

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：23604

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01576

研究課題名（和文）流動する可燃性予混合気の加熱面着火臨界条件の学理究明と工学的予測モデル

研究課題名（英文）Development of Engineering Estimation Model on the Critical Condition for Ignition of Flowing Premixed Flammable Mixture by Heated Surface based on Academic Investigation

研究代表者

今村 友彦（IMAMURA, Tomohiko）

公立諏訪東京理科大学・工学部・教授

研究者番号：50450664

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：カーボンニュートラルに資する次世代燃料のリスク評価に資するため、流動する可燃性予混合気の高温熱面による着火現象の予測手法の確立を目指した研究を実施した。まず、プロパン/空気予混合気を対象として着火実験を行い、着火に至る臨界条件となる熱流束の流速依存性を明らかにするとともに、ペクレ数に支配されることを次元解析により明らかにした。これを水素/空気予混合気に適用できるよう拡張し、良好な予測結果を確認した。さらに、熱面周囲の気相温度データの自己相関係数を経時的に解析することで、およそ80s程度早期に着火を検知できる可能性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では可燃性予混合気が高温熱面に衝突した場合に、着火に至る臨界条件を予測できる学術的モデルの構築に取り組んだ。着火に至る熱流束および着火温度を有次元の形で予測できるモデルを次元解析により構築し、これが燃料種によらず適用可能であることを示した。さらに、温度の自己相関係数の経時変化から着火を予測できる可能性を見出した。これらはこれまで明らかにされていなかった事項であり、学術的に大きな価値がある。これらの知見は今後の脱炭素エネルギーの社会実装に向けたリスク評価手法として幅広く応用可能である。この点に本研究の社会的意義があると確信する。

研究成果の概要（英文）：To contribute to risk assessment of next-generation fuels that contribute to carbon neutrality, we conducted a series of study aimed at developing a method for predicting the ignition of a flowing flammable premixture caused by a high-temperature hot surface. First, we performed an ignition experiment on a propane/air premixture to clarify the flow velocity dependence of the heat flux, which is the critical condition for ignition, and clarified by dimensional analysis that it is governed by the Peclet number. We extended this model to apply to hydrogen/air premixtures and confirmed good prediction results. Furthermore, we showed the possibility of detecting ignition as early as approximately 80 s by analyzing the autocorrelation coefficient of the gas phase temperature data around the hot surface over time.

研究分野：火災安全工学，燃烧工学

キーワード：着火 リスクアセスメント 水素 モデリング 高温熱面

1. 研究開始当初の背景

高温熱面は可燃性ガスの主要な着火要因の1つである。カーボンニュートラル達成のため、水素やアンモニアなどの脱炭素エネルギーや、家庭用空調機器冷媒を従来よりも地球温暖化係数の小さい冷媒に転換するなどといった、エネルギー・環境面において可燃性ガスの利用用途が大きく変わろうとしていた。その一方で、可燃性ガスのリスク評価指標の整備は旧態依然のままであり、経済性と安全性を両立した新たなリスク評価手法の確立が待たれていた。高温熱面の着火性評価に対しては、特に噴出可燃性ガスが高温熱面に衝突した場合を想定して、流動する可燃性予混合気の着火性予測モデルが希求されていた。

2. 研究の目的

上述の背景に基づき本研究では、流動可燃性混合気の加熱面着火の臨界条件の定量的予測を可能とする学術的モデルの構築を目的とした。得られる成果は、流動可燃性ガスの加熱面着火性を簡易に定量評価できるようになると期待され、予混合燃焼の学理として非常に重要な学術的知見の獲得に資すると期待される。加えて、本研究の成果は火災・爆発リスク管理などの安全工学的な実務面への応用性が非常に高いものと期待される。

