

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 9 日現在

機関番号：17501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11698

研究課題名（和文）高圧液面燃焼により生じる微粒子の生成予測モデルと抑制手法の構築

研究課題名（英文）Development of a soot formation model applicable to the pool combustion under high pressure conditions

研究代表者

橋本 淳（Hashimoto, Jun）

大分大学・理工学部・准教授

研究者番号：00342551

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：近年、大気汚染物質として微小粒子が注目を集めている。エネルギー利用効率向上のため、燃焼機器は高圧条件下での運転が求められている。一方、そのような条件下では微粒子生成が促進されるとともに、その生成メカニズムについては不明な点も多い。これまでの研究から、液体燃料は燃焼室内で液面燃焼を生じ、主たる微粒子生成源となっていることが明らかになった。そこで本研究ではまず、設計計算に適用可能な微粒子予測モデルを構築した。次に、独自に考案した液面燃焼実験を含む基礎燃焼実験を行い、微粒子生成特性のモデル検証を行った。さらに、直噴ガソリンエンジンを対象とし、液面燃焼が生じる条件を含めてモデル検証を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

SDGsの目標7に基づけば、技術・インフラが不十分な国々へ我が国が果たす役割として、従来型の化石燃料を有効利用しつつ、再生可能エネルギー（バイオ燃料等）を活用、クリーンにエネルギーを生み出す方法を学術的に明らかにし、工学的に普及させる手段の確立は重要なミッションである。実用機器から生じる微粒子は健康被害へ直結する。また、熱効率の観点からも生成量を予測して低減させることが好ましい。本研究の成果は、ゼロエミッション社会の早期確立へ大きく貢献できる。また、微粒子生成モデルは燃焼機器の有効利用に留まらず、カーボンブラック生成、新材料生成など多分野に渡って活用できることから、今後の波及効果も期待できる。

研究成果の概要（英文）：Due to the harmful influence of fine particles on human health, the particulate mass and number regulations are included in the European emission standards for passenger cars, indicating that further understanding of soot particle formation under high pressure conditions and construction of a prediction model are required. Previous studies have revealed that liquid fuels cause pool flames in the combustion chamber and the pool combustion is the main source of the fine particle production. In this study, we first constructed a soot formation model that can be applied to the design calculation of a combustor involving the pool combustion. Next, fundamental combustion experiments including the pool combustion phenomenon was conducted, and model validations of soot formation characteristics were performed. Furthermore, model validations were performed on the experimental results conducted under conditions involving the pool combustion by using a direct injection gasoline engine.

研究分野：燃焼工学

キーワード：すす 粒子状物質 多環芳香族炭化水素 予混合火炎 拡散火炎 燃焼

1. 研究開始当初の背景

近年、PM_{2.5}という言葉が浸透したように、大気汚染物質として微小粒子が注目を集めている。数 μm 以下の粒子は気管支、肺と深く到達し、健康へ与える影響が大きい。一方で、生活を支える各種燃焼機器は、高圧下、つまりは微小粒子が生成しやすい条件での運転が求められている。これはエネルギー利用効率向上のためであるものの、そのような条件下においては、実験の困難さ故、微小粒子生成メカニズムについて不明な部分も多い。発電用や移動用の燃焼器では主に液体燃料が使用されており、再生可能エネルギーであるバイオ燃料も液体である。これまでの研究から、液体燃料は燃焼室内で液面燃焼を生じ、主たる微小粒子生成源となっていることが明らかになった。そのため、実用機器の運転条件にて、液面燃焼まで対応可能な設計計算用微小粒子生成モデルの構築が強く求められている。

2. 研究の目的

近年、大気汚染物質として粒子状物質 (Particulate Matter, PM) が注目を集めている。例えば自動車からの PM 排出規制は段階的に強化されており⁽¹⁾、今後、設計段階での定量的な予測や運転条件の最適化が重要となる。そのため、実用機器に適用可能な PM モデルの確立は重要な課題である。直噴ガソリンエンジンの場合、PM 排出は主にエンジン筒内で発生する液面燃焼に起因する。この液面燃焼とは、エンジンの冷間始動時に筒内へ噴射された燃料が壁面やピストン上面に液膜として付着し、燃焼後の高温ガスと反応する現象である⁽¹⁾。そこで本研究では、実用機器の運転条件にて液面燃焼まで対応可能な設計計算用微小粒子生成モデルの構築と、基礎燃焼器から実用燃焼器までを対象としたモデル検証を行った。研究期間である3年間に実施した主な取り組みは、次の5つである。なお、本研究では対象とした実用燃焼器から生じる微小粒子の主成分が元素状炭素であることから、すす(炭素)を対象としてモデル構築を行った。

