において実現されるような脈動するガス流速の測定に充分利用できることを検討した後、この測定方法を応用して、ニサイクル機関の吸気過程中における吸気管内速度を測定し、吸気管内における慣性効果、脈動効果、気化器における絞り抵抗の影響などを明らかにし、また、シリンダ内ガス流速が掃・排気管におけるガス振動に影響されることを指摘し、更に、吸気孔開閉時期を変えた実験から、給気量に対して慣性効果を最も有効に利用する吸気孔開閉時期について論じている。ついで、機関の加速中における吸入空気速度を測定した結果から、過渡期間中の給気比は定常運転時における同一の回転速度、絞り弁開度のときの値とほとんど変わらないことを確めている。

第二章では、燃焼前後におけるシリンダ内ガスおよび排気の組成について述べている。一般に燃焼ガス組成は多くの成分間の化学平衡を仮定して計算されるが、ガソリン機関におけるシリンダ内燃焼ガス中では必ずしも化学平衡は成立しないと考えられる。定積容器内におけるプロパン空気の均一混合気の燃焼ガスについてその組成を調査した結果、温度が急激に低下するとき、水性ガス反応は約 1700°K において平

衝が固定されることを明らかにした。このことは二サイクルガソリン機関の燃焼ガスにおいては定積容器内におけるほど明瞭ではないけれども、ほぼ 1700°K 以下では組成の変化は極めて小さいことを指摘している。更に、シリンダ内において燃焼前に存在する燃焼ガス濃度が20~30%程度の範囲で変化しても燃焼ガス組成はあまり影響をうけないこと、また、点火時におけるシリンダ内新気はほぼ均一に分布していること等を明らかにしている。

第三章では、二サイクル機関の掃気性質について述べている。シリンダ内を新気と燃焼ガスとが混合して存在する領域と、混合しない領域とに区分し、掃気過程をモデル化して考え、掃気効率、給気効率におよぼす給気比、燃焼ガス温度などの影響について論じ、その結果を実機および一回掃気実験装置による結果と比較検討している。この結果、掃気効率はガス温度の影響を顕著にうけるが給気効率はその影響をほとんどうけていないことを指摘している。この事実から、異なる温度条件における掃気実験結果を給気効率によって比較評価することが合理的であることを示している。更に、ガス抽出法により実機の掃気性質を評価する場合、温度変化による燃焼ガス組成の変化、掃気期間中の反応による新気組成の変化等の影響をできるだけさけるためには、機関を充分過濃な混合気で運転すると共に、 O_2 濃度の変化から給気効率を求めるのが最も妥当であることを指摘している。また、二サイクルガソリン機関に特有な規則的失火のおこるアイドル運転状態におけるシリンダ内ガス組成を調べ、失火サイクルの掃気性質について論じている。

第四章では、点火遅れ、火炎伝播および燃焼反応面におけるイオン電流測定から燃焼性質を調査した結果について述べている。まず内部を透視しうるように透明蓋をした薄い円筒状の定積燃焼容器内に充填されたプロパン空気の均一混合気中で、点火前に多孔板を急激に動かすことにより乱れを与え、これに電気点火して火炎の発達を高速撮影すると共にイオン電流波形を記録し、更に、火炎面前後のガスを抽出弁により抽出して、ガス組成を調べることで燃焼性質を解明している。乱れ火炎においては、燃焼領域中に層状火炎の反応領域におけるとほぼ等しい反応速度を有する燃焼素面をもつ多くの反応領域が不規則に分布し、燃焼素面における反応速度は乱れ強さの影響をあまりうけず、乱れ強さの増加による燃焼領域の拡大のために見掛け上速い速度で火炎が伝播することを指摘している。また、乱れ強さが大きい場合、過濃、過薄混合比範囲を除けば、火炎伝播速度は混合比によってはほとんど影響されず、乱れ強さによって支配されることを見出すと共に、これらの結果が実機における火炎伝播においても実現されることを確認している。

つぎに、炭化水素の燃焼によるイオン化現象を利用し、しかもイオン間隙を別に設けることなく、点火栓自身をイオン間隙として用い、燃焼室条件を乱すことなしに、点火遅れを測定する方法を開発し、二サイクル機関における燃焼特性を実験的に追究している。また、定積燃焼容器内のプロパン空気の均一混合気中に CO_2 , A 等の不燃性ガスを加えて、点火遅れを測定した結果、不燃性ガス濃度の増加とともに点火遅れは増大し、これは混合気の熱容量の増加にもとづくものであることを見出し、二サイクル機関で給気比が低い場合には残留ガス濃度が高く、点火遅れが大きいことを指摘している。更に、この点火遅れおよびその後の火炎伝播速度のサイクルごとの変動について測定した結果、点火遅れの変動は主として点火栓間隙における局所的な混合気の点火性の変動に支配されるが、火炎核が形成せられて後の火炎発達の初期

段階における火炎伝播速度の変動には燃焼室内の平均的混合比、残留ガス濃度、混合気の流動状態などの変動が大きく影響し、火炎が更に発達するに従い、混合気の流動状態が火炎伝播を規定する支配的要素となり、混合比、残留ガス濃度の変動はもはや火炎伝播速度変動に対しては大きな原因にならないことを推論している。

更に、定積燃焼容器内のプロパン空気の均一混合気の燃焼火炎面におけるイオン電流値を定常火炎におけるイオン化理論により解析し、この理論が定積燃焼の場合にも適用しうることを確かめた上、混合比、火炎温度、圧力のイオン電流値に対する影響を吟味し、更に、この考察を二サイクルガソリン機関におけるイオン電流に発展させ、イオン電流値に及ぼす空燃比、掃気効率などの影響を論じている。