3. 研究の方法

本研究は①流動するプロパン/空気予混合気を対象とした高温熱面による着火臨界条件のモデル化、②水素/空気予混合気を対象とした着火臨界条件予測モデルの拡張、③高温熱面周囲の気相温度計測による着火予測手法の確立、を柱として、主として実験、数値シミュレーション、理論解析を駆使して実施した。詳細は次節以降に記述する。

4. 研究成果

4.1 流動するプロパン/空気予混合気の高温熱面による着火臨界条件のモデル化[1,2]

(1) 実験装置及び方法

40 mm×40 mm の断面を有する、一辺 340 mm の口の字型の SUS316 製燃焼容器を用いた。容器内にはブラシレスモータに接続されたプロペラがあり、これを回転させて均一予混合気を循環させることができる。容器途中にセラミックヒーター (25 mm 角及び 10 mm 角) を設置し着火源とした。ヒーターへの供給電圧を任意に変化させ、着火に至る最小電圧とその時の温度を計測した。ヒーターの配置は流れに対向する方向 (以下、対向配置) と、流れに沿った方向 (以下、平行配置) の 2 条件とした。25 mm 角ヒーターの場合はヒーターに内蔵された R 型熱電対で、10 mm 角ヒーターの場合はヒーターに貼り付けた K 型熱電対で、それぞれ表面温度を測定した。燃焼容器には直径 20 mm の観察窓が取り付けられており、ここから容器内の着火挙動を高速度カメラ (Photron, FASTCAM Nova S12) にて撮影した。ヒーターへの供給電圧、電流及び電力はパワーメータ (日置電機, PW3335) にて記録した。

対象とした燃料はプロパンである。流速を 0~2.0 m/s の間で数段階変化させつつ、プロパン/空気予混合気の当量比をさまざまに変化させた。加熱時間は 10 分間とし、この間に着火がみられなかった場合は不着火とした。着火の判定は視覚及び燃焼容器に取り付けられた圧力トランスミッタの応答により総合的に判定した。

(2) 着火臨界条件のモデル化

図 1 は供給電圧と電流から求めた単位面積当たりのヒーターへの供給電力 (\bar{P}/\bar{A}) と、着火までに要した時間 \bar{t}_{ig} との関係を示す。図 2 は着火時の熱面周囲の様子を高速度撮影した結果である。これより以下の知見を得た。

