



THERMAL ENGINEERING

TED Newsletter on the WEB

日本機械学会熱工学部門ニュースレター
TED Newsletter No.108 April 2026

NL108 目次

1. 第104期 部門長あいさつ

2. TED Plaza

音波を用いた混合気体分離

関本 諭志（東海大学）、上田 祐樹（東京農工大学）

拡散火炎から排出されるPMに及ぼす2環PAHの影響

柏 昂希（茨城工業高等専門学校）

3. The Eleventh JSME-KSME Thermal and Fluids Engineering Conference (J-K TFEC11) 開催報告

小宮 敦樹（東北大学）、元祐 昌廣（東京理科大学）

4. イノベーションを達成する簡易熱流動解析ソフトの無料配布

圓山 重直（東北大学）

5. 行事案内

6. その他 編集後記

第 104 期 部門長あいさつ



第 104 期 熱工学部門長

福井大学 工学系部門機械工学講座
教授 永井 二郎nagai@u-fukui.ac.jp

2026 年 4 月より第 104 期の熱工学部門長を務めることになりました福井大学工学系部門機械工学講座の永井二郎です。部門長就任にあたり、ご挨拶を申し上げます。

皆様ご存じの通り、当部門は熱力学を基盤として伝熱・燃焼・熱物性といった基礎学術分野をカバーし、分野横断的な世界的な課題や幅広い産業界のニーズに対して、時には表舞台に登場しつつも多くは縁の下の力持ちとして、社会に必要な不可欠な存在でしたし、これからもそうあり続けると確信します。現在の政府が掲げる重点分野を見ても、当部門は、AI・半導体、量子、バイオ、航空・宇宙、資源・エネルギー・GX、核融合、マテリアル、IT など多くの分野にからみます。

そのような重要な役割を持つ熱工学部門の部門長に、なぜ私のような研究業績があまり無い者が選ばれたのか、不思議に思われる方が多いはずですが（私自身がそう思います）。2つの理由に思い至りました。1つ目は、15年程前に当部門の幹事を務めたからか？ と思いましたが、おそらくほとんどの方はご存じないので、違います。すると2つ目の理由しかありません。現在、当部門の相変化界面研究会の主査を務めており、その前の研究会では長らく幹事を務めました。この一連の研究会の経緯を振り返りつつ、今期の部門長としての想いを述べたいと思います。

2007年に、小泉安郎先生（当時、工学院大学、その後、信州大学）を主査として、相変化研究会（約50名）が立ち上がりました。設置の趣旨は明確で、いずれも日本機械学会から出版された1966年の沸騰熱伝達（第1版）と1989年の沸騰熱伝達と冷却（第2版）をふまえて、第3版の出版を最終目標としました。そのために、沸騰現象と沸騰熱伝達に対する到達点と未解明点を整理するべく「沸騰伝熱徹底討論」を継続的に行うことになりました。その研究会の幹事として、大竹浩靖先生（工学院大学）と私が指名されたのです。学会活動は、言うまでもなく“お互い様”で“ボランティア”的なものであり、共通する学術的なナゾの解明と得られた知の共有を目指します。私にとって、個人的な研究活動ではなく、集団として本格的な研究活動のお世話をした最初の経験となりました。この幹事業務は、想像より大変で長期にわたったのですが、2017年にElsevier社より無事に“Boiling”（第3版の位置づけ）を出版することができました。また、後継の研究会として、高田保之先生（九州大学）を主査として、相変化界面研究会が2017年に設置され、私は幹事の1人となり、2023年からは主査を務めています。コロナ禍に入った直後の2020年以降、高田先生の英断によりオンライン研究会がスタートし、今も継続されているのはご存じの方も多いと思います。

この一連の研究会活動は私の一生の財産ですが、その活動ができたのは熱工学部門からの支援や配慮があってこそでした。研究について議論する熱工学コンファレンスを始めとする国内外の学会、広く知を伝承し社会貢献する講習会、得られた知をオーソライズし後世に残す出版・論文誌。このような様々な学会活動を、多くの方がスムーズかつ活発に行える環境を整えるのが部門運営の役割と認識します。幹事の方を筆頭に、運営委員会・総務委員会など部門運営関係者はもちろんのこと、広く熱工学部門登録者全ての皆様にも、“お互い様”で“ボランティア”的なお仕事をお願いするかもしれませんが、ご支援ならびに共創的な活動を、よろしくお願い致します。

TED Plaza

音波を用いた混合気体分離



関本 諭志

東海大学 講師
工学部機械工学科
ssekimoto@tokai.ac.jp



上田 祐樹

東京農工大学 教授
大学院工学研究院機械システム工学専攻
uedayuki@cc.tuat.ac.jp

1. はじめに

管内を伝播する音波は、圧力および速度の周期的変動を伴い、温度勾配のある細管流路など適切な条件下では、熱エネルギーを機械の仕事へ、あるいはその逆へと変換することができる。このような現象は熱音響現象と呼ばれ (Swift, 2017)、この特性を利用した熱音響デバイスは、可動部を持たないという利点から、基礎研究から応用研究に至るまで幅広く検討されてきた。

こうした熱音響研究の中で、1999年に Spoor と Swift によって、音波が混合気体の組成分布に影響を与える可能性が報告された (Spoor and Swift, 1999)。彼らは、熱音響現象の効率向上を目的として、物性値を適切に調整したヘリウム・キセノン混合気体を用いた実験を行っていたが、その過程で意図せず装置の端部において共鳴周波数に大きな差が生じることを見いだした。この結果は、装置内において混合気体の濃度差が発生していることを示唆するものであり、音波によって混合気体が分離された可能性がある」と結論づけられた。この報告は、音波による気体分離現象を示した最初の例として知られている。

一般に気体分離といえば、深冷分離や膜分離、吸着分離などの手法が思い浮かぶ。一方、音波をはじめとする振動は、流体の混合を促進する方向に働くと考えられることが多く、音波によって混合気体が分離するという現象は、直感に反し、極めて興味深い特徴を有している。

本稿では、音波による気体分離の基本的な考え方を概説するとともに、筆者がこれまで行ってきた実験 (Sekimoto et al., 2024a) および数値解析 (Sekimoto et al., 2024b) から得られた知見、ならびに現時点での課題について紹介する。

2. 音響分離の原理

管内を伝播する音波は、圧力および速度の周期的変動を伴う振動流である。圧力変動に伴う圧縮・膨張により、気体の温度も周期的に変動する。特に管内中心付近の気体は、圧縮時には昇温し、膨張時には降温する一方で、管壁近傍の気体は、管壁の熱容量が大きいいため、その温度が管壁温度に拘束されやすい。その結果、音波の一周期の中で、管壁近傍には半径方向の温度勾配が形成される。この温度勾配は、混合気体中において成分間の物質移動を引き起こす要因となる。

一般に、温度勾配に起因して生じる拡散現象は熱拡散 (Soret 効果 ; Platten, 2006) と呼ばれており、多くの場合、軽い気体成分が高温側へ、重い気体成分が低温側へ移動するようなモル流束が発生する。

並行して、管内の振動流では中心付近で速度振幅が大きく、管壁近傍では粘性の影響により速度がほぼゼロとなる。このため、熱拡散によって移動した気体成分のうち、管中心付近に存在するものは比較的大きな変位を伴って軸方向に輸送される一方、管壁近傍の気体はその場に留まりやすい。

このように、音波の一周期において、(i) 圧力変動に起因する温度勾配の形成、(ii) 温度勾配に起因する成分移動、(iii) 粘性に起因する速度分布の非一様性による輸送距離の差、が組み合わさることで、図 1 に示す模式図のように混合気体中の成分が段階的に移動する。この過程を周期的に繰り返すことで、結果として気体の分離が進行する。この物理像は、バケツリレー (bucket brigade) モデルとも呼ばれている (Geller et al., 2002)。

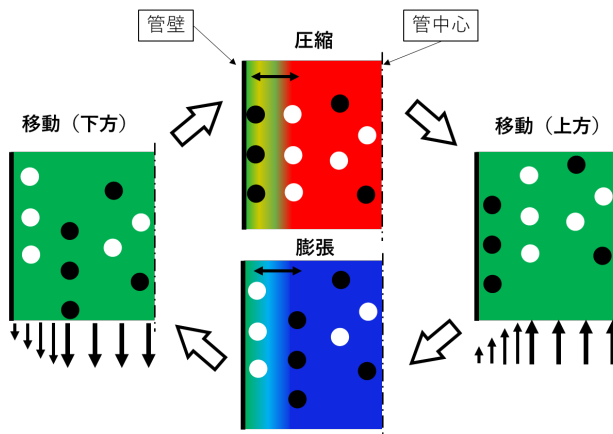


Fig. 1 Schematic of the cycle of the acoustic mixture gas separation.