- (1) 常圧模擬筒内液面燃焼実験 (ガソリン成分へのブタノール異性体混合効果)
- (2) すす生成予測モデルの構築と基礎燃焼器を対象としたモデル検証
- (3) すす生成予測モデルのエタノール対応と基礎燃焼器を対象としたモデル検証
- (4) 直噴ガソリンエンジンを対象としたすす生成予測モデルの検証と改良
- (5) 高圧模擬筒内液面燃焼実験

以降、これらの取り組みについて概説する。

3. 研究の方法

本研究では、既報⁽²⁾で提案したエンジン筒内液面燃焼に起因するすす生成現象を定常的に再現可能な模擬筒内液面燃焼実験をモデル検証対象として用いた。図1に、模擬筒内液面燃焼実験の様子を示す。実験には対向流燃焼器を用いており、上下に設置されたダクトから予混合気流および窒素流を供給することによって、ダクト中心軸上に1次元定常火炎が形成可能である。まず、本装置のダクト2から指定した当量比のプロパン予混合気を、ダクト1からは窒素を供給し、窒素流に対向した予混合火炎を形成する。次に、ダクト1から流入する窒素の一部を予め気化した液体燃料に置き換えることによって、筒内液面燃焼場(高温かつ低酸素濃度な予混合燃焼ガス背後で燃料が反応する場)を形成した。本研究では、ダクト2の予混合気当量比を1.1から0.6まで変化させて実験を行った。ダクト1からは供試燃料の蒸気と窒素の混合気体を供給し、燃料はそのうちの30%とした。供試燃料(すす生成量評価対象)にはイソオクタン、トルエン、エタノールおよびブタノールからなる混合燃料を用いた。すす体積分率 (Particle Volume Fraction, PVF) の評価にはKANOMAX社製の粒径分布計測装置、ポータブル・エアロゾル・モビリティ・スペクトロメーター (PAMS) Model 3310を用いた。本研究では、計測された粒子個数とその大きさから総体積を概算し、すす体積濃度を評価した。

高圧燃焼実験には、定容器内に配置された対向流燃焼器を用いた。図2に実験システムの概略を示す。燃焼実験時には、まず真空ポンプを用いて容器内の気体を除去し、その後、窒素を充填しながら圧力調整を行った。次に、2つのダクトからガスおよび気化した液体燃料を指定条件で流入させた上で点火を行い、最終的な圧力調整を行った。なお、高圧燃焼実験ではすす体積分

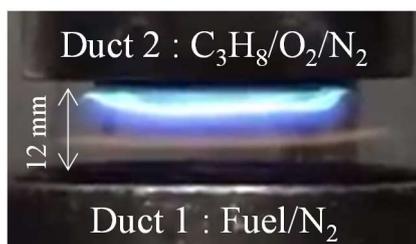


図1 模擬筒内液面燃焼

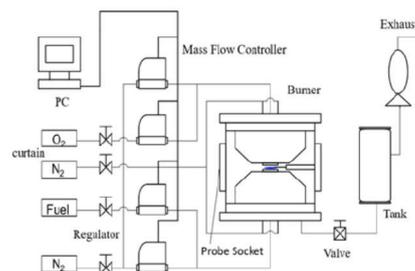


図2 高圧対向流燃焼実験システム

率の計測にレーザー透過光減衰法⁽²⁾を用いた。

モデル検証には、研究担当者らが共同研究を実施している横浜国立大学で計測された衝撃波管実験結果⁽³⁾⁽⁴⁾、および千葉大学で計測された単気筒直噴ガソリンエンジン実験結果⁽⁵⁾も用いた。これらの実験詳細については文献に譲る。