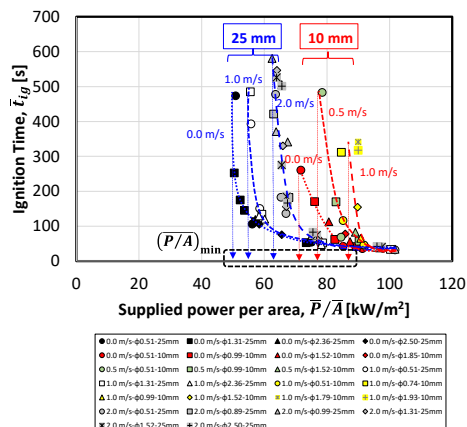


図 1 \bar{P}/\bar{A} と \bar{t}_{ig} の関係

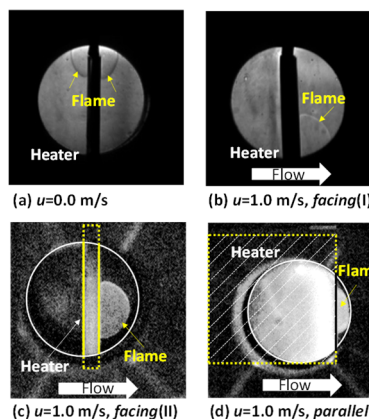


図 2 着火時の熱面周囲の様子

① \bar{P}/\bar{A} が比較的大きい条件では、 \bar{t}_{ig} に対する流速の影響はほとんど現れない。この条件から \bar{P}/\bar{A} を徐々に小さくしていくと、 \bar{t}_{ig} が指数関数的に増加していくが、 \bar{t}_{ig} の \bar{P}/\bar{A} に対する依存度が流速に応じて変化するようになる。すなわち、 \bar{t}_{ig} が無限大に発散するであろうときの \bar{P}/\bar{A} (これが着火の臨界条件に相当する)は、流速が大きいほど大きかった。この条件(臨界着火条件)付近では熱面温度はほとんど一定の準定常的な状態で着火する。このとき熱面に与えた電力は熱エネルギーとして全て未燃気へ伝わっていると考えられるので、温度がほぼ定常な状態で着火した場合、 $\bar{q}_{w,c} = \bar{P}/\bar{A}$ とみなせる。また、 \bar{t}_{ig} の \bar{P}/\bar{A} に対する依存性に対して当量比はほとんど影響せず、流速のみに依存することが分かった。

- ② ヒーターの寸法は \bar{t}_{ig} と \bar{P}/\bar{A} の関係に大きく影響する。すなわち、ヒーター寸法が大きいほうが着火臨界となる \bar{P}/\bar{A} が小さくなる。
- ③ ヒーターの配置については、流れに対向するように配置した場合のほうが着火臨界となる \bar{P}/\bar{A} が小さくなる。
- ④ 対向配置の場合、流れがあると熱面上端あるいは下端から着火するのがほとんどであった。流れがない場合は熱面上端から着火した。平行配置の場合は熱面中心から着火する場合があった。いずれも、流れに対して熱面の背部から着火していた。すなわち、着火に対して熱面の6面すべてが寄与するわけではない。

これらの結果をもとに、着火臨界となる供給パワー(熱流束) $\bar{q}_{w,c}$ を支配する無次元式を次元解析より求めることとした。以上の観察結果から、 $\bar{q}_{w,c}$ は以下のように表されると仮定する。

$$\bar{q}_{w,c,r} = f_1(\bar{\rho}, \bar{c}, \bar{\lambda}, \bar{\delta}_T, \Delta\bar{T}_{w,c}, \Delta\bar{T}_{ad}, \bar{S}_u, \bar{d}, \bar{L}) \quad (1)$$

ただし $\bar{q}_{w,c,r} = (\bar{A}/A_s)\bar{q}_{w,c}$ 、ここで \bar{A} は着火に寄与する有効面積、 A_s は総面積で、上述の④により着火に有効な熱面面積を補正した熱流束値を表している。 $\bar{\lambda}$ は熱伝導率、 $\bar{\rho}$ は未燃気の密度、 \bar{c} は定圧比熱、 \bar{S}_u は燃焼速度、 $\bar{\delta}_T$ は平均温度境界層厚さ、 $\Delta\bar{T}_{w,c}$ は着火時の熱面温度と未燃気温度の差、 $\Delta\bar{T}_{ad}$ は断熱火炎温度と未燃気温度の差、 \bar{L} は鉛直方向の熱面寸法、 \bar{d} は流れ方向の熱面寸法である。Buckingham の π 定理により、式(1)を無次元化すると式(2)が得られる。

$$\bar{q}_{w,c,r}^* = \frac{\bar{q}_{w,c,r}}{\bar{\rho}\bar{c}\bar{S}_u\Delta\bar{T}_{ad}} = f_2\left(\frac{\bar{\lambda}}{\bar{\rho}\bar{c}\bar{S}_u\bar{L}}, \frac{\bar{\delta}_T}{\bar{L}}, \frac{\bar{d}}{\bar{L}}, \frac{\Delta\bar{T}_{w,c}}{\Delta\bar{T}_{ad}}\right) \quad (2)$$