3. 音響分離の実験と数値解析

本章では、音響分離の実例として、室温環境下におけるヘリウム・アルゴン二成分混合気体を対象とした実験および数値解析について紹介する。

3・1 音響分離の実験

実験は、図 2 に示すスピーカーを音源とする共鳴管系を用いて行った。装置は、直径および長さの異なる三種類の管から構成されており、特に内径が小さく軸方向に長い分離管(直径 2.4 mm, 長さ 1.86 m)において、気体分離が顕著に生じることを想定して設計している。

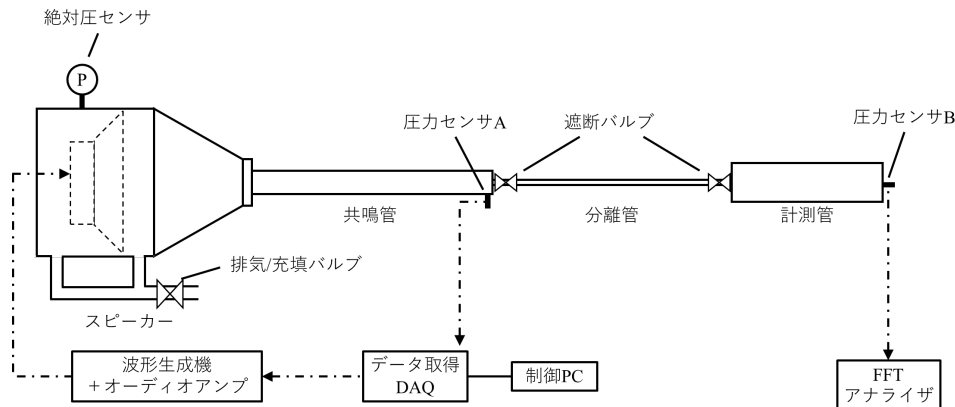


Fig. 2 Schematic of an experimental apparatus.

装置内を真空引きした後、共鳴管側の遮断バルブを閉じてヘリウムおよびアルゴンを順に注入し、音波を用いて共鳴管内で強制的に混合した。自然拡散の場合、十分な混合を達成するには約 1 日を要するが、音波を用いることで約 1 時間で混合状態に到達する。一つの実験の中で、「混合」と「分離」という相反する効果を音波が示す点は、本現象の興味深い特徴の一つである。

混合後、遮断バルブを開放して装置内に混合気体を行き渡らせた後、音波を入力して音響分離を開始した。音波は共鳴周波数で入力するが、分離の進行に伴い装置内の気体組成が変化するため、共鳴周波数および圧力振幅も時間とともに変化する。そのため、共鳴管に設置した圧力センサの値を用いて、共鳴状態を保ちつつ圧力振幅が一定になるよう、駆動周波数およびスピーカー入力電圧を逐次制御した（メインではないが、この逐次制御部の導入はそれなりの工夫と時間をかけている）。

分離の評価は計測管内の気体を対象として行った。一時的に計測管側の遮断バルブを閉め、インパクト加振、すなわち計測管側面をゴムハンマーで叩くことによって気柱共鳴周波数を測定し、これを気体組成に換算した。ヘリウムのモル分率が 50%程度の場合には比較的容易に共鳴周波数を観測できるが、モル分率が高くなるにつれて混合気体の密度が低下し、加振によって生じる振動は著しく小さくなる。80%を超える条件では、十分な信号を得るために、1.5 mm 厚ステンレス製の計測管が実験後にへこんでいるくらい強い加振が必要となり、この測定手法は想像以上に力仕事であった。

代表的な実験結果を図 3 に示す。初期ヘリウムモル分率 50%の混合気体に対し、約 80 時間の音響励起を行うことで、計測管内のヘリウムモル分率は約 76%にまで増加した。分離速度は一定ではなく、実験開始直後は比較的速いものの、時間の経過とともに徐々に低下し、最終的には収束する傾向を示した。

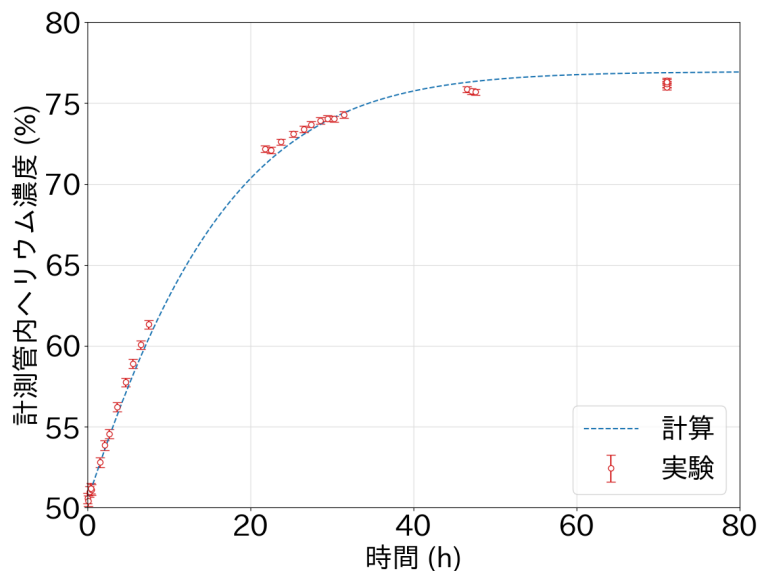


Fig. 3 Time dependence of mole fraction nHe in the measurement tube. The gas-separation experiment was conducted under the condition that the initial molar fraction was 0.50, and the pressure amplitude was 3.0 kPa with 2nd resonance frequency.

3・2 音響分離の数値解析

実験では計測管内の平均モル分率は評価できるものの、装置全体の濃度分布を直接把握することは困難である。また、分離効率向上に向けた設計検討を行う上でも、空間分布の情報は不可欠である。局所的に混合気体を抽出し、ガスクロマトグラフを用いて測定する手法も報告されているが (Li et al., 2025)、高い空間分解能での測定は容易ではなく、気体抽出による系への影響も無視できない。

このような背景から、音響分離の進行過程を追跡可能な数値解析手法の確立を試みた。熱音響分野で広く用いられている解析コード DeltaEC (Ward et al., 2021) は、収束後の定常状態を対象とした解析は可能であるが、分離が進行する過渡状態を扱うことは難しい。本研究では、従来の熱音響理論に時間発展の概念を組み込み、音響分離過程の時間変化を計算可能とする手法を検討した。

手法の詳細は割愛するが、図 3 に示す通り、得られた数値解析結果は実験結果と良好に一致しており、提案手法の妥当性が確認された。さらに、数値解析により得られたヘリウムモル分率の空間分布の時間発展を図 4 に示す。結果より、分離管において大きな濃度勾配が形成されること、

その勾配が必ずしも線形ではなく、装置内の音響場分布と強く関連していることなどが明らかとなった。また、共鳴管内においても局所的な分離が生じていることが示され、実験のみでは把握できなかった挙動を明らかにすることができた。これらの結果から、本数値解析手法は装置設計を検討する上で有効なツールになるものと考えられる。

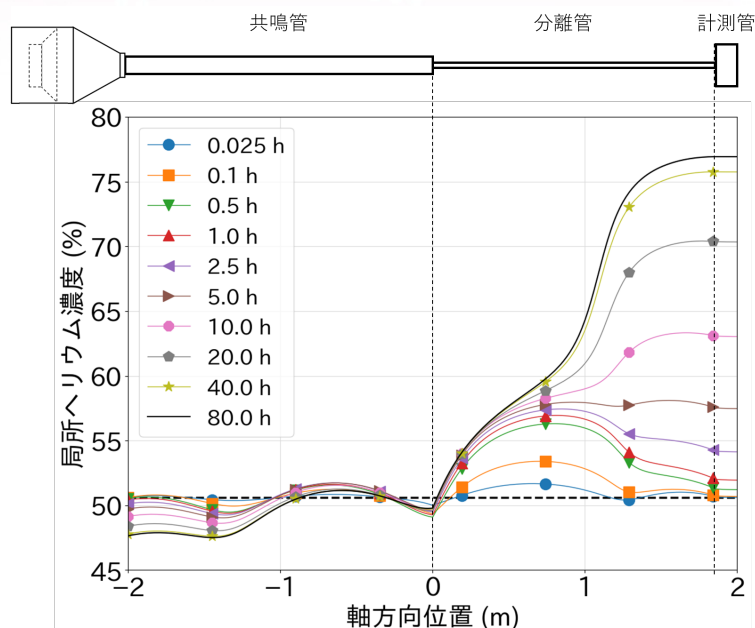


Fig. 4 Temporal changes in the distributions of the molar fraction of He. This plot includes the resonance tube (–2.0 to 0.0 m), the separation tube (0.0 to 1.86 m), and the measurement tube (1.86 to 2.0 m). Note that the symbols are provided for visual guidance and do not represent the calculation points.