モデル構築、また模擬筒内液面燃焼実験および衝撃波管実験を対象としたモデル検証計算⁽⁶⁾には ANSYS Chemkin-Pro⁽⁷⁾ を、単気筒直噴ガソリンエンジン実験を対象としたモデル検証計算⁽⁸⁾には ANSYS Forte を⁽⁷⁾ 用いた。計算方法の詳細は文献に譲る。

4. 研究成果

以降、1章で述べた5つの取組みについて、主要な成果を述べる。

(1) 常圧模擬筒内液面燃焼実験（ガソリン成分へのブタノール異性体混合効果）

既報で提案した模擬筒内液面燃焼実験に対し、イソオクタン/トルエンに対するブタノール混合がすす生成特性に及ぼす影響を調べた。図3に、各液面燃料に対するすす体積分率（PVF）の計測結果を示す。図からまず、すす体積分率は、イソオクタン（I100T000）、イソオクタン/トルエン混合燃料（I075T025）、イソオクタン/トルエン/ブタノール混合燃料（I055T025xB020, x : n は n -ブタノール, s は s -ブタノール, i は i -ブタノール, t は t -ブタノール混合条件）のいずれにおいても、予混合気当量比がやや希薄な側で最大値を示すことがわかった。また、PVFが最大となる当量比は、本実験条件の範囲では燃料によらず0.7であった。ブタノール異性体の混合効果については、 n -ブタノールおよび s -ブタノールを混合した場合にすす低減効果が大きく、 i -ブタノールおよび t -ブタノールを混合した場合には効果が小さいことがわかった。

(2) すず生成予測モデルの構築と基礎燃焼器を対象としたモデル検証

すすの成長過程は非常に複雑なため、未だ多くの議論が行われている。特に、すすの前駆体である多環芳香族炭化水素（PAH）を必要な大きさまで詳細に計算するには、膨大な化学種数を取り扱う必要があり、計算時間の増大を招く。実用燃焼器の数値計算においてすす生成特性を予測するためには、化学種数等の保存量はできるだけ少なくすることが望ましい。そこで本研究では、炭素数60程度までのPAHの成長過程を3つに区分したセクショナル法で記述し、モーメント法による粒子成長計算と組み合わせてすす生成量を予測するモデルを構築した（PS3SMrモデル）。本モデルではPAHの成長計算に必要な化学種数は6である。このPAH成長モデルを三好ら⁽⁹⁾が開発したガソリンサロゲート燃料用気相反応モデルと結合して前駆体計算を行い、市販ソルバに含まれるモーメント法を用いて粒子計算を行った。さらに、ガソリンサロゲート燃料に対して衝撃波管にて計測された実験結果を用いて、モデル評価と調整を行った。図4にモデル検証例を示す。横軸は衝撃波管の到達温度である。また、すす生成量は、燃料中の炭素がすすへ転換された割合を表す Soot Yield で整理した。まず実験値を観ると、全ての条件で、ある温度で Soot Yield が最大値を持つ釣鐘型の温度特性（ベル特性）を示している。また、当量比 ϕ の低下に伴いすす生成量は減少する傾向があり、かつ、Soot Yield のピーク温度は低温側にシフトしている。提案したモデルの予測結果は、これらの傾向をよく捉えられることが確認できる。

(3) すず生成予測モデルのエタノール対応と基礎燃焼器を対象としたモデル検証

エタノールはガソリンへの混合成分として普及しており、高いオクタン価および蒸発潜熱の観点から、ノッキングおよびプレイグニッションを抑制しつつすす生成量を抑えられ、燃料中の芳香族炭化水素代替として好ましい性質を持つ。そこで、取り組み(2)で作成したモデルについて、気相燃焼に適用するモデル式群を酒井ら⁽¹⁰⁾が燃料成分としてエタノールを考慮したモデルに変更し、モデル調整を行った。また、新たにエタノール混合燃料を対象とした模擬筒内液面