実験データをもとにニュートン法で各無次元数のべき乗数及び比例定数を求め、関数形を定めると式(3)を得る。

$$\bar{q}_{w,c,r}^* = \frac{\bar{q}_{w,c,r}}{\bar{\rho}\bar{c}\bar{S}_u\Delta\bar{T}_{ad}} = X \left(\frac{\bar{\lambda}}{\bar{\rho}\bar{c}\bar{S}_u\bar{L}}\right)^{0.94} \left(\frac{\bar{\delta}_T}{\bar{L}}\right)^{-0.15} \left(\frac{\bar{d}}{\bar{L}}\right)^{-0.46} \left(\frac{\Delta\bar{T}_{w,c}}{\Delta\bar{T}_{ad}}\right)^{1.4} \quad (3)$$

式(3)は、着火臨界となる熱流束がペクレ数(移流による熱移動と熱拡散の比)で支配されることを示している。すなわち移流による熱移動が分子拡散による熱移動に比べて大きい場合、着火しにくくなることを意味しており、経験的にも、実験データからも妥当である。式(3)右辺第1項のべき乗数を1、第3項のべき乗数を-0.5とみなして式(3)を再整理すると、式(4)を得る。

$$\bar{q}_{w,c,r} \sim \Delta\bar{T}_{ad} \cdot \left(\frac{\bar{\lambda}}{\bar{L}}\right) \cdot \left(\frac{\bar{\delta}_T^{-0.15} \cdot \bar{d}^{-0.15}}{\bar{L}^{-0.65}}\right) \cdot \left(\frac{\Delta\bar{T}_{w,c}}{\Delta\bar{T}_{ad}}\right)^{1.4} \quad (4)$$

これにより、有次元の形で着火臨界となる熱流束を求める式が導けた。図3は式(3)の関係を実験データおよび参考文献のデータを合わせてプロットしたものである。流速の有無によってデータが2系統に分かれることがわかる。これは対流メカニズムの違いに起因する。そこで、それぞれ自然対流、強制対流に分けて比例定数 X を求めると $X = 9.16$ (自然対流) および $X = 4.62$ (強制対流) を得た。

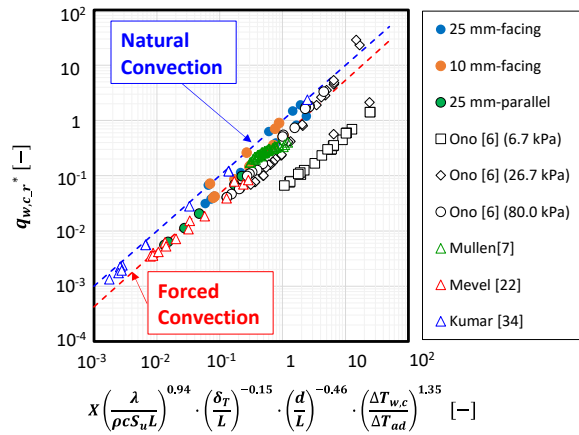


図3 プロパン/空気予混合気を用いた実験における式(3)の関係と実験データの比較

4.2 水素/空気予混合気を対象とした着火臨界条件予測モデルの拡張[3]

(1) 本研究の概要及び実施条件

4.1節で構築した、熱面着火臨界条件の予測モデルの適用範囲を明確化するために、水素/空気予混合気を対象として同様の実験を実施することとした。使用した実験装置は4.1節のものと

同じである。燃料には水素（大陽日酸製，純度 99.99%）を，酸化剤には工業用グレードの乾燥空気を用いた。本実験では容器耐圧の都合上，化学量論組成付近での実験は実施せず，以下の濃度条件で実験を行った。

- ・希薄混合気：11 vol% ($\phi = 0.31$)，17 vol% ($\phi = 0.49$)，22 vol% ($\phi = 0.70$)
- ・過濃混合気：69.8 vol% ($\phi = 5.50$)，71.6 vol% ($\phi = 6.00$)，74.6 vol% ($\phi = 7.00$)

流速は 0 m/s および 0.5 m/s とし，加熱時間は最大 10 分間とした。各濃度・電圧条件下で 5 回ずつ着火実験を実施し，5 回のうち 5 回とも不着火となる最大の電圧を着火臨界条件と定義した。燃焼容器に取り付けた圧力トランスミッタにより，105 kPa 以上の圧力上昇がみられた場合を着火と定義した。