4. おわりに：音響分離の今後

本稿では、熱音響研究の中で見いだされた「音波による気体分離」という現象について紹介した。現時点では基礎的な物理現象の理解が中心であるが、音波による気体分離が実現した際の潜在的な利点は大きいと考えられる。一方で、解決すべき課題も多く残されている。

まず、分離に要する時間が長いことが挙げられる。本研究で示した実験では、収束状態に到達するまでに約80時間を要しており、短縮にはさらなる形状設計や運転条件の工夫が必要である。また、最終的なモル分率も約76%に留まっており、実用を視野に入れるには、より高純度化を達成する手法が求められる。この点については現在、多段システムによる分離効率向上を検討している (Otomo et al., 2025)。

これらの課題に対して、「入力音波の強度を上げればよいのではないか」と考えるのは自然である。しかし、ここに流体力学の面白さと難しさ、そして数値解析手法の限界が現れる。図5に入力音波の圧力振幅を変化させた実験と数値解析の比較を示した。圧力振幅を増加させた場合、数値解析では分離速度および最終分離量が増加する一方、実験では圧力振幅が大きい条件で分離が途中で抑制される。この結果は、数値解析で考慮していない物理過程が、実際の系では重要な役割を果たしていることを示唆している。

考えられる要因の一つは、高圧力振幅条件における流れ場の非線形化である。熱音響理論では、ナビエ・ストークス方程式を熱音響的仮定のもとで準一次元の線形化式に簡略化しており (Rott, 1969)、高速度振幅に伴う乱流の発生 (Ohmi and Iguchi, 1982) や、管接合部における局所的な流れ方向の変化 (Oosterhuis et al., 2016) といった非線形効果を表現することはできない。これらの効果は、半径方向の流れを誘起し、熱拡散による成分移動を阻害する可能性がある。

数値解析モデルにおいてこれらの非線形効果をどのように取り込むか、あるいは実験装置側の形状工夫によって分離抑制を回避する方法を検討することが重要である。これらの課題を一つずつ明らかにしていくことが、音波による気体分離現象の理解を深め、その工学的応用に向けた重要なステップになると考える。

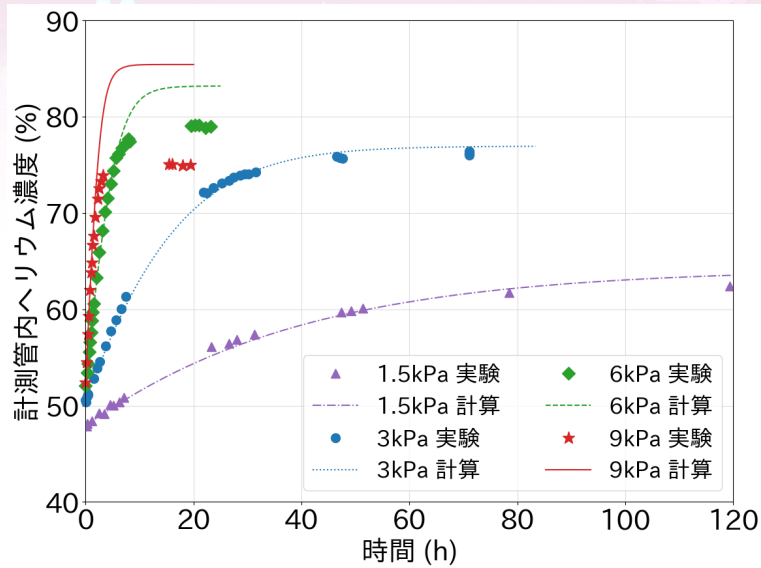


Fig. 5 Comparison of experimental and simulation results for the time-dependent molar fraction of He in the measurement tube under various pressure amplitudes.

謝 辞

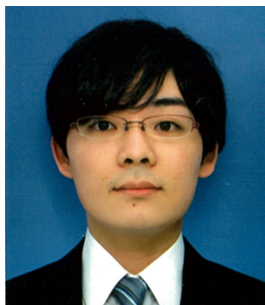
本研究は、JSPS 科研費 JP22H01966 の助成を受けた。

文 献

- Geller, D., and Swift, G., Saturation of thermoacoustic mixture separation, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 111 (2002), pp. 1675–1684.
- Li, M., Murakami, S., Kusudo H., Biwa, T., and Shoji, E., Investigation of Thermoacoustic Separation of Helium–Argon Mixture in Stack, *Twenty-Second International Conference on Flow Dynamics*, (2025), OS22-12.
- Otomo, T., Sekimoto, S., and Ueda, Y., Effect of Acoustic Impedance Boundary Conditions on Thermoacoustic Gas Mixture Separation in a Narrow Tube, *Twenty-Second International Conference on Flow Dynamics*, (2025), OS22-13.
- Platten, J. K., The Soret effect: A review of recent experimental results, *J. Appl. Mech.*, Vol. 73 (2006), pp. 5–15.
- Rott, N., Damped and thermally driven acoustic oscillations in wide and narrow tubes, *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik ZAMP*, Vol. 20 (1969), pp. 230-243.
- Sekimoto, S., Yamagishi, Y., and Ueda, Y., Revisiting acoustical gas-mixture separation, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 155 (2024a), pp. 673–680.
- Sekimoto, S., Yamagishi, Y., Otomo, T., and Ueda, Y., Spatiotemporal evolution of molar fraction in acousticresonance tube filled with He-Ar mixture, *J. Acoust. Soc. Am.* 156(2), (2024b), pp. 1425-1439.
- Spoor, P., and Swift, G., Mode-locking of acoustic resonators and its application to vibration cancellation in acoustic heat engines, *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 106 (1999), pp. 1353–1362.
- Swift, G. W., *Thermoacoustics: A unifying perspective for some engines and refrigerators*, Springer, (2017).
- Ward, B., Clark, J., and Swift, G., Design environment for lowamplitude thermoacoustic energy conversion DeltaEC version 7.0.2 users guide, <https://www.losalamosthermoacoustics.org/deltaec.html> (Last viewed January 8, 2026).

TED Plaza

拡散火炎から排出される PM に及ぼす 2 環 PAH の影響



柏 昂希

茨城工業高等専門学校 准教授
 国際創造工学科 機械・制御系
kkashiwa@ibaraki-ct.ac.jp

1. はじめに

大気中を漂う粒子は粒子状物質 (Particulate Matter: PM) と呼ばれ、大きさや発生源、構成する成分が異なる様々な粒子の混合物である。土壌由来の物質や海塩粒子など元々自然界に存在していた物質から生成された微粒子はヒトの健康に有害な物質は少ないとされている。一方で人為的な発生源から排出される PM には元素状の炭素や金属成分、硫酸塩、硝酸塩などが含まれており人体への有害性が問題視されている。なかでも炭化水素燃料の燃焼場から排出されるナノメートルサイズの PM は、呼吸と共に人の肺の深部まで到達し、肺機能障害や呼吸器疾患、循環器疾患、発癌作用など人体に悪影響を及ぼす大気環境汚染物質である (福津, 2014) ことから、その排出低減が求められている。

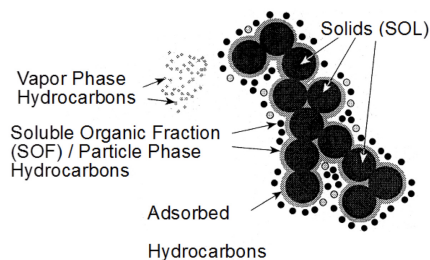


Fig. 1 Schematic of PM.