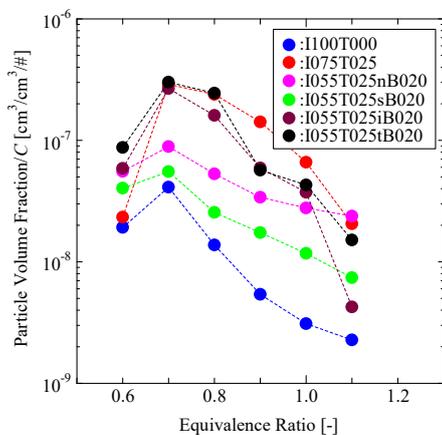


図3 模擬筒内液面燃焼実験結果
イソオクタン/トルエン
/ブタノール異性体混合燃料

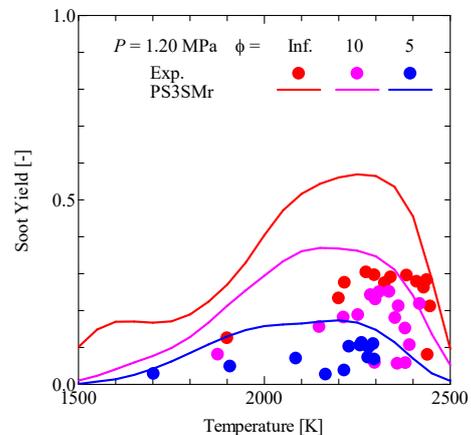


図4 衝撃波管実験結果に対する
提案モデル検証例

燃焼実験を行い、エタノール混合がすす生成特性に及ぼす影響についても再現性の評価を行った。その結果、まず、作成した PS3SMr2 モデルは、着火遅れ時間、層流燃焼速度を基本モデルと概ね同様に再現可能であることを示した。また、衝撃波管を用いたすす生成特性計測結果を再現できることを示した。さらに、エタノール混合効果は、供試燃料中のトルエンを代替した場合には実験を良く再現することを示す (図 5) とともに、反応論的效果および希釈効果の観点から議論を行った。

(4) 直噴ガソリンエンジンを対象としたすす生成予測モデルの検証と改良

直噴ガソリンエンジンは高い熱効率を有する一方、冷間始動条件下で高いすす排出量を示す

(1). 燃料噴射時期がすす排出量に大きな影響を与えることはよく知られており、吸気行程初期および圧縮行程後期噴射条件において、すす排出量は増加する。前者ではプール燃焼によるすす生成が支配的であり、後者では混合時間不足によるすす生成も同時に起こる。設計計算ではまず、このような定性的傾向が予測できることが重要である。以降、直噴ガソリンエンジンにおけるこの性質をバスタブ特性と呼ぶ。図 6 に、燃料噴射時期に対するすす排出量の計算結果を実験結果と共に示す。本研究ではまず、取り組み (2) で提案したモデルを用いて直噴ガソリンエンジンの数値解析を行い、バスタブ特性が再現できることを示した (図中 PS3SMr モデル)。さらに、バスタブ特性を維持しながら定量的予測精度を改善する手法について検討した。その結果、アセチレン付加反応について、Appel らのモデル式に調整を行ったものを与え、頻度因子を調整することによって、バスタブ特性を維持したまま定量的再現性が向上できることを示した (図中 PS3SMrr モデル)。

次に、異なる冷却水温度の実験結果に対して数値解析を行い、PS3SMrr モデルの検証を行った。また、実験において、吸気行程後期から圧縮行程初期の中間で燃料を噴射した場合に冷却水温度によらず微粒子排出量が増加する傾向が観られたため、数値解析によって現象評価を試みた。図 7 に、燃料噴射時期に対するすす排出量の計算結果を実験結果と共に示す。図から、提案モデルは全体的にすす生成特性の傾向を予測できることがわかる。本研究では、特にすす生成量が少ない領域について現象分析を行うとともに、エンジン内部の可視化結果と照らし合わせ、提案モデルが現象理解に活用できることを示した。

(5) 高圧模擬筒内液面燃焼実験

本研究では定容器内に配置された対向流燃焼器を用い、圧力が筒内液面燃焼に起因して生じるすすの生成特性に及ぼす影響を調べた。液面燃焼用燃料にはイソオクタンを用い、図 3 の当量比 1 の条件について、圧力を 1.8 気圧までの範囲で変化させてすす生成量を計測した。図 8 に圧力に対するすす体積分率計測結果を示す。なお、系内の圧力が増加すると燃料濃度自体が増加することから、単位燃料量に対するすす生成量を評価するため、ここではすす体積分率の計測値を圧力で除した値を示している。図から、圧力の増加に伴いすす体積分率が增加することがわか