(2) 結果及び考察

図 2 に示した，プロパンを燃料とした場合の着火時間 \bar{t}_{ig} と \bar{P}/\bar{A} の結果に，水素を燃料とした結果を重ねてプロットしたものが図 4 である。図 2 との大きな違いは，水素の場合 \bar{t}_{ig} と \bar{P}/\bar{A} の関係が濃度によって変化することである。具体的には，各流速とも当量比が増加するにつれて着火臨界となる \bar{P}/\bar{A} が増加する。熱面着火はスパーク着火などに比べて，着火源の単位時間・単位面積あたりエネルギー密度が小さいので，着火には相当な時間を必要とする。したがって，燃焼速度の当量比依存性が小さい場合は，主に未燃気の温度上昇過程（すなわち，反応に要する特性時間）が律速過程となって着火時間を左右すると考えられる。しかしながら水素の場合，当量比が変化すると燃焼速度が大きく変化するうえ，その絶対値も大きいので，プロパン/空気予混合気では着火に至らないような当量比でも，着火に至る場合が生じてくる。それゆえ，着火に至る臨界条件にも濃度依存性が生じやすいと考えられる。

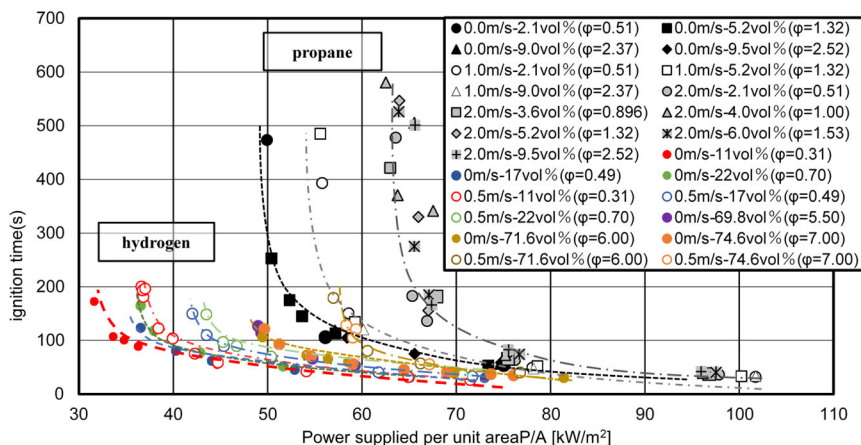


図 4 プロパン/空気予混合気及び水素/空気予混合気における \bar{P}/\bar{A} と \bar{t}_{ig} の関係

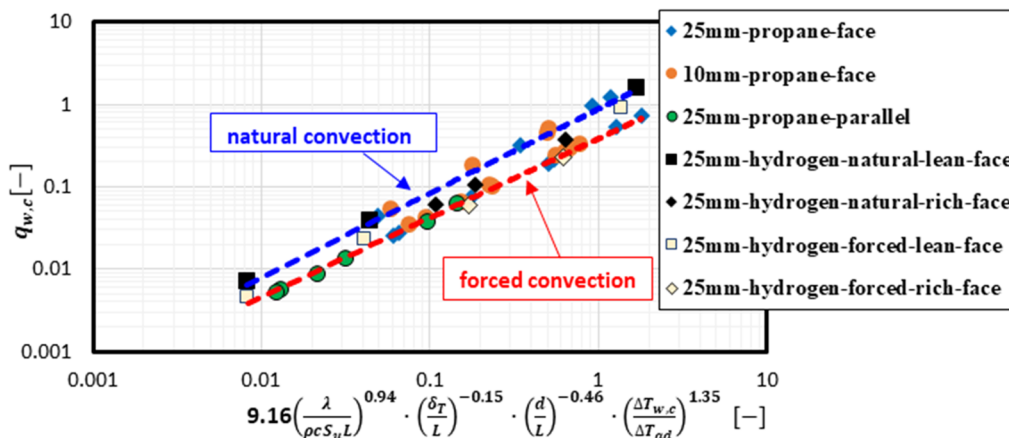


図 5 プロパン/空気予混合気及び水素/空気予混合気の臨界着火熱流束と式(3)の相関

図 5 は図 3 に水素を燃料として得た結果を重ねたものである。まず流速 0 m/s（自然対流）の場合，希薄組成で得られる結果はプロパンの結果と良好に一致しているが，過濃組成における結果はプロパンの結果よりも下にプロットされた。すなわち，プロパンよりも着火しやすいことを意味している。しかしながらそれ以外のデータはおおむね式(3)の結果に一致した。すなわち，上記のような燃焼速度の当量比依存性があってもその影響は限定的であり，着火に至る臨界の熱流束はプロパン/空気予混合気のみならず水素/空気予混合気に対しても，式(3)にておおよそ予測可能であることが分かった。