2. PM の生成メカニズムと研究目的

PM は燃料過濃状態での燃焼 (不完全燃焼) により生成される。燃焼場で生成される PM には、炭化水素や未燃燃料、微小な水滴等が含まれており、このような PM から揮発性成分を取り除いたものが煤 (Soot) である。図 1 に PM の概略図を示す (Johnson, et al. 1994)。燃焼場で生成される PM の主な成分は Soot であり、Soot に気相の炭化水素や可溶性有機成分 (Soluble Organic Fraction: SOF) としての炭化水素化合物等が付着した状態が一般的な PM の状態である。

燃焼場における基本的な Soot 生成過程を図 2 に示す。炭化水素燃料は高温場での熱分解によって燃料よりも炭素数が少ない炭化水素へと分解される。このとき CH_x の構造を持つメチン、メチレン、メチルラジカルや、 C_2H_x の構造を持つアセチレン、エチレン、エチニルラジカル、ビニルラジカル等が熱分解により生じる。酸素が十分に存在する燃焼場ではこれらの炭化水素は酸化反

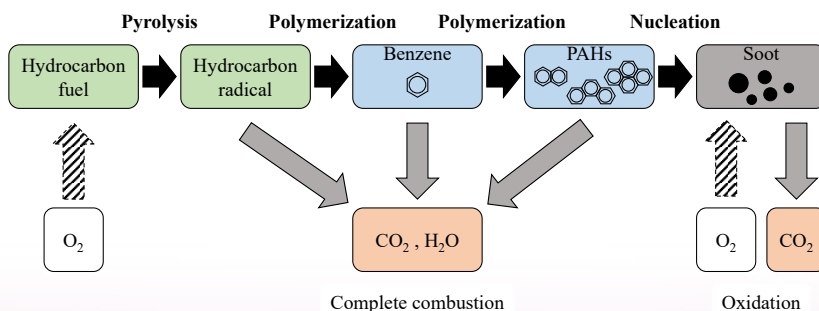


Fig. 2 Soot formation process.

応によって CO₂ や H₂O を生成して消滅する。しかし酸素の量が不十分な場合、熱分解により生じた炭化水素は重合によって単環の芳香族炭化水素であるベンゼンへと成長する。生成されたベンゼンの一部は酸化反応によって CO₂ や H₂O を生成し消滅するが、さらなる重合によって多環芳香族炭化水素 (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon: PAH) へと成長するものも存在する。PAH も酸化反応によって CO₂ や H₂O を生成するが、その多くは Soot へと成長する。PAH の多環化が進行し Soot 核へと遷移することから、PAH は Soot の前駆物質であるとされている。このように Soot の生成には PAH の存在が必要であり、Soot 生成過程において PAH はその経路の中心となる物質である。

PM 生成に関する研究は数多く行われている。火災中に存在する化学種に関して様々な計測が行われ、単環の芳香族炭化水素が形成されるまでの過程 (Stein, et al. 1990) については比較的解明されつつある。また PM の生成過程の中で、2 環 PAH のビフェニルやナフタレン、4 環のピレン、7 環のコロネン等の様々な PAH が生成される (Frenklach et al. 1991) ことも明らかにされている。PAH の生成過程については、追加の HACA (Hydrogen Abstraction-C₂H₂ Addition) メカニズムによるナフタレン形成プロセス (Frenklach et al. 1985, Frenklach et al. 1988) や、フェニルラジカルとベンゼンによるビフェニル形成プロセス (Park et al. 1999) 等が提唱されている。また、5 員環を有する炭化水素による PAH 生成メカニズム (Marinov et al. 1996, Melius et al. 1996, Marinov et al. 1997) やフェニルラジカルによって PAH が急速に成長する PAC (Phenyl Addition-Cyclization) メカニズム (Shukla et al. 2008, Shukla et al. 2011) 等も提唱されている。このように様々な PAH 生成経路が提案されているが、PM 生成に支配的な PAH の詳細は明らかにされていない。

筆者らは過去に、ベンゼンの低温熱分解により生成された PAH および PM について調査を行い (Kashiwa et al. 2018, Kashiwa et al. 2020) 酸素の存在によってビフェニル生成を介した PAH の成長経路が、ナフタレン生成を介した PAH の成長経路に変化する可能性を示した。図 3 は過去の研究によって得られた PAH 質量濃度の結果であり、ベンゼンを無酸素条件 (当量比 $\phi = \infty$) で熱分解することで多量のビフェニルが生成されるが、酸素混合条件 ($\phi = 2.8$) で熱分解することでナフタレンが多量に生成されるように変化することを示している。また、この 2 環 PAH の生成経路の変化が PM 生成量 (図 4) に影響を及ぼしている可能性について示した。現在は、単環の芳香族炭化水素が多環化して PAH, PM へ成長する過程に注目し、単環芳香族炭化水素であるトルエンと分子構造が単純な 2 環 PAH (ナフタレン、ビフェニル) の混合燃料の拡散火災から排出される PM の質量濃度等を測定し、PM 生成に及ぼす 2 環 PAH の影響について調査を行っている。

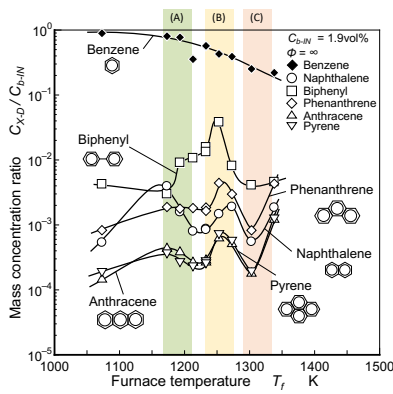


Fig. 3 Normalized mass concentrations of PAHs (Kashiwa et al. 2020).

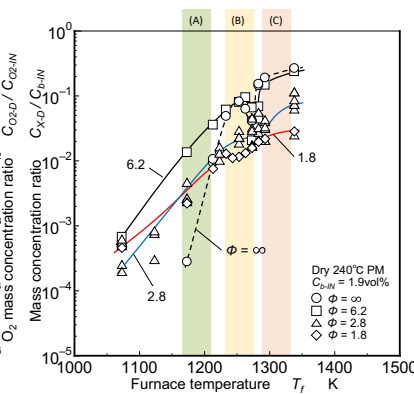
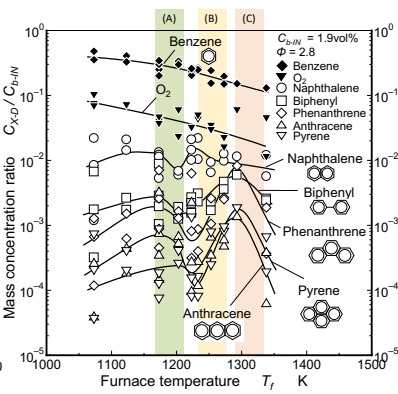


Fig. 4 Normalized mass concentrations of PM (Kashiwa et al. 2020).

3. 2 環 PAH が PM 生成に及ぼす影響

現在の研究では図 5 に示すような灯芯燃焼装置を用いており、バーナーに取り付けた綿製の灯芯を用いて火炎を形成する。バーナーには外径 14 mm、内径 10 mm のステンレス円筒を用い、その中に直径 10 mm の綿製の灯芯を挿入した。灯芯の高さはバーナーの上端から 5 mm であり、バーナー内の燃料の液面高さは一定に制御されている。燃料にはトルエンを用い、これに 2 環 PAH であるナフタレンを 1~20wt% 添加したトルエン-ナフタレン混合燃料と、ビフェニルを 1~20wt% 添加したトルエン-ビフェニル混合燃料を用いて拡散火炎を形成した。火炎から排出された PM はガ

ラスフィルタ(直径 110 mm, ADVANTEC GA-55)を用いたフィルタ法によって捕集された。フィルタに捕集された PM は水分や SOF(Soluble Organic Fraction)等を含んでいるため、これらを除去するために 120°Cで乾燥処理を行った後、電子天秤で質量を測定した。図 6 にトルエン, トルエン-ナフタレン 10wt%, 20wt%混合燃料, トルエン-ビフェニル 10wt%, 20wt%混合燃料によって形成された灯芯火炎の火炎写真を示す。トルエンの灯芯火炎は火炎先端が開いた輝炎を形成し、火炎先端からは黒煙が排出される。火炎高さは燃料条件を変えてもおおむね同じ高さであった。

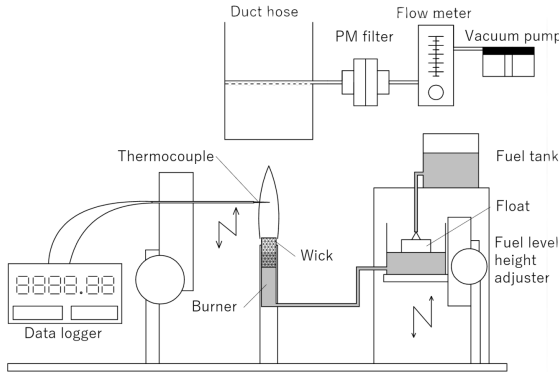


Fig. 5 Schematic diagram of experimental setup.