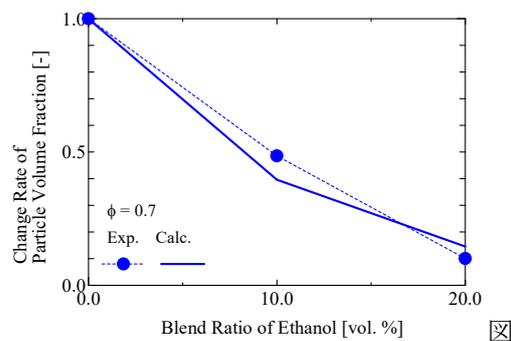


図 5 模擬筒内液面燃焼実験
イソオクタン/トルエン混合燃料への
エタノール混合効果の検証

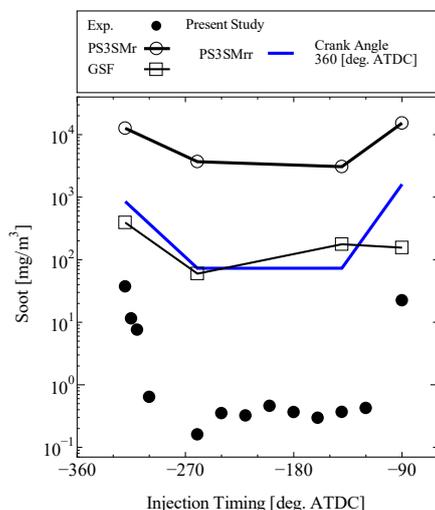


図 6 直噴ガソリンエンジン実験における
バスタブ特性のモデル検証結果

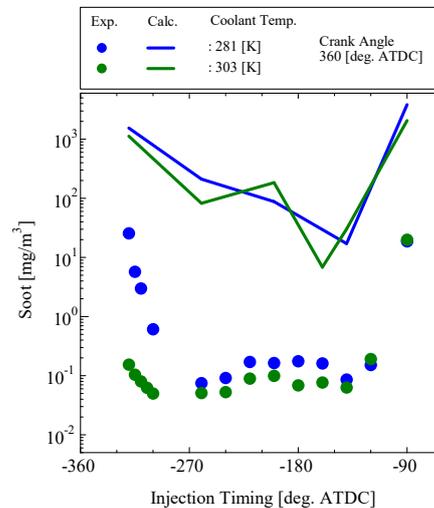


図 7 直噴ガソリンエンジン実験における冷
却水温度と中間噴射条件のモデル検証結果

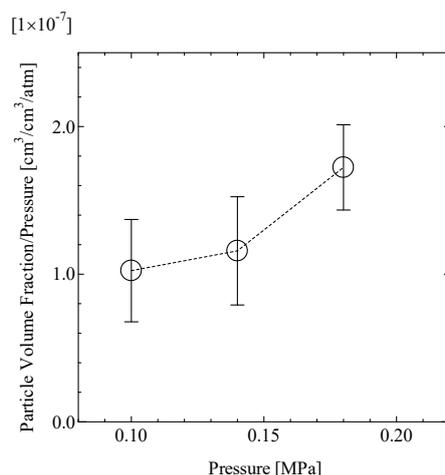


図 8 高圧液面燃焼実験結果

る。実験が困難であったこと、また、2020 年度に生じた COVID-19 問題の状況により実験時間を十分に確保することが難しかったことから、モデル検証までは期間内に終えることができなかった。今後、計測済みのデータを活用し、提案モデルの検証と改良を進める。

