

Symposium | Co-Innovation Program (CIP) : Frontiers of Thermal Energy Engineering and Foresight for Carbon Neutrality

📅 Sat. Mar 29, 2025 1:00 PM - 3:10 PM JST | Sat. Mar 29, 2025 4:00 AM - 6:10 AM UTC 🏢 [E]F403(F403, Bldg. 4, Area 2 [4F])

[[E]F403-4pm] Frontiers of Thermal Energy Engineering and Foresight for Carbon Neutrality

Chair, Symposium organizer: Nagatoshi Komura, Eiji Hosono, Michihiro Ota, Koichi Tokudome

カーボンニュートラル実現に向けて、熱利用分野の脱炭素シフトと共に、一次エネルギーの約6割に達するとされている未利用熱エネルギーの有効活用も、カーボンニュートラル実現には避けられない課題です。これらの課題解決を支える熱エネルギー工学は、基礎理論と計測技術の深化と高度化、材料探索の高速化、社会実装の取組などにより大きく発展しています。本セッションでは、カーボンニュートラル実現のために、熱エネルギー工学分野で活躍し研究を展開されているアカデミアや企業の先生方にご講演を頂くことで、この分野の最新動向、課題、将来の展望などについて広く議論します。

本セッションは**午前**、**午後**に実施されます。
聴講後の[アンケート](#)へのご協力をお願いいたします。

🎧 Japanese 🎧 Keynote Lecture

1:00 PM - 2:00 PM JST | 4:00 AM - 5:00 AM UTC

[[E]F403-4pm-01]

Thermal Technology to Accelerate the Achievement of a Carbon-Neutral Society

○Atsushi YAMAMOTO¹ (1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)

🎧 Japanese 🎧 Invited Lecture

2:00 PM - 2:30 PM JST | 5:00 AM - 5:30 AM UTC

[[E]F403-4pm-02]

Explorations in Data-Driven Research on Thermal Management Materials

○Yibin Xu¹ (1. National Institute for Materials Science)

🎧 Japanese 🎧 Invited Lecture

2:30 PM - 3:00 PM JST | 5:30 AM - 6:00 AM UTC

[[E]F403-4pm-03]

Efforts to realize ultimate thermal efficiency and carbon neutrality in automotive internal combustion engines

○Manabu Hasegawa¹ (1. Nissan Motor Co., Ltd.)

3:00 PM - 3:10 PM JST | 6:00 AM - 6:10 AM UTC

Closing Remarks

カーボンニュートラル社会実現を加速する熱技術

(産総研 GZR¹) ○山本 淳¹

Thermal Technology to Accelerate the Achievement of a Carbon-Neutral Society

¹Global Zero Emission Research Center(GZR), National Institute of Advanced Industrial Science and Technology(AIST)

To address climate change, 155 countries and regions have announced their intention to become carbon neutral (CN). As the situation differs from country to country and region to region, the strategies and paths towards CN are left to each country. Still, the common denominator is the massive introduction of clean electricity from renewable energy, nuclear power and other sources, the promotion of electrification and, in parallel, the further deepening of energy conservation. In the industrial sector, high-temperature heat from the combustion of fossil fuels must be electrified or converted to fuels with lower carbon intensity, and more advanced cascade use of heat is required. The technological development of CCUs, which are considered to be a core part of the circular economy, is also expected to progress in the future. However, the key to their feasibility will be how efficiently they can be used for heat transfer in the various chemical processes in plants. The above-mentioned heat-related technologies required for carbon neutrality are reviewed, and future prospects are discussed.

Keywords : renewable heat; waste heat; carbon neutral; CCUS; heat pump

気候変動問題の対策として、現在世界では155の国と地域がカーボンニュートラル(CN)を目指すことを表明している。国・地域ごとに事情が異なるためCN実現にむけた戦略・道程は各国に委ねられているが、基本的に共通していることとしては、再生可能エネルギーや原子力等のクリーン電力の大量導入と電化の推進、そしと並行しての省エネのさらなる深掘り等があげられる。

産業分野では化石燃料の燃焼で得ていた高温熱を、電化するか、炭素強度の低い燃料に転換することが求められる他、より高度な熱のカスケード利用が必要となる。200℃や300℃といった高温プロセスで必要となる熱をヒートポンプ作りだせるようになれば電化は大幅に進む。熱プロセスの電化にあたり再生可能電力を利用する場合には時間変動を考慮する必要があるため、これに付随した蓄電もしくは蓄熱技術が必要になる。燃料転換では将来的には合成燃料への期待があるものの、主には価格面からバイオマス燃料など既に導入が可能なものから利用されていく。

家庭部門やビルディングでは、太陽熱や地中熱など再生可能熱の利用拡大、さらなる電化の推進、個別の暖房や冷房設備の高効率化が重要となる。冷房・冷凍技術についてはキガリ改正をうけてHFC利用が2029年以降に大幅削減となることを考えると冷媒技術とシステムの革新は大きなビジネスチャンスにもなる。