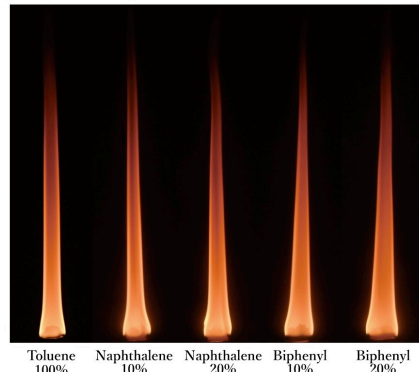


Fig. 6 Photographs of test flames.

トルエンおよびトルエン-ナフタレン混合燃料, トルエン-ビフェニル混合燃料の火炎温度測定結果を図 7 に示す。火炎温度は灯芯火炎の中心軸に沿って測定を行い、火炎長さ $L_f=0$ mm は灯芯上端を表している。図 7 に示すように、トルエン火炎の灯芯先端における温度は約 900 K であり、灯芯先端から火炎下流に向かって火炎温度は上昇した。 $L_f=60$ mm の位置で火炎温度は約 1250 K となり、火炎下流に向かって温度は低下した。トルエン-ナフタレン混合燃料についても灯芯先端から下流に向かって温度が上昇し、最高温度を示した後に温度が低下した。ナフタレン混合燃料における火炎最高温度とその位置は、ナフタレン 5wt%混合燃料が $L_f=40$ mm で約 1350 K, 10wt%混合燃料が $L_f=40$ mm で約 1200 K, 20wt%混合燃料が $L_f=35$ mm で約 1170 K であった。ナフタレン混合燃料の火炎では、火炎温度が最大となる位置がトルエン火炎と比べて低くなった。また、火炎最高温度については、ナフタレン 5wt%の条件のみトルエン火炎よりも高く、ナフタレン 10wt%, 20wt%の条件ではトルエン火炎よりも低くなった。トルエン-ビフェニル混合燃料についても同様に、灯芯先端から下流に向かって温度が上昇し、最高温度を示した後に温度が低下した。ビフェニル混合燃料における火炎最大温度とその位置は、5wt%混合燃料が $L_f=50$ mm で約 1100 K, 10wt%混合燃料が $L_f=40$ mm で約 1070 K, 20wt%混合燃料が $L_f=35$ mm で約 1050 K となり、火炎温度が最大となる位置がトルエン火炎よりも低くなった。また、火炎の最大温度は全ての条件でトルエン火炎およびトルエン-ナフタレン火炎よりも低くなった。

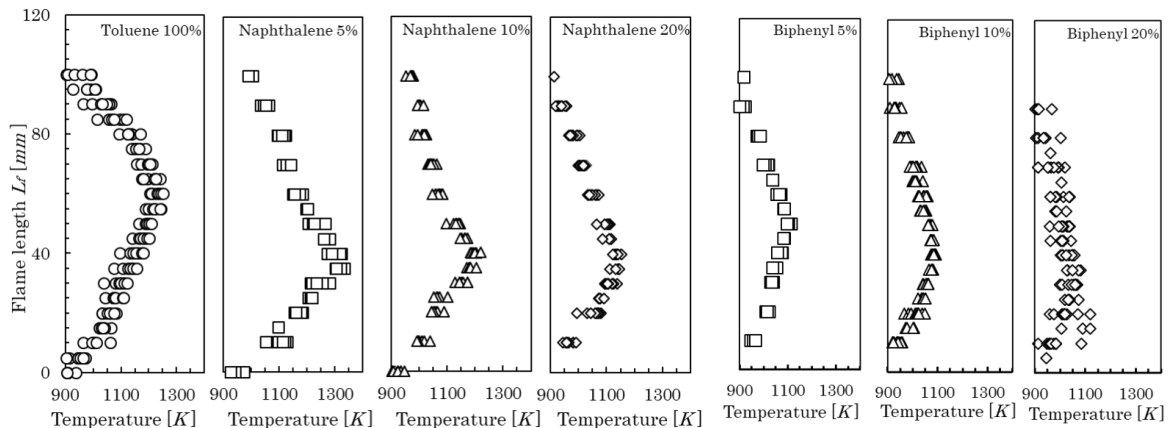


Fig. 7 Flame temperature distribution (横山ほか, 2025).

燃料に2環 PAH を混合したことで、トルエン火炎よりも火炎最大温度の位置が低くなった。輝炎が形成される火炎は、火炎先端において酸素不足により燃焼反応を伴った火炎面が存在せず、火炎上流で生成された Soot が高温により発光することで火炎が先端まで続いているように見える。燃料中に2環 PAH を混合することで混合液中のトルエン濃度は低下する。そのため、トルエンの熱分解により生成される燃焼に有用な低級炭化水素(C₂H₂ など)の濃度が低下すると考えられる。これにより、燃焼反応を伴う火炎面の高さが低下したことで火炎温度が最大となる位置が上流側に遷移したと考えられる。前述のように、ナフタレン 5wt%混合燃料の火炎最高温度はトルエン火炎よりも高くなった。本研究における熱電対での温度測定は放射補正を行っていないため、火炎内に生成された煤による黒体輻射熱が熱電対による測定に影響していると考えられる。火炎に存在する煤粒子の数によって輝炎の輻射熱は変動することから、ナフタレン 5wt%混合燃料の火炎最高温度の結果は、火炎内に多くの煤が存在している可能性が考えられる。

図8はトルエンおよびトルエン-ナフタレン混合燃料を用いて形成された拡散火炎から排出される単位時間あたりのPM排出量 m_{PM} g/min を燃料消費量 m_f g/min で無次元化した、単位質量あたりのPM排出率 m_{PM}/m_f の結果である。トルエン火炎からのPM排出率の平均は0.153であり、これは消費された燃料のうち約15%はPMとして排出されることを表している。ナフタレン混合燃料では混合率1~3wt%条件においてPM排出率の値は0.195でピークを示し、トルエン火炎のPM排出率よりも約0.04増加した。ナフタレン混合率が1~7wt%の範囲ではトルエンよりもPM排出率が増加したが、混合率10wt%、20wt%条件ではPM排出率は0.143、0.132と減少した。この結果から、トルエンにナフタレンを少量添加するとPM排出率を増加させることが明らかとなった。

ビフェニル混合燃料のPM排出率を図9に示す。トルエン-ビフェニル1wt%混合燃料、ビフェニル3wt%混合燃料、ビフェニル5wt%混合燃料、ビフェニル7wt%混合燃料、ビフェニル10wt%混合燃料、ビフェニル20wt%混合燃料のPM排出率の平均はそれぞれ0.157、0.144、0.154、0.138、0.124、0.118であった。ビフェニル混合率が3~20wt%の条件では、トルエン火炎よりもPM排出率は減少した。また、ビフェニル混合燃料からのPM排出率をナフタレンの結果と比較すると、どの混合率の条件においてもビフェニル混合燃料はナフタレン混合燃料よりも低い値を示した。

酸素不足の燃焼場では、炭化水素燃料の熱分解によって生成された低級炭化水素の一部が単環の芳香炭化水素を形成する。追加のHACAメカニズム(Frenklach et al. 1985, Frenklach et al. 1988)やPACメカニズム(Shukla et al. 2008, Shukla et al. 2011)によって単環の芳香炭化水素はPAHへと成長し、最終的にSootが生じる。トルエンに混合した2環PAH(ナフタレンやビフェニル)は、熱分解によって低級炭化水素を生成する作用と、芳香族環が崩壊せずにPAHの多環化の核となる作用の2つを有していると考えられる。ナフタレンを1~7wt%混合した条件でPM排出率が増加した結果は、トルエンの熱分解によって生じたアセチレンなどの低級炭化水素が、崩壊せずに存在したナフタレンの芳香環に付加し、3環や4環のPAHを経由してSootへと遷移し、PMを多量に生成したためであると考えられる。一方で、ナフタレンを10wt%以上混合した条件では、混合燃料中のトルエンの割合が少なくなることでHACAメカニズムにおいて重要な低級炭化水素の生成量が減少し、3環や4環へのPAH成長反応が生じにくくなる。また、低級炭化水素の濃度が低下することで火炎温度が低下し、HCやPAHが未燃成分として排出されることでPM排出率が低下したとも考えられる。

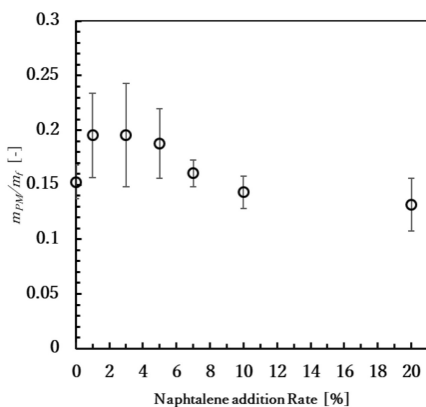


Fig. 8 PM exhaust rate (Naphthalene mixture)
(横山ほか, 2025).