4.3 高温熱面周囲の気相温度計測による着火予測手法の確立[4]

(1) 本テーマの概要

4.2 節までの検討で、予混合気が高熱面に衝

突した場合に着火に至る加熱条件を定量的に評価する手法が確立できた。しかしながら、予混合気と高温熱面が衝突して、「いつ」着火するかについては未解明である。そこで、予混合気と高温熱面の衝突による着火現象について、熱面温度および気相温度の計測結果を解析することにより、着火の予兆を検出できる手法の可能性について検討した。

(2) 検討手法及び成果

4.1 節に示した実験装置を用い、熱面直上に極細 K 型熱電対(シース直径 0.1 mm, 応答速度 1 ms) を 1 点設置して、加熱時の気相温度の時間変化を計測した。図 6 は計測結果の一例である。図 6 において、まず解析対象とする区間(以下“解析区間”)のデータ数 n を決定する。ある時刻における解析区間内の温度データを横軸に、同じ解析区間幅を持ち、解析区間から任意のタイムラグ k だけずれた温度データを縦軸にとり、両者の相関係数(自己相関係数)を求める。この解析区間のセットを 10 ms ずつ追跡して、自己相関係数の経時変化を得た。その結果が図 7 である。解析区間の幅は 10s ($n = 1000$)、タイムラグは $k = 1$ (10 ms) である。図中の赤丸は着火した瞬間を示している(印加電圧 69 V, 70 V)。この 2 ケースは着火したケースであるが、自己相関係数が減少から有意に増加に転じており、着火の瞬間にはほぼ 1 となっている。一方、それ以外の 4 ケースでは、自己相関係数の継続的な現象が認められる。すなわち、不着火時のように燃焼反応の影響が温度に乗ってこない場合は、温度はランダムに変動するが、着火のように燃焼反応の影響が温度に乗ってくる場合は、温度は前の時間に起きた反応の影響を“覚えている”ために自己相関係数が増加に転じる。よって、自己相関係数の時間変化を追跡することで、着火が起きる前に検知できる可能性が高い。今回の実験結果では、自己相関係数が減少から増加に転じ、0.8 を超えるか否かを閾値として選べば、およそ 80 s ほど早期に着火を検知できそうである。

