



2019年度研究活動報告書 未到エネルギー研究センター

Activity Report 2019
Innovative Energy Research Center



東北大学
流体科学研究所

**Institute of Fluid Science
Tohoku University**

**2019年度研究活動報告書
未到エネルギー研究センター**

**Activity Report 2019
Innovative Energy Research Center**

**東北大学
流体科学研究所**

**Institute of Fluid Science
Tohoku University**

はじめに

附属未到エネルギー研究センターは、流体科学研究所が目標として掲げ、組織横断的に実施してきたエネルギー分野に関わる流体科学の研究を発展強化するとともに、異分野の学術領域とも相互に連携することにより、流体科学を基盤とする多様なエネルギー研究を展開し、エネルギー問題解決の鍵となる、従来は有効なエネルギー変換が困難であった 未到エネルギーの活用のための研究を強力に推進するセンターとして、平成 25 年 4 月に設置された。

本センターにおいては、流体科学における多様なエネルギー研究の連携により、基盤エネルギーおよび新エネルギー分野において、高効率で無駄の無い革新的なエネルギー利用体系を実現するため、従来有効なエネルギー変換が困難であった 未到エネルギーの変換やエネルギー貯蔵、輸送、および管理に関する研究を行う。具体的には、知的ナノプロセスを用いた革新的グリーンナノデバイスの研究、地球環境問題とエネルギー問題の解決を目指した地殻の高度利用のための研究、燃料多様化時代に向けた、新概念燃焼技術を基盤とした高エクセルギー効率燃焼技術の創成、環境負荷低減や循環型社会対応などの社会的要請に応える高効率で革新的なエネルギー利用体系の構築、エネルギープラントの保全高度化と機器の省エネルギー化を実現することを目的とした、知的センサ、モニタリング技術の開発、非破壊評価技術の開発、低摩擦化による省エネルギーシステム構築等に関する研究、スーパーコンピューティングと先端計測の融合に基づく革新的混相流体解析手法の開発ならびに環境調和型混相流動エネルギーシステムの創成に関する研究等を行う。

令和元年度はセンターとして 7 年目を迎え、学内における部局横断的なエネルギー研究連携および国際連携の中核組織として、学際研究重点拠点「エネルギー価値学創生研究推進拠点」および国立交通大学（台湾）との国際ジョイントラボラトリーの創設という、里見前総長時代からの長年の夢を実現することができた。また、5 年間センターが中核になって研究所連携で推進してきた経済産業省イノベーション促進事業「最先端電池基盤技術コンソーシアム」を集約し、その基盤を指定国立大学・材料科学研究拠点および学際研究重点拠点、国際ジョイントラボへ展開することで発展的に終結に導いた。更に、日本学術振興会研究拠点形成事業、ロシア政府メガプロジェクト等の大型プロジェクトも積極的に推進し、更には産業技術総合研究所（つくば、郡山）との連携も積極的に推進した。この基盤を基に、今後 3 年の活動ビジョンとして「AI, IoT 時代の革新的エネルギーキャリア」を重点研究テーマとして台湾を中心とした国際連携を活発に推進して行くこととしている。

本研究活動報告書は、令和元年度研究活動を纏めたものである。大林所長の強力なリーダーシップのもとに未到エネルギー研究センター研究活動の学内外・国内外連携の基盤を構築できたと自負しており、この度、所長交代の機会に後進にセンター長を委ねることとした。今後もしばしばご支援ご鞭撻をお願い申し上げますと共に、忌憚のないご意見をいただければ幸甚である。

附属未到エネルギー研究センター
センター長 寒川 誠二

目 次

はじめに	
1. 未到エネルギーセンターの主な研究活動	1
2. 各研究分野の研究活動	2
2-1. グリーンナノテクノロジー分野	2
2-2. 地殻環境エネルギー研究分野	10
2-3. エネルギー動態研究分野	18
2-4. システムエネルギー保全研究分野	29
2-5. 混相流動エネルギー研究分野	43
2-6. 次世代電池ナノ流動制御研究分野	49
3. 論文別刷	57
グリーンナノテクノロジー分野	57
地殻環境エネルギー研究分野	105
エネルギー動態研究分野	133
システムエネルギー保全研究分野	217
次世代電池ナノ流動制御研究分野	277
4. 参考資料	333
グリーンナノテクノロジー分野	333