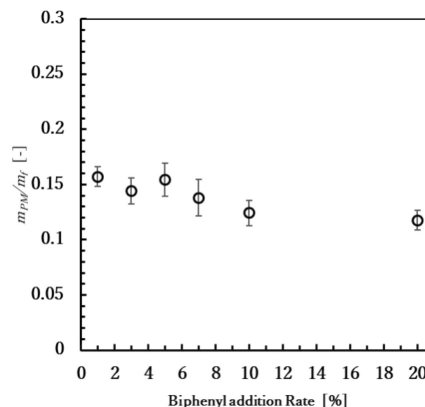


Fig. 9 PM exhaust rate (Biphenyl mixture)
(横山ほか, 2025).

ビフェニルを混合した条件では、混合率の増加に伴って PM 排出率が減少する傾向を示した。ビフェニルの混合率の増加に伴い PM 排出率や火炎温度が低下した原因は、多量のナフタレンをトルエンに混合した結果と同様に、トルエンから生成される低級炭化水素の減少によるものであると考えられる。この結果は、ビフェニルはナフタレンよりも PAH の多環化および PM 生成への寄与が小さいことを示唆している。

4. おわりに

筆者らは過去に、ベンゼンの熱分解により生成された PAH および PM への温度や酸素濃度の影響を調査し、無酸素条件ではビフェニル生成を経由する PAH の成長経路が主要であるが、酸素の添加により主要な PAH 成長経路がナフタレンやフェナントレンを介した反応経路に変化し PM 生成が促進される可能性を示した。そして、本研究で示したトルエン-2 環 PAH 混合燃料を用いた拡散火炎から排出される PM 質量の結果は、筆者らの過去の内容を支持するものであった。これらより、酸素が存在する条件下ではビフェニルよりもナフタレンを主体とした PAH 生成経路が重要であり、燃料や火炎中にナフタレンが少量存在することで PM 生成を促進する可能性があることが明らかとなった。ナフタレンは PM 生成に支配的な PAH の一つであると考えられる。今後は、上記の結果がどのような化学反応により生じているのか明らかにするため、気相の PAH の捕集・分析や 数値解析による反応経路解析を実施し、より詳細な調査を実施したいと考えている。

文 献

- 福津久美子, 吸入による PM2.5 の体内取り込みについて考えること, エアロゾル研究 29 (3) (2014) pp.200-205.
- 横山航大, 柏昂希, トルエン拡散火炎から排出される PM に及ぼす 2 環 PAH の影響, 第 63 回燃焼シンポジウム講演論文集, 2025, E321.
- Frenklach, M., Clary, D. W., Gardiner, W. C., Stein, Jr. S. E., Detailed kinetic modeling of soot formation in shock-tube pyrolysis of acetylene, Proc. Combust. Inst. 20 (1985) pp.887-901.
- Frenklach, M., Clary, D. W., Gardiner, W. C., Stein, Jr. S. E., Effect of fuel structure on pathways to soot, Proc. Combust. Inst. 21 (1988) pp.1067-1076.
- Frenklach, M., Wang, H., Aromatics growth beyond the first ring and the nucleation of soot particles, 202nd ACS National Meeting, New York, American Chemical Society, Division of Fuel Chemistry 36, (1991) pp.1509-1517.
- Johnson, J. H., Bagley, S. T., Gratz, L. D., Leddy, D. G., A Review of Diesel Particulate Control Technology and Emissions Effects, SAE Paper 940233 (1994).
- Kashiwa, K., Kitahara, T., Arai, M., Kobayashi, Y., Benzene pyrolysis and PM formation study using a flow reactor, Fuel 230 (2018) pp.185-193.
- Kashiwa, K., Arai, M., Kobayashi, Y., Oxygen Effect on PAH and PM Formation in Low Temperature Benzene Pyrolysis, Fuel 262 (2020) 116429.
- Marinov, N. M., Pitz, W. J., Westbrook, C. K., Castaldi, M. J., Senkan, S. M., Modeling of Aromatic and Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Formation in Premixed Methane and Ethane Flames, Combust. Sci. Technol. 116-117 (1996) pp.211-287.
- Melius, C. F., Colvin, M. E., Marinov, N. M., Pitz, W. J., Senkan, S. M., Reaction mechanisms in aromatic hydrocarbon formation involving the C₅H₅ cyclopentadienyl moiety, Proc. Combust. Inst. 26 (1996) pp.685-692.
- Marinov, N. M., Castaldi, M. J., Melius, C. F., Tsang, W., Aromatic and Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Formation in a Premixed Propane Flame, Combust. Sci. Technol. 128 (1997) pp.295-342.
- Park, J., Burova, S., Rodgers, A. S., Lin, M. C., Experimental and Theoretical Studies of the C₆H₅ + C₆H₆ Reaction, J. Phys. Chem. 103 (1999) pp.9036-9041.
- Stein, S. E., Walker, J. A., Suryan, M. M., Fahr, A., A New Path to Benzene in Flames, Proc. Comb. Inst., 23, (1990) 85.
- Shukla, B., Susa, A., Miyoshi, A., Koshi, M., Role of Phenyl Radicals in the Growth of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, J. Phys. Chem. A. 112 (2008) pp.2362-2369.
- Shukla, B., Koshi, M., Comparative study on the growth mechanisms of PAHs, Combustion and Flame, 158 (2011) pp.369-375.

The Eleventh JSME-KSME Thermal and Fluids Engineering Conference (J-K TFEC11) 開催報告

Chair 東北大学 小宮敦樹
Secretary General 東京理科大学 元祐昌廣

第11回日韓熱流体工学会議(The Eleventh JSME-KSME Thermal and Fluids Engineering Conference (J-K TFEC11))は、2025年10月22日(水)～25日(土)の日程で、沖縄県宜野湾市の沖縄コンベンションセンターにて開催されました。中秋の沖縄での会議開催は、常に「台風直撃」という大きなリスクを背負うものであり、今回もそのリスクに怯えながら約2年間の準備期間を経て、開催に至りました。幸いにも、期間中の台風直撃は無く、期間中には青空も垣間見ることができ、天候による大きな問題や遅延が生じることなく開催することができました。ご参加いただきました日韓をはじめとする研究者および学生の皆様には篤く御礼申し上げます。

J-K TFEC11はメイン会場として沖縄コンベンションセンターでの開催でしたが、「DAY0」として、沖縄県那覇市の「琉球オリオンホテル那覇国際通り(旧:オリオンホテル那覇)」にてWelcome Receptionを開催いたしました。これは前回のTFEC9を踏襲したのですが、会議前日に併せて韓国から入国される方々の多くが那覇市内に滞在されることもあり、那覇市内の会場での開催といたしました。当日は日中まで雨模様でしたが、開催時刻の17時頃には雨も上がり、写真1に示すようにたくさんの方にご参加いただき、盛況なWelcome Receptionとなりました。

本会議は「DAY1」から「DAY4」までの4日間をメインとし、期間を通じて5か国603名(日本:414名、韓国:186名、他3名)の参加がありました。会議では4件のPlenary Lecture、22のOrganized Session(熱工学:11セッション、流体工学:9セッション、ジョイント:2セッション)、2つのGeneral Session(熱工学、流体工学各部門)、および部門による2つの特別セッション(熱工学部門Panel Session、流体工学部門Award Ceremony)が開催され、計24のセッションでは最大9室の平行セッションで429件の発表があり、うち6件のNow Showとなりました。

「DAY1」のOpeningでは、冒頭に実行委員長の小宮より挨拶をさせていただき、ホスト側の挨拶として流体工学部門長の深瀧康二先生(慶應義塾大学)にご登壇いただきました。深瀧先生は、TFEC9でSecretary Generalを務められ、ご挨拶の中で前回の台風直撃の話を持ち出され、前回参加者は思い出されて大きく頷きながら聴いておりました。また、韓国側からはVice ChairのJaeseon Lee教授(UNIST)にご登壇いただきました。Openingの最後には、写真2に示すような参加者の集合写真を撮りまして、記録として会議のホームページに掲載しております。