第五章では、二サイクルガソリン機関の燃焼圧力のサイクルごとの変動について論じている。実機における燃焼圧力を連続する多数のサイクルにわたり統計的に計測しうるデジタル計測法を開発し、これを用いて燃焼期間中におけるシリンダ内圧力のサイクルごとの変動を調査している。燃焼進行過程における圧力変動は主として燃焼割合により、燃焼完了時期における圧力変動は混合気の充填量、混合比の変動によって影響されることを明らかにしている。また、点火遅れ、火炎伝播に要する時間、最大圧力上昇率、最高圧力およびその時期、混合気流速などの相互関係を詳しく調査し、点火遅れの変動は最高圧力の直接原因にならないと、混合気流速は火炎伝播時間に強い影響をもち、この変動が最高圧の変動にも少なからず影響することなどを論じている。

結言は、以上の研究成果を総括したものである。

論文審査の結果の要旨

二サイクルガソリン機関のガス交換および燃焼の過程は互に関連した複雑な現象であり、従来から研究されているにも拘わらず、なお不明な点が多い。この問題を更に明確にするため、著者は新しい計測方法を開発し、これを利用して実験的解明を行なった。

まず、放電の性質を利用したガス流速のデジタル計測法を開発し、これを用いて二サイクルガソリン機関の吸気管、掃気通路、排気管およびシリンダ内ガスの脈動状態を明らかにし、吸気管内脈動を有効に利用する吸気孔開閉時期について論じている。この測定法は吸・排気系におけるガス流速、シリンダ内の混合気流速等の測定には極めて優れた方法であって、内燃機関のこの方面の研究に大きく貢献するものである。

つぎに、シリンダ内の燃焼ガス組成、定積燃焼容器内のプロパン空気の均一混合気の燃焼ガス組成をガス抽出法により調査し、これらの結果から燃焼ガスの組成は成分間の化学平衡を仮定して計算した値と異なり、ある温度以下で平衡はほぼ固定されることを実験的に確かめている。更に、ガス抽出法により実機の掃気性質を調べる方法について詳細な吟味を加え、ガス温度降下による燃焼ガス組成の変化および掃気過程初期における新気中の反応が測定値におよぼす影響について検討し、正確な測定値をうるために必要な条件を明確にしている。また、シリンダ内を新気と燃焼ガスが混合して存在する領域と、混合しない領域とに分けて、掃気過程を模型化して考え、掃気効率、給気効率におよぼす給気比、燃焼ガス温度などの影響について検討した上、実機および一回掃気実験装置を用いてこれを確かめ、掃気効率はガス温度の影

響を顕著にうけるが、給気効率はほとんどその影響をうけず、従って給気効率によって掃気性質の良否を評価するのが合理的であることを指摘し、掃気問題に対する基本的な知見を与えている。

つぎに、火炎面におけるイオン化現象を利用して点火遅れ、火炎伝播について調査を行なっている。著者は定積燃焼容器内のプロパン空気の均一混合気の燃焼火炎面におけるイオン電流測定結果を定常火炎におけるイオン化理論により解析し、この理論が定積燃焼の場合にも適用しうることを確めた上、火炎温度、圧力のイオン電流値に対する影響を吟味し、更にこの考察を二サイクルガソリン機関におけるイオン電流に発展させ、イオン電流値におよぼす混合比、掃気効率などの影響を説明している。この結果 ガソリン機関のイオン電流に対する考え方を一歩すすめたもので、これが燃焼状態を解明するための一つの有力な手段であることを示唆したものであって注目に値する。更に、著者は定積燃焼容器内のプロパン空気の均一混合気の燃焼に対する乱れの影響をイオン電流波形、火炎伝播の高速写真、火炎面前後におけるガス組成の変化から詳しく調査し、乱れ火炎は燃焼領域中に、層状火炎におけるとほぼ等しい反応速度を有する多くの火炎面が不規則に分布した構造をもち、その火炎面における反応速度は乱れ強さの影響をあまりうけず、乱れ強さの増大による燃焼領域拡大のため見掛けの燃焼速度が増加することを推論している。これは乱れ火炎の構造に関する一つの手掛りを与えた興味ある結果である。また著者は燃焼室条件を乱すことなく実機の燃焼性能を調べる目的で点火栓自身をイオン間隙として利用する点火遅れの実用的測定法を開発し、点火遅れにおよぼす混合比、不燃性ガスの濃度、点火栓間隙長等の影響を調査し、実用上有益な多くの知見を得ている。

一般にガソリン機関では運転条件を一定にしても、燃焼圧力はサイクルごとに変動する。著者は実機において連続した多数サイクルにわたりシリンダ内圧力の統計的計測をしうる新しいデジタル計測法を開発し、これを用いて燃焼期間中におけるシリンダ内圧のサイクルごとの変動を調査し、点火遅れ、火炎伝播時間、その他の燃焼圧力経過を表わす特性値、シリンダ内混合気の流速等の相関を求め、燃焼圧力変動の原因について多くの注目すべき結果をえている。

以上要するに本論文は、著者の開発になる新しい計測法を用いて、二サイクルガソリン機関における交換過程および燃焼に関する実験的研究を行ない、多くの新しい知見をうると共に設計に必要な指針を与えたものであって、これらの結果は計測法をも含めて、いずれも学術上ならびに工業上寄与するところが少なくない。よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。