サーキュラーエコノミーの一つの核となると考えられているCCUの技術開発も今後進展があると思われるが、プラント内での様々な化学プロセスにおける熱融通をいかに効率的に行えるかが成立性の鍵となる。以上述べたカーボンニュートラルに必要な熱関連技術について俯瞰し将来展望を議論する。

伝熱制御材料データ駆動研究の挑戦

(物質・材料研究機構) 徐 一斌

Explorations in Data-Driven Research on Thermal Management Materials (*National Institute for Materials Science*) Yibin Xu

In this presentation, two examples of data-driven studies on the thermal conductivity of different materials are introduced to demonstrate the utility of this approach. In the first example, interfacial thermal resistance was predicted using machine learning with carefully selected physical and chemical descriptors. This knowledge was then utilized to design high-performance thermal insulation materials by leveraging interfacial thermal resistance. In the second example, the structural features of Ge amorphous materials with varying thermal conductivities were captured through topological data analysis of TEM images. These structural features were subsequently used to explain differences in thermal conductivity. Key aspects of data-driven research, including the required data and strategies for data curation, will be discussed, highlighting challenges and future prospects for this method.

Keywords : *Data-Driven Material Design; Topological Data Analysis; Thermal Conductivity; Interface, Amorphous*

データ駆動の研究手法を用い、材料の熱伝導率設計および解析に関する2つの研究例を紹介する。一つ目の例では、異なる材料間の界面熱抵抗について、専門知識に基づいて選定した物理的および化学的記述子を用い、機械学習を通じて予測を行った。この知見を活用し、界面熱抵抗を効果的に活用することで、高性能な断熱材料を設計した。二つ目の例では、異なる熱伝導率を持つGeアモルファス材料の構造的特徴を、TEM画像のトポロジカルデータ解析により抽出した。これらの構造的特徴を基に、Geアモルファス材料の熱伝導率の違いを説明し、アモルファス材料における熱伝導メカニズムに関する新たな知見を得た。最後に、データ駆動研究に必要なデータ、その収集方法およびキュレーション手法について議論し、データ駆動材料研究の将来展望を示す。

- 1) Electrically Conductive Thermally Insulating Bi-Si Nanocomposites by Interface Design for Thermal Management. Y. J. Wu, M. Sasaki, M. Goto, L. Fang, Y. Xu, *ACS Appl. Nano Mater.* **2018**, 1, 7, 3355.
- 2) Topological data analysis of TEM-based structural features affecting the thermal conductivity of amorphous Ge. Y. J. Wu, K. Akagi, M. Goto, Y. Xu, *International Journal of Heat and Mass Transfer* **2024**, 221, 125012.

自動車用内燃機関における究極的な熱効率向上と、カーボンニュートラル実現に向けた取り組み

(日産自動車株式会社¹) ○長谷川 学¹

Efforts to realize ultimate thermal efficiency and carbon neutrality in automotive internal combustion engines (¹*Nissan Motor Co., Ltd.*) Manabu Hasegawa,¹ ○

Internal combustion engines (ICE) have been used for automotive energy conversion machines. Automotive ICEs have evolved dramatically so far taking full advantage of the liquid fuels as their energy carrier. However, thermal efficiency is still only about 40%, which is a major issue. In recent years, due to the global warming, greenhouse gases reduction is needed.

Since the invention of the heat engine of about 300 years ago, thermal efficiency has been continuously improved, also sharp hike at the timing of technological innovation. Future direction of the thermal efficiency improvement, considering the technology trends, would be higher theoretical thermal efficiency by higher compression ratio and specific heat ratio and lower heat loss by the combustion chamber insulation. These measures might cause higher exhaust losses, but those could be compensated by the waste heat recoveries.

It could be possible to realize the carbon neutrality in ICE by combination between the thermal efficiency improvements and the use of decarbonized or carbon-neutral fuels.

Keywords : Internal Combustion Engines, Carbon Neutrality, Thermal Efficiency

自動車はモビリティの自由を提供する機械であり、推進力を得るエネルギー変換器として、内燃機関が長らく使われてきた。自動車用内燃機関は、ガソリンや軽油といったエネルギーキャリアの優位性を最大限活用しながら、各段の進化を遂げてきた。しかしながら、熱効率は現在でも 40%程度であり、近年では、地球温暖化を背景とした社会的要請から、熱効率改善による温室効果ガスの削減が急務となっている。

熱機関が発明されてから 300 年程経過しているが、この間に熱効率は継続的に改善され続けてきたが、特に技術革新時に大きな飛躍が認められる。今後の自動車用内燃機関の熱効率改善の方向性を技術的動向から考えると、まずは、高圧縮比、高比熱比として理論熱効率を高め、燃焼室内の冷却損失の低減により、図示熱効率を高めることが必要である。これらの改善に伴い、排気損失は増大するが廃熱回収により最大熱効率を更に高めることが可能である。

上述した熱効率の改善に加え、再生可能エネルギー由来の脱炭素燃料ないしはカーボンニュートラル燃料の活用を組み合わせることで、将来的には内燃機関におけるカーボンニュートラル実現も可能である。