このような規模で開催された本会議では、4件のPlenary Lectureがあり、「Day1」から「Day4」まで1日に1件の講演となるようにプログラムいたしました。熱工学部門からは丸田薫先生(東北大学)に基調講演をいただき(写真3)、日本の流体工学部門からは武居昌宏先生(千葉大学)、韓国熱工学部門からはMin Soo Kim先生(Seoul National University)、韓国流体工学部門からはHan Seo Ko先生(Sungkyunkwan University)にご講演をいただきました。大変小さなことではあるのですが、本会議で日韓学術的友好を(暗に?)示すために、Plenary Lectureでは講演の座長を敢えて相手国同部門のChairが行うようにいたしまして、丸田先生



写真1 Welcome Reception 会場の様子



写真2 Opening 後の参加者全体写真

の基調講演では、韓国側熱工学部門の Jaeseon Lee 教授 (UNIST) に担当いただきました。各日とも朝一番の講演ではありましたが、多くの参加者の皆さんにご出席いただけたのは大変ありがたい、強く印象に残っております。

また、22の Organized Session では、日韓の両部門 (計4部門) のオーガナイザーの皆様のご尽力により、合計76のコマ数 (熱工学:32, 流体工学:39, ジョイント:5) で開催し、大盛況で終わることができました。発表時間は15分と短めの割り当てとなってしまいましたが、発表者の皆さまが講演時間を守ってくださり、大きな遅延もなく執り行うことができました。各セッションを纏めていただきましたオーガナイザーの皆様、ご協力いただきました座長の皆様に改めて御礼申し上げます。

ここで、2つ程記録に残しておきたいことがあります。1つ目は座長についてです。これまで熱流体工学分野における国内外の会議では、座長はボランティアで担当することがほとんどであり、それはそれで全く問題ないのですが、予稿集等に名前が残る他に、座長の皆様の心にも何か残るものを、と思ひまして、実行委員会から小さな贈り物 (写真4) をお渡しさせていただきました。これを部屋に飾っていただき、見るたびに2025年の初秋の沖縄を思い出していただければ幸いです。2つ目は会議中における飲食物の提供です。J-K TFEC11は初秋の沖縄での開催ではありましたが、2025年の日本の夏は記録に残る暑さで、沖縄でも例外ではありませんでした。会場の外の気温は25°C以上となり、さらに多湿といった条件が重なったことから、“水分を多く摂ってもらう”ことと、“沖縄の味を楽しんでもらう”ことを念頭に、写真5に示すような飲食物を期間を通して提供させていただきました。これらの品は当初から準備をしていたものですが、沖縄に大変精通されている店橋護先生 (東京科学大学) から会期中にご助言をいただき、現地の味であるサーターアンダギー (写真6) を提供させていただきました。店橋先生には改めて感謝申し上げます。

「DAY3」の夜には、沖縄コンベンションセンターに隣接するラグナガーデンホテルにて Banquet が開催されました (写真7)。司会は委員長直々に指名をさせていただきまして、若手の手嶋秀彰先生 (九州大学: 写真8) をお願いをいたしました。手嶋先生は海外滞在のご経歴もあり、流暢な英語で、Banquetの初めから終わりまでマイクパフォーマンスで場を盛り上げていただき、大変感謝しております。ありがとうございました。冒頭に韓国側 Chair の Jung-II Choi 先生 (Yonsei University) からご挨拶をいただき、その後ホスト側ご挨拶を熱工学部門長の伏信一慶先生 (東京科学大学) から頂戴しまして、乾杯のご発声はこれまでの日韓熱流体工学会議に多大なる貢献をされてきました Sung Jin Kim 先生 (KAIST) をお願いをいたしました。前回の TFEC9 ではミス沖縄の方から歓迎のご挨拶をいただき、前回参加された方々からは、今回もぜひ呼びしてほしいと強く希望されておりましたが、近年の風潮や世論等を総合的に判断しまして、今回は別のイベ



写真3 丸田薫先生の基調講演



写真4 ご協力いただいた座長の皆様への贈りもの



写真5 会期中の提供飲食物



写真6 サーターアンダギー

ントを用意させていただきました。「沖縄空手 瓦割り体験」です。当初は本当に興味のある数十名の参加者のみが軽く体験されるくらいかなと推測しておりましたが、Banquet中に非常に長い列ができて、大変多くの参加者、特に若い学生さん達が瓦割体験を楽しんでおられました。主催者側としては嬉しい限りでした。また、沖縄ならではの楽しみとして“泡盛”があるのを忘れてはいけません。今回のBanquetでは「泡盛飲み比べコーナー」も設けて、参加者に楽しんでいただきました。当初は6品の飲み比べだったのですが、ラグナガーデンホテル様の粋な計らいにより、10品の飲み比べができるコーナーにさせていただきました。参加者の皆様には、友人との会話、研究者間での議論等も含めて十分Banquetを堪能いただけたものと思っております。



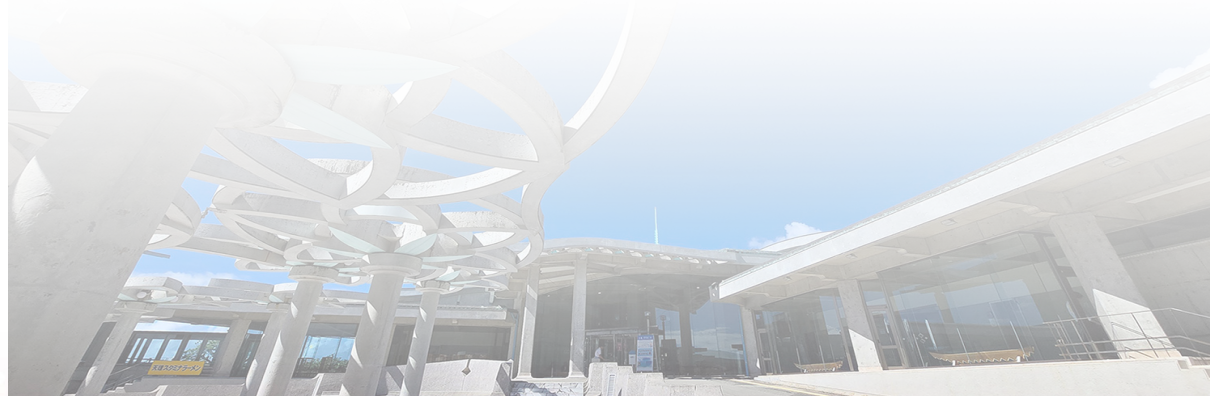
写真7 Banquetの様子



写真8 司会の手嶋秀彰先生

会議の最終日はどの会議においても多くの参加者が会場を後にし始めるものですが、「DAY4」の最終日においても本会議では多くの参加者に会場に来ていただきました。5室でのパラレルセッションとなりましたが、活発な議論がなされたものと思います。15時過ぎにはメインのA1室でClosingを行いました。Closingでは本会議のFact DataをDAY1からDAY4の写真と併せて示すとともに、次回の第12回日韓熱流体工学会議(K-J TFEC12)のアナウンスを議長であるJaeseon Lee教授よりいただきました。次回は韓国側の熱工学部門が主担当となり、2029年10月21日(日)～24日(水)に韓国釜山市のBEXCO Conventionで開催される予定です。

最後に、第11回日韓熱流体工学会議流体工学部門側副実行委員長の渡邊聡先生(九州大学)、津田伸一先生(九州大学)、Japanese Scientific Committee(日本側科学委員会)の先生方およびExecutive Committee(実行委員)の先生方には2024年度中より様々なご準備を開始いただき感謝申し上げます。特に会場担当の現地実行委員である瀬名波出先生(琉球大学)、永島浩樹先生(琉球大学)には、会場との連絡担当をはじめ、現地学生アルバイトさんの手配や、付帯会議意見交換会のお店紹介までしていただき、大変感謝申し上げます。また、前熱工学部門長の店橋護先生(東京科学大学)には、開催の3年以上前より会場手配の提案、韓国側との交渉、開催規模、懇親会のスタイル等、諸々の相談に乗っていただき大変感謝しております。この場をお借りして御礼申し上げます。この他にも、本会議を企画・運営するにあたり、一般社団法人日本機械学会の伊澤百合子氏、大谷由希菜氏、金子あんず氏、株式会社JTBの谷地田和成氏、橋本明子氏、戸張正美氏、株式会社Office PLAN Bの松本尚美氏、表素藍氏、沖縄コンベンションセンターの長勢史子氏およびスタッフの皆様にご改めまして感謝申し上げます。



イノベーションを達成する簡易熱流動解析ソフトの無料配布

圓山 重直 (東北大学)