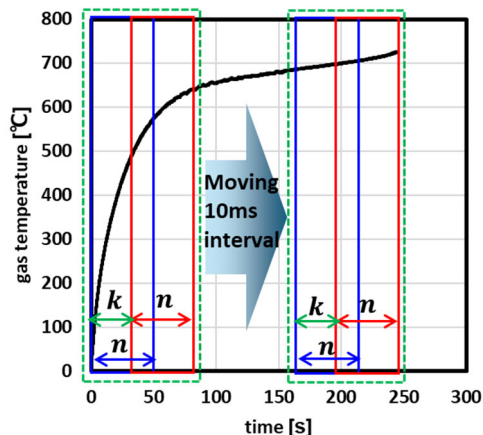


図 6 自己相関係数算出の概念図

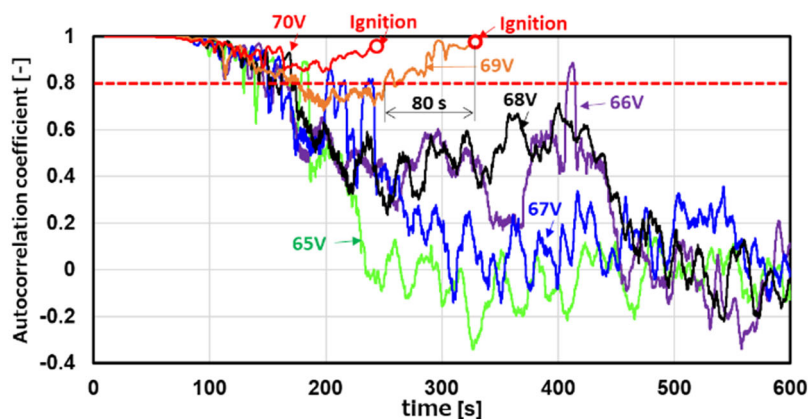


図 7 各印加電圧における気相温度の自己相関係数の経時変化。69V, 70V は着火、その他は不着火

(関連論文・口頭発表)

