

氏 名	木 本 恭 司 き もと きょう じ
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 1072 号
学位授与の日付	昭 和 53 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	噴流とその火炎に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教授 佐藤 俊 教授 大東俊一 教授 赤松映明

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は管内同軸噴流および対向噴流の場合において、噴流の構造とその火炎の特性の関連を主体とした系統的研究の結果をまとめたもので、3編17章からなっている。

第1編では非燃焼時の管内同軸噴流の挙動と乱流混合の特性を実験的に調べ、それに基づいて乱流輸送係数の考察を行っている。特に実用的に重要なノズル肉厚による初期乱れの影響に注目し、周囲流と中心噴流との速度比 λ 、ノズル肉厚 b を広範囲に変化させて総合的な検討を行っていて、その第2章では中心噴流が周囲流より速い場合について、また第4章では逆に周囲流が中心噴流より速い場合について、平均流速、静圧、乱れ分布の測定を行い、それらの噴流特性を明確にし、主領域ではいずれも無次元速度分布は相似になるが、乱れに関する諸量は相似にならず、自己保存流れではなく、2章の場合には λ が1に近づくにつれ、その傾向は著しく、ノズル肉厚による初期乱れの混合促進効果が増大し、軸方向の流れの変化も顕著であること、また4章の場合には初期領域の流れの様相がさらに複雑で、 λ が小さく、 b が大である程同軸環状流に近い流れ場となり、ノズル肉厚後流による混合促進効果がより著しく、 λ よりも b の影響がより大であることなどを見出している。

第3章では噴流の混合特性の定式化を試み、積分法を応用した管内異質系同軸噴流の計算法をのべ、特にこの解析に使用する無次元混合距離に対し、 b の影響を加味した新しいモデルを提案し、計算結果が実験値をよく説明しうること、並びに中心噴流に CO_2 ガスを混入した物質移動の測定を付加して、著者の提案したモデルが従来のモデルに比し、はるかに広い範囲に適用しうることなどを明らかにしている。

第2編は管内同軸噴流火炎の燃焼気流の特性について、各種の燃焼条件のもとでの詳細な実験とこれに対する解析により系統的な研究を行ったもので、第2章では燃焼気流の諸特性を実験的に総合検討した結果をのべており、まず周囲空気流と中心燃料噴流との質量速度比 λ_m 、中心噴流中の空燃比を変化させて実験し、二段燃焼反応の特徴や、火炎面の広がりなど同軸噴流火炎の燃焼進行過程、火炎の特性が主として噴流と周囲流との混合過程を特徴づける λ_m に支配されることを明らかにし、ついで b を広範囲に変えた実験により、燃焼時には非燃焼時ほど初期乱れの影響が大でないことを確かめている。第3章は非燃

焼時の解析方法を燃焼時に拡張適用する方法をのべ、燃焼時に対しても実験結果を良好に説明しうる解析結果がえられることを示し、燃焼気流の特性が主として λ_m に支配されることや、 b の影響が減少することを解析的にも明確にしている。

第4章は燃焼時と非燃焼時との混合特性の差異について比較検討したもので、燃焼時には、ノズル肉厚後方の速度欠陥部に火炎が付着するため循環うずの強さが著しく減殺され、初期乱れの影響が減少することや、非燃焼時に比し、流れの加速と熱膨張のため、無次元混合距離が小さくなり、その軸方向変化も減少し、自己保存流れにより近くなることなどを説明している。また半径方向諸分布の測定値を用いて燃焼率の変化を算出し、周囲流との混合による燃焼の進行過程を調べ、 λ_m の増加につれて燃焼の進行が促進される様子を明らかにする一方、解析結果による燃焼率の変化が測定値によるそれとよく一致することを示し、混合の促進と燃焼の進行過程が良く対応していることを確かめている。第5章は管径比の影響を実験的並びに解析的に検討した結果をまとめたもので、火炎長さを基準にとれば、管径比の影響が統一的にまとめられることを見出し、第6章では3章の解析方法が自由噴流火炎に対しても拡張適用しうることを具体例により示している。

第3編は対向噴流火炎について実験的に検討を加えたもので、その第2章では二次元対向噴流の噴流構造を実験的に調べ、物質移動の実験も加えて、流れ場の特徴を明らかにし、第3章ではノズル寸法を変化させた場合の実験を行ない、ノズル寸法や噴流と対向流の流速の大きさに無関係に、一般に質量速度比 λ_m のみにより流れ場が定まり、 λ_m の値により再循環流形噴流、ノズル付着形噴流およびその中間の遷移流に分けられること、前者では噴流到達距離 L により無次元化すれば噴流構造が相似となり、 L が λ_m に対し直線的に変化することなどを明らかにした。第4章は燃焼実験の結果をのべたもので、火炎を黄色火炎ⅠとⅡ、青色火炎ⅠとⅡの4種に分類し、それらと非燃焼時の流れ場との対応を明確にすると共に、対向噴流火炎の特徴と高速流でも火炎を安定に保持しうる要因を説明している。

論文審査の結果の要旨

噴流拡散火炎は実用燃焼装置に広く利用されていて、従来種々の研究が行なわれているが、非燃焼時の流れ場から燃焼のある場にかけての系統的な検討を行なった研究はほとんど見当らない。

本論文は噴流の構造や混合の過程と燃焼の特性との関連を明らかにし、各種燃焼装置設計の基礎資料を与えるために、管内同軸噴流と対向流噴流およびその火炎について、実験並びに解析により組織的研究を行った結果をまとめたもので、その成果はつぎのように要約される。

1. 管内同軸噴流の挙動を実験的に調査し、その混合の特性が主として周囲流と中心噴流との速度比およびノズル肉厚により支配されることを見出すと共に、実用上重要な初期乱れによる混合促進効果が速度比が1に近い場合に顕著であることを確かめた。

2. 管内異質系同軸噴流の諸特性を積分法を応用して解析する方法を確立し、この解析に使用する無次元混合距離に対し、初期乱れの影響を加味した新しいモデルを提案し、さらにこれを火炎特性の解明に拡張すると共に、その解析結果が自由噴流火炎を含め広い範囲の実験結果とよく一致することを見出し、各種の火炎特性の予測に有用な解析方法であることを明らかにした。

3. 燃焼時と非燃焼時との混合特性の差異を検討し、燃焼時にはノズル肉厚後方の速度欠陥部に火炎が付着し、ために循環うずの強さが減殺され、非燃焼時に比し無次元混合距離が小となると共に、その軸方向変化も減小することや、噴流と周囲流との混合過程を特徴づける質量速度比が管内同軸噴流火炎の特性を主として支配することを明確にした。

4. 各種燃焼条件の下で局所的燃焼率の分布を調べ、混合の促進と燃焼の進行過程がよく対応していることや、管径比の影響が火炎長さを基準として統一的にまとめられることを見出した。

5. 対向噴流の流れ場が質量速度比により、再循環流形噴流、ノズル付着形噴流および遷移流れに大別されること、およびその火炎形状が4種類に分類され、それら火炎形状の変化と流れ場の形式とが相互に対応をもつことを明確にした。

6. 均等熱負荷に近い燃焼から、局所的に高い熱負荷の燃焼にわたり、燃焼状態を制御する方針を実験的並びに解析的に示し、工業上有用な示唆を与えた。

以上要するに本研究は、管内同軸噴流火炎と対向流噴流火炎の構造とその特徴を明らかにすると共に、これらを実際に利用する上に多くの有用な資料を提供したものであって、学術上並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。