ものづくりイノベーションを達成するには、機器の熱流動解析が重要となる場合があります。今までだれもやっていない研究開発では、大まかな熱流動計算で全体を理解することが重要です。これらの機器の開発や運用でトラブルや不具合が発生した場合、どこに問題があるかを迅速に見極めて速やかに対処することも必要です。

この簡易熱流動解析ソフトは、このような問題を解決するために開発されました。このソフトは 12 種類の形状の物体の熱伝達や流体力学的特性について、その形状のエクセルシートに数値を入れるだけで瞬時に熱伝達率や流体抵抗などの答えを得ることができます。流体は、水と空気を含む 11 種類の指定が可能です。流れ場の状態や経験式の適用範囲などが、解析結果と連動した図として表示されますので、目的とする機器の熱流動現象が理解できます。熱流動の経験式は、Schlichting[1]や Incropera[2]などの世界的に用いられている教科書から引用し、経験式の元となった実験データを記載してあります。著者が開発した、定常・非定常熱伝導解析プログラムを併用することによって、種々の熱流動問題を瞬時に解くことが可能です。

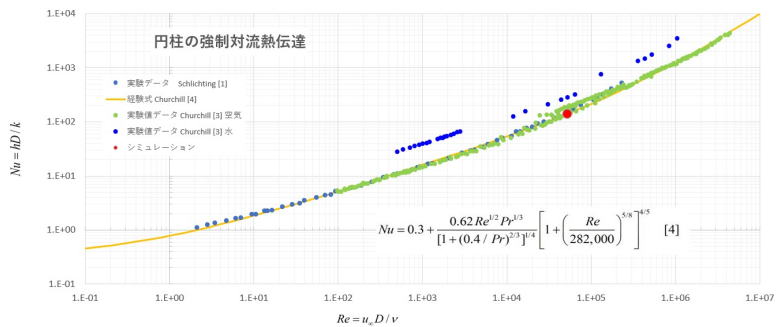
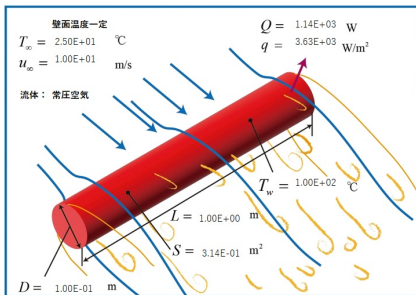
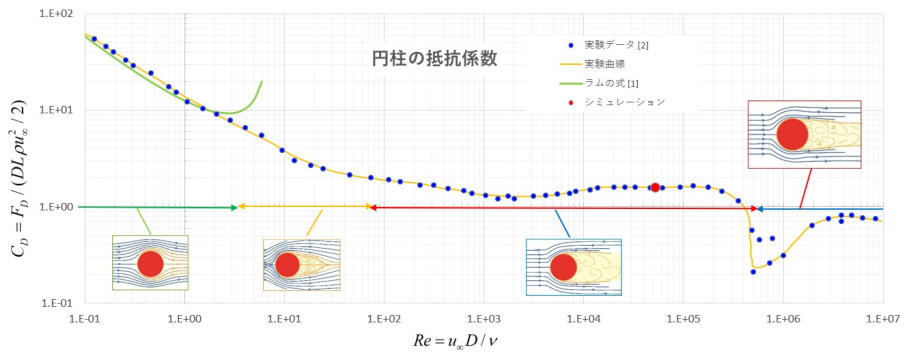
これらのソフトを使いこなすためのチュートリアルを準備しましたので、専門外の研究者や学生でも使いこなすことができます。このソフトは、下記の URL より無登録・無料でダウンロードすることができます。 https://www.ifs.tohoku.ac.jp/komiya/maru/heat_flow/index.html

皆さんの研究教育や技術者の伝熱機器設計にこのソフトをお使いください。特に、イノベーションを達成するための先端研究や技術開発にこのソフトを役立ていただければ幸いです。

参考文献

- [1] Schlichting, H., Boundary Layer Theory, 7th Ed., McGraw Hill, (1979).
- [2] Incropera, F.P., et al., Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 7th Ed., John Wiley & Sons, (2007).

形状データ	円柱の直径 D	1.000E-01 (m)
	円柱長さ L	1.000E+00 (m)
	円柱表面積 S	3.142E-01 (m ²)
熱条件	加熱条件	壁面温度一定
	壁面温度 Tw	1.000E+02 (°C)
	壁面放射率 ε	9.000E-01 (-)
	壁面温度 T _w	1.000E+02 (°C)
	伝熱量 Q	1.140E+03 (W)
	壁面熱流束 q	3.629E+03 (W/(m ²))
流体	流体の種類	常圧空気
	流速 u _∞	1.000E+01 (m/s)
	流体温度 T _∞	2.500E+01 (°C)
	壁温度 T _w	6.290E+01 (°C)
計算結果	レイノルズ数 Re	5.196E+04 (-)
	ヌセルト数 Nu	1.407E+02 (-)
	平均対流熱伝達率 h _c	4.057E+01 (W/(m ² ·K))
	中心射熱伝達率 h _c	7.815E+00 (W/(m ² ·K))
	総熱伝達率 h _t	4.838E+01 (W/(m ² ·K))
	抵抗係数 C _D	1.592E+00 (-)
	効力 F _D	9.422E+00 (N)



円柱の強制対流熱流動計算の実施例 (図中の赤丸は、表のパラメータで計算した場合の値を示す)

行事案内

部門企画行事案内

— 2026 年度 —

● [熱工学コンファレンス 2026](#)

開催日：2026 年 10 月 26 日（月）～ 27 日（火）

場 所：ウィンクあいち，愛知県名古屋市

部門関連行事案内

— 2026 年度 —

● [日本機械学会 2026 年度年次大会](#)

開催日：2026 年 9 月 6 日（日）～ 9 日（水）

場 所：東海大学湘南キャンパス，神奈川県平塚市

主 催：日本機械学会

国際会議案内

— 2026 年度 —

● [12th International Conference on Boiling and Condensation Heat Transfer](#)

開催日：2026 年 6 月 14 日（日）～ 17 日（水）

場 所：Cambridge, USA

● [18th International Heat Transfer Conference](#)

開催日：2026 年 8 月 2 日（日）～ 7 日（金）

場 所：Rio de Janeiro, Brazil

● [36th International Symposium on Transport Phenomena \(ISTP-36\)](#)

開催日：2026 年 12 月 2 日（水）～ 5 日（土）

場 所：ANA インターコンチネンタル石垣，沖縄県石垣市

その他

編集後記

本号の TED Plaza では、熱工学分野でご活躍されている先生方に、ご自身の最新の研究成果についてご紹介いただきました。

東海大学の関本諭志先生、東京農工大学の上田祐樹先生からは音波を用いた混合気体分離についてご寄稿いただきました。熱音響研究の中で見いだされた音波による気体分離現象に着目し、ヘリウム・アルゴン混合気体を対象とした共鳴管実験および時間発展を考慮した数値解析の両面から、その物理機構と分離特性を丁寧に解説していただきました。音波は一般に混合を促進するものと考えられがちですが、温度勾配に起因する熱拡散と振動流の速度分布の非一様性が組み合わさることで、分離が進行するという点は大変興味深いものです。実験と解析結果の比較からは、非線形効果の重要性やモデル化の課題が示唆されており、熱流体現象の複雑さと面白さを改めて認識させていただきました。今後のさらなる研究の進展を大いに期待しております。

茨城工業高等専門学校 of 柏昂希先生から、炭化水素燃料の燃焼場から排出される煤 (Soot) の生成機構に関する研究について、ご寄稿頂きました。煤 (Soot) の生成は未だに未解明な点が多く、ナノからマイクロメートルに至るマルチスケールの現象であることを知り、大変興味深く拝読しました。煤 (Soot) の生成機構は化学反応と輸送現象が密接に関わる、まさに燃焼の問題そのものなのですが、気相の反応物から固相の生成物が形成されるという点で、通常の固体燃焼とは逆向きのプロセスになることに新鮮な印象をうけました。

この度は、ご多忙にもかかわらず執筆をご快諾いただきましたこと、心より御礼申し上げます。

(編集担当委員：山崎・畑本)

第 103 期広報委員会

委員長：	岡島 淳之介	東北大学
幹事：	李 敏赫	東京大学
委員：	梅原 裕太郎	九州大学
	金野 佑亮	北海道大学
	橋本 将明	慶應義塾大学
	山崎 拓也	弘前大学
	畑本 明彩未	青山学院大学
	神田 雄貴	東北大学
	秋葉 貴輝	東京大学大学院