<引用文献>

- (1) Qian, Y., Li, Z., Yu, L., Wang, X. and Lu, X. : Review of the state-of-the-art of particulate matter emissions from modern gasoline fueled engines, Applied Energy, Vol. 238, pp. 1269-1298 (2019)
- (2) 橋本淳, 甲斐健太朗, 後藤大輝, 高橋美沙紀, 伊東朋晃, 足立久也, 田上公俊 : イソオクタン/トルエン 2 成分燃料の模擬筒内液面燃焼におけるすす生成特性, 自動車技術会論文集, Vol. 49, No. 6, pp. 1126-1131 (2018)
- (3) 田中万里子, 永田勇氣, 石井一洋, 小橋好充 : 反射衝撃波背後におけるガソリンサロゲート燃料の煤生成に及ぼす当量比の影響, 第 55 回燃焼シンポジウム講演論文集, pp. 48-49 (2017)
- (4) 田中万里子, 永田勇氣, 石井一洋, 小橋好充 : 反射衝撃波背後におけるガソリンサロゲート燃料の煤生成に及ぼす雰囲気圧力の影響, 自動車技術会 2018 年春季大会 学術講演会講演予稿集, 20185034 (2018)
- (5) Xiong, Q., Gupta, A., Kuboyama, T., Moriyoshi, Y., Suzuki, H., Takeda, T., Akihama, K., Hashimoto, J., : Effects of Coolant Temperature and Fuel Properties on Soot Emission from a Spark-ignited Direct Injection Gasoline Engine, SAE Technical Paper 2019-01-2352 (2019)
- (6) 橋本淳, 石井一洋, 秋濱一弘 : PAH 成長にセクショナル法を適用したガソリンサロゲート燃料用すす生成モデル, 自動車技術会論文集, Vol. 50, No. 6, pp. 1515-1522 (2019)
- (7) ANSYS, ANSYS, Inc., San Diego (2019)
- (8) 渡邊竜之介, 橋本淳, 田上公俊, 金尚明, 窪山達也, 森吉泰生, 秋濱一弘 : コンパクトな予測モデルを用いた直噴ガソリンエンジンの微粒子排出に関する数値解析, 自動車技術会論文集, Vol. 52, No. 2, pp. 213-219 (2021)
- (9) 三好明, 酒井康行 : ガソリンサロゲート詳細反応機構の構築, 自動車技術会論文集, Vol. 48, No. 5, pp. 1021-1026 (2017)
- (10) 酒井康行, 長谷川恵三, 三好明 : 含酸素燃料を含むガソリンサロゲート燃料簡略反応機構の構築, 第 29 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 34 (2018)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 甲斐健太郎, 後藤大輝, 橋本淳, 田上公俊 | 4. 巻 50 |
| 2. 論文標題 イソオクタン/トルエン/ブタノール燃料の模擬筒内液面燃焼におけるすす生成特性 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 自動車技術会論文集 | 6. 最初と最後の頁 1294-1299 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11351/jsaeronbun.50.1294 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 橋本淳, 石井一洋, 秋濱一弘 | 4. 巻 50 |
| 2. 論文標題 PAH成長にセクショナル法を適用したガソリンサロゲート燃料用すす生成モデル | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 自動車技術会論文集 | 6. 最初と最後の頁 1515-1522 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11351/jsaeronbun.50.1515 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 橋本淳, 渡邊竜之介, 田上公俊, 石井一洋, 秋濱一弘 | 4. 巻 51 |
| 2. 論文標題 PAH成長にセクショナル法を適用したガソリンサロゲート燃料用すす生成モデル (第2報) - イソオクタン/トルエン/エタノール混合燃料のすす生成特性 - | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 自動車技術会論文集 | 6. 最初と最後の頁 991-998 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11351/jsaeronbun.51.991 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 渡邊竜之介, 橋本淳, 田上公俊, 金尚明, 窪山達也, 森吉泰生, 秋濱一弘 | 4. 巻 52 |