1. 未到エネルギーセンターの主な研究活動

未到エネルギー研究センターの主な活動を以下にまとめる。

4月11日

未到エネルギー研究センターが中核となったエネルギー価値学創生研究推進拠点が設立。

これにあわせキックオフシンポジウムを4月11日に開催

7月1日

未到エネルギーセンターセミナー

「Recent progress in experiments and diagnostics for combustion study」

上海交通大学 Distinguished Professor Fei Qi 先生をお招きし、燃焼の化学動力学分野における世界最先端の研究をご紹介頂いた。

7月22日 未到エネルギーセンターセミナー

「Recent Flame Speed and Shock-Tube Chemical Kinetics Experiments at Texas A&M University」

テキサス A&M 大学の Eric L. Petersen 教授をお招きし、未到エネルギー研究センター・セミナーを開催

8月7日、未到エネルギーセンター特別招待講演会 九州大学高等研究院の都甲潔先生による

「自己組織化ナノテク、AI , バイオミメティックで味と匂いを可視化する」開催

2月3日 未到エネルギーセンター特別招待講演会

台湾交通大学の李 義明教授による「Overview of Modern Semiconductor Device Simulation」開催

3月23日 「量子コンピュータ実現の為の材料・プロセス、デバイス・システム、応用技術」

東北大学材料科学高等研究所、東北大学金属材料研究所計算材料学センター共催で特別講演会を開催

2. 各研究分野の研究活動

■ 2-1. グリーンナノテクノロジー研究分野

構成員

教授	寒川 誠二
教授(クロスポイント)	遠藤 和彦(産業技術総合研究所)
客員教授	福山 敦彦(宮崎大学)
客員教授	李 義明(国立交通大学)
客員教授(AIMR)	Meyya Meyyappan(NASA Ames Research Lab)
助教	都甲 将
助手(AIMR)	Firman Mangasa Simanjuntak
学術研究員	大堀 大介
技術職員	尾崎 卓哉
技術補佐員	Hua-Hsuan Chen
共同研究員	Niraj Man Shrestha(国立交通大学)
共同研究員	菊池 亜紀応(セントラル硝子)
共同研究員	野沢 善幸(SPP テクノロジーズ)
共同研究員	門井 幹夫(リソテックジャパン)
共同研究員	石田 昌久(長瀬産業)
共同研究員	栗原 秀行(昭和電工)
共同研究員	井上 和孝(住友電工)
共同研究員	久保田 智広(日本 ASM)
大学院(博士3年)	藤井 拓也
大学院(修士2年)	Aditya Saha
大学院(修士1年)	Ge Beibei
研究員	竹内 聡
学部(4年)	紺野 太壱
学部(4年)	澤田 堯廣

■ グリーンナノテクノロジー研究分野

現代社会にとって安全で安価なエネルギーの確保やエネルギーの効率的利用は重要な問題である。この問題を解決し、エネルギー技術立国を目指すため、革新的グリーンナノデバイスの研究を行っている。具体的には、発電デバイス（量子ドット太陽電池・熱電素子）、低消費電力デバイス（量子ドットレーザー・Ge トランジスタ・グラフェントランジスタなど）やこれらを合わせたナノエネルギーシステムの開発を行っている。これらのナノデバイスを作製するためには、ナノ構造を正確にダメージなく作製し、物質や量子ナノ構造の持つ本来の特性を引き出すことが必要である。本研究分野のバックグラウンドである中性粒子ビームプロセスやバイオテンプレート極限加工技術などの独自の知的ナノプロセス技術を駆使することによって初めてそのような加工が可能となる。そのために、プラズマプロセス、ビームプロセスや原子操作プロセスにおける活性種（電子、正負イオン、原子・分子、ラジカル、フォトン）と物質との相互作用（エッチング、薄膜堆積、表面改質）に関する研究や、これら原子分子プロセスに基づいた先端バイオナノプロセスに関する研究を進めている。さらに、実験と計算（シミュレーション）を融合し、原子層レベルの制御を実現できるインテリジェント・ナノプロセスの構築を目指している。