- [1] Imamura, T., Sakuma, H., Nakazawa, M., Kuwana, K., Critical Ignition Conditions for Propane/air Premixtures Impinging on Electric Heated Surfaces: An Experimental Study, Fire Safety Journal, 140 (2023) 103897.
- [2] Imamura, T., Oh, S., Maejima, Y., Suzuki, Y., Takeda, N., Nakazawa, M., Kuwana, K., Critical Condition of Ignition for a Stagnation Flow of Premixed Propane/Air Mixture Impinging to a Heated Surface, Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology, 2021.12.8. (online)
- [3] 山田 哲義, 今村 友彦: 流動する水素 空気予混合気の熱面着火特性, 2024 年日本機械学会北陸信越支部合同講演会, 富山, 2024.3.8.
- [4] 今村 友彦, 遠藤 剛, ティンナコンスチブト ニシヤリー, 桑名 一徳: 可燃性予混合気の熱面着火現象の早期検知手法, 令和 6 年度日本火災学会研究発表会, 野田, 2024.5.25.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3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 今村友彦, 末松潤一, 柳弘也	4. 巻 61
2. 論文標題 低流速で流動するプロパン / 空気予混合気の消炎距離	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 安全工学	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Tomohiko Imamura, Sensho Oh, Yasuyuki Maejima, Yudai Suzuki, Norikazu Takeda, Masato Nakazawa, Kazunori Kuwana	4. 巻 -
2. 論文標題 Critical Condition of Ignition for a Stagnation Flow of Premixed Propane/Air Mixture Impinging to a Heated Surface	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of 12th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology (AOSFST2021)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Tomohiko Imamura, Haruki Sakuma, Masato Nakazawa, Kazunori Kuwana	4. 巻 140
2. 論文標題 Critical ignition conditions for propane/air premixtures impinging on electric heated surfaces: An experimental study	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Fire Safety Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.firesaf.2023.103897	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18件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Tomohiko Imamura, Haruki Sakuma, Masato Nakazawa, Kazunori Kuwana
2. 発表標題 Critical Ignition Conditions for Propane/Air Premixtures Impinging on Electric Heated Surfaces: An Experimental Study
3. 学会等名 14th International Symposium on Fire Safety Science (IAFSS2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Jun-ichi Suematsu, Tomohiko Imamura
2. 発表標題 Relationship between Transient Characteristics of Burning Velocity Just After Ignition and Quenching Distance
3. 学会等名 29th International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems (ICDERS2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 末松潤一, 今村友彦
2. 発表標題 平板消炎距離と着火直後の燃焼速度の時間的挙動の関係
3. 学会等名 2023年度日本火災学会研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐久間晴希, 中澤誠人, 桑名一徳, 今村友彦
2. 発表標題 発熱体寸法が流動するプロパン/空気予混合気の着火性に及ぼす影響
3. 学会等名 第55回安全工学研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 末松潤一, 今村友彦
2. 発表標題 静穏環境下における可燃性予混合気の消炎距離予測モデルの構築
3. 学会等名 第60回燃焼シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中澤誠人, 王千翔, 前島康之, 桑名一徳, 今村友彦
2. 発表標題 加熱壁面による可燃性予混合気の着火モデル
3. 学会等名 2022年度日本火災学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 末松潤一, 柳弘也, 今村友彦
2. 発表標題 流動するプロパン / 空気予混合気の消炎距離予測モデル
3. 学会等名 2022年度日本火災学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 末松潤一, 渡辺隆斗, 今村友彦
2. 発表標題 流動プロパン / 空気予混合気の消炎距離 - 数値シミュレーション及びPIVを用いた流れ場評価の適用 -
3. 学会等名 第55回安全工学研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tomohiko Imamura, Sensho Oh, Yasuyuki Maejima, Yudai Suzuki, Norikazu Takeda, Masato Nakazawa, Kazunori Kuwana
2. 発表標題 Critical Condition of Ignition for a Stagnation Flow of Premixed Propane/Air Mixture Impinging to a Heated Surface
3. 学会等名 12th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology (AOSFST2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中澤誠人, 王千翔, 前島康之, 桑名一徳, 今村友彦
2. 発表標題 加熱壁面に衝突するプロパン / 空気予混合気の着火挙動
3. 学会等名 第59回燃焼シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 桑名一徳, 伊藤良馬, 今村友彦
2. 発表標題 可燃性予混合気の熱面着火時間の相似則
3. 学会等名 実験力学会2021年度年次講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中澤誠人, 王千翔, 前島康之, 桑名一徳, 今村友彦
2. 発表標題 加熱壁面による可燃性予混合気の着火モデル
3. 学会等名 2022年度日本火災学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 末松潤一, 柳弘也, 今村友彦
2. 発表標題 流動するプロパン / 空気予混合気の消炎距離予測モデル
3. 学会等名 2022年度日本火災学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山川将葵, 田畑佳樹, 末松潤一, 今村友彦
2. 発表標題 流動する水素/空気予混合気の消炎距離
3. 学会等名 第56回安全工学研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 末松潤一, 今村友彦
2. 発表標題 水平な平行平板間に生じた初期火炎核の伝播挙動
3. 学会等名 第56回安全工学研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 遠藤剛, 今村友彦
2. 発表標題 異常検知手法を用いたプロパン/空気予混合気の熱面着火予測手法の確立
3. 学会等名 2024年日本機械学会北陸信越支部合同講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 山田哲義, 今村友彦
2. 発表標題 流動する水素 空気予混合気の熱面着火特性
3. 学会等名 2024年日本機械学会北陸信越支部合同講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 今村友彦, 遠藤剛, ティンナコンスチブトニチャー, 桑名一徳
2. 発表標題 可燃性予混合気の熱面着火現象の早期検知手法
3. 学会等名 令和6年度日本火災学会研究発表会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

公立諏訪東京理科大学今村研究室ホームページ https://imamura-lab.labby.jp/ 公立諏訪東京理科大学今村研究室ホームページ https://imamura-lab.labby.jp/

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
研究分担者	桑名 一徳 (KUWANA Kazunori) (30447429)	東京理科大学・理工学研究科国際火災科学専攻・教授 (32660)	

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
---------	---------