| 2. 論文標題 コンパクトな予測モデルを用いた直噴ガソリンエンジンの微粒子排出に関する数値解析 | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 自動車技術会論文集 | 6. 最初と最後の頁 213-219 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11351/jsaeronbun.52.213 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計24件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 甲斐健太郎, 後藤大輝, 高橋美沙紀, 橋本淳, 田上公俊 |
| 2. 発表標題 イソオクタン/トルエン/プタノール燃料の模擬筒内液面燃焼におけるすす生成特性 |
| 3. 学会等名 自動車技術会2019年春季大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 橋本淳, 石井一洋, 秋濱一弘 |
| 2. 発表標題 PAH成長にセクショナル法を適用したガソリンサロゲート燃料用すす生成モデル |
| 3. 学会等名 自動車技術会2019年春季大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 後藤大輝, 甲斐健太郎, 渡邊竜之介, 橋本淳, 田上公俊 |
| 2. 発表標題 イソオクタン/トルエン混合燃料の拡散火炎におけるすす生成特性 |
| 3. 学会等名 日本燃焼学会第57回燃焼シンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 甲斐健太郎, 後藤大輝, 渡邊竜之介, 橋本淳, 田上公俊 |
| 2. 発表標題 イソオクタン/トルエン/アルコール燃料の模擬筒内液面燃焼におけるすす生成特性 |
| 3. 学会等名 日本燃焼学会第57回燃焼シンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 渡邊竜之介, 橋本淳, 田上公俊, 窪山達也, 森吉泰生, 秋濱一弘 |
| 2. 発表標題 筒内直噴ガソリンエンジンの始動条件における微粒子排出特性に関する数値解析 |
| 3. 学会等名 第30回内燃機関シンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 馬越大暉, 後藤大輝, 渡邊竜之介, 橋本淳, 田上公俊 |
| 2. 発表標題 拡散火炎におけるすす成長過程の分離と計測に関する研究 |
| 3. 学会等名 日本機械学会 九州支部 九州学生会第51回学生員卒業研究発表講演会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 徳山遥貴, 後藤大輝, 甲斐健太郎, 渡邊竜之介, 橋本淳, 田上公俊 |
| 2. 発表標題 プロパンBurner Stabilized Stagnation Flameにおける粒径分布計測 |
| 3. 学会等名 日本機械学会 九州支部 九州学生会第51回学生員卒業研究発表講演会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 金納慎, 甲斐健太郎, 橋本淳, 田上公俊 |
| 2. 発表標題 燃焼ガスにバックサポートされた反応帯におけるプロパンの微粒子排出特性 |
| 3. 学会等名 日本機械学会 九州支部 九州学生会第51回学生員卒業研究発表講演会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 谷口晴保, 後藤大輝, 渡邊竜之介, 橋本淳, 田上公俊 |
| 2. 発表標題 高圧下におけるすす体積分率測定システムの構築 |
| 3. 学会等名 日本機械学会 九州支部 九州学生会第51回学生員卒業研究発表講演会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 渡邊竜之介, 橋本淳, 田上公俊, 窪山達也, 森吉泰生, 秋濱一弘 |
| 2. 発表標題 直噴ガソリンエンジンから排出されるすすの定量的予測に関する検討 |
| 3. 学会等名 日本機械学会 九州支部 第73期 総会・講演会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 高橋美沙紀, 橋本淳, 石井一洋, 秋濱一弘 |
| 2. 発表標題 ガソリンエンジンの実用計算に適用可能なすす生成モデル |
| 3. 学会等名 日本燃焼学会第56回燃焼シンポジウム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 橋本淳, 高橋美沙紀, 石井一洋, 秋濱一弘 |
| 2. 発表標題 粒神PS3-SMモデルの構築と検証 |
| 3. 学会等名 第29回内燃機関シンポジウム |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 工藤聖央, 早志瑠菜, 橋本淳, 田上公俊 |
| 2. 発表標題 プロパン対向流拡散火炎における粒径分布計測 |
| 3. 学会等名 日本機械学会 九州支部 九州学生会第50回学生員卒業研究発表講演会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 渡邊竜之介, 高橋美沙紀, 橋本淳, 田上公俊, 窪山達也, 森吉泰生, 秋濱一弘 |
| 2. 発表標題 筒内直接噴射式ガソリンエンジンのすす排出特性に関する数値解析 |