以下に、代表的な研究テーマについて説明する。

Si ナノピラー構造によるフォノン制御と熱電変換素子の研究

Si 薄膜における熱電変換素子では、Si にナノ構造を形成することで、絶対性能指数(ZT)の向上が図られている。しかしながら、従来の方法ではフォノンの平均自由工程よりも短く、電子の平均自由工程よりも長いナノ構造を周期的に作製することが困難である。本研究では、バイオテンプレート極限加工技術により 10-60nm で間隔を制御した 10nm 径 Si ナノピラー構造を周期的に作製することに成功した。更に、この手法を用いて作製した Si ナノピラー構造に熱 CVD 法を用いて SiGe をエピタキシャル成長させた熱電変換素子を作製し、Si ナノピラー構造が $ZT > 1$ を実現できることを示した(図 1)。

ナノピラー構造制御による撥水性の制御の研究

撥水性の研究は、学術的な表面科学の分野だけでなく、建設資材、化粧品、繊維処理、エレクトロニクス、光学機器、ミリ波レーダーシステム、エネルギーデバイスなどの産業分野でも、極めて注目を集めている。微細構造を持つ物質表面ではロータス効果によって撥水性が変化する。本研究では、バイオテンプレート極限加工技術を利用してSiおよび石英ナノピラー構造の間隔やピラーの高さ、直径をnmオーダーで高精度に制御することで接触角 $>115^\circ$ の高撥水性から接触角 $=0^\circ$ の超親水性が得られた。

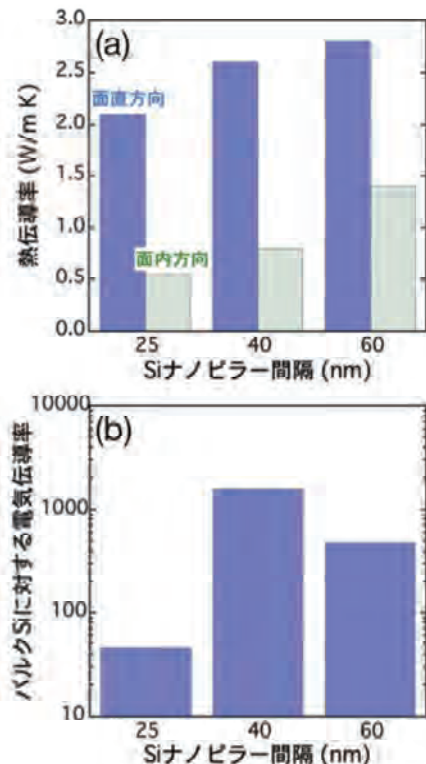


図 1. Si ナノピラー間隔制御による (a) 熱伝導率、(b) 電気伝導率制御。Si ナノピラー間隔によって熱伝導及び電気伝導を制御。

GaNの原子層加工に関する研究

窒化ガリウム (GaN) 半導体はマイクロ LED や高電子移動度トランジスタ (HEMT) としての利用が期待されている。しかし、プラズマエッチングに伴う損傷 (欠陥形成) が大きな課題である。従来の誘導結合プラズマ法で作製したマイクロ LED の場合、数 μm 程度のデバイス規模では電流密度 $1\text{A}/\text{cm}^2$ における外部量子効率が面積デバイスの $1/10$ 倍になってしまうことが知られている。一方、中性粒子ビームを利用したダメージフリーエッチングをもちいることで、欠陥生成による発光効率の低下がないマイクロ LED を実現した (図 2)。また、GaN-HEMT の作製にあたっては電流コラプスのなく原子層レベルでバリア層の膜厚を制御した超高速ノイズフリー HEMT デバイスの可能性を実証した。

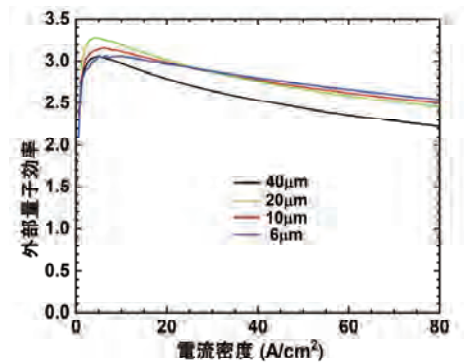


図 2. GaN マイクロ LED の外部量子効率の電流密度依存性。LED サイズが小さくても高い外部量子効率を維持。

最先端 Ge Fin-