| 3. 学会等名 日本機械学会 九州支部 九州学生会第50回学生員卒業研究発表講演会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 後藤大輝, 高橋美沙紀, 橋本淳, 石井一洋, 秋濱一弘 |
| 2. 発表標題 エンジン計算用すす生成モデルPS3-SMの酸素共存雰囲気下における検討 |
| 3. 学会等名 日本機械学会 九州支部 第72期 総会・講演会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 橋本淳, 甲斐健太郎, 後藤大輝, 渡邊竜之介, 田上公俊, 石井一洋, 秋濱一弘 |
| 2. 発表標題 PAH成長にセクショナル法を適用したガソリンサロゲート燃料用すす生成モデル(第2報) - イソオクタン/トルエン/エタノール混合燃料のすす生成特性 - |
| 3. 学会等名 自動車技術会2020年春季大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 渡邊竜之介, 橋本淳, 田上公俊, 金尚明, 窪山達也, 森吉泰生, 秋濱一弘 |
| 2. 発表標題 コンパクトな予測モデルを用いた直噴ガソリンエンジンの微粒子排出に関する数値解析 |
| 3. 学会等名 自動車技術会2020年秋季大会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 金尚明, 窪山達也, 森吉泰生, 有川純一, 秋濱一弘, 橋本淳, 小橋好充 |
| 2. 発表標題 サロゲート燃料を用いたガソリン直噴エンジンの微粒子排出特性に関する研究 第一報 冷却水温度と燃料噴射時期が微粒子排出特性に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名 第31回内燃機関シンポジウム |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 有川純一, 金尚明, 窪山達也, 森吉泰生, 橋本淳, 小橋好充, 秋濱一弘 |
| 2. 発表標題 サロゲート燃料を用いたガソリン直噴エンジンの微粒子排出特性に関する研究 -負荷と空燃比が微粒子排出特性に及ぼす影響- |
| 3. 学会等名 第31回内燃機関シンポジウム |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 渡邊竜之介, 橋本淳, 田上公俊, 金尚明, 窪山達也, 森吉泰生, 秋濱一弘 |
| 2. 発表標題 筒内直噴ガソリンエンジンの微粒子排出特性に関する数値解析 (冷却水温度と燃料噴射時期が微粒子排出特性に及ぼす影響) |
| 3. 学会等名 第31回内燃機関シンポジウム |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 中村真菜, 今村宰, 山崎博司, 橋本淳, 秋濱一弘 |
| 2. 発表標題 ガソリンサロゲート燃料の簡略すす粒子生成モデル |
| 3. 学会等名 第58回燃焼シンポジウム |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 宮田茂喜, 今村宰, 山崎博司, 橋本淳, 秋濱一弘 |
| 2. 発表標題 マイクロフローリアクタで生成したすす粒子の粒径分布計測と計算 |
| 3. 学会等名 第58回燃焼シンポジウム |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 徳山遥貴, 渡邊竜之介, 橋本淳, 田上公俊, 秋濱一弘 |
| 2. 発表標題 平板衝突流中に形成される予混合火炎における粒径分布計測 |
| 3. 学会等名 第58回燃焼シンポジウム |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 今原岳, 徳山遥貴, 渡邊竜之介, 橋本淳, 田上公俊 |
| 2. 発表標題 高沸点液体燃料の微粒子計測実験に適した焼結金属付きバーナーの設計製作 |
| 3. 学会等名 日本機械学会 九州支部 九州学生会第52回学生員卒業研究発表講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

〔図書〕 計1件

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 草鹿仁, 金子成彦, 高林徹, 溝淵泰寛, 南部太介, 尾形陽一, 高木正英, 川内智詞, 小橋好充, 周ベイニ, 堀司, 神長隆史, 森井雄飛, 橋本淳 | 4. 発行年 2019年 |
| 2. 出版社 コロナ社 | 5. 総ページ数 290 |
| 3. 書名 基礎からわかる自動車エンジンのシミュレーション | |

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|---|---|----|
| 研究協力者 | 田上 公俊 (Tanoue Kimitoshi) (60284783) | 大分大学・理工学部・教授 (17501) | |
| 研究協力者 | 森吉 泰生 (Moriyoshi Yasuo) (40230172) | 千葉大学・大学院 工学研究院・教授 (12501) | |
| 研究協力者 | 窪山 達也 (Kuboyama Tatsuya) (80578831) | 千葉大学・大学院 工学研究院・准教授 (12501) | |
| 研究協力者 | 秋濱 一弘 (Akihama Kazuhiro) (30394547) | 日本大学・生産工学部・教授 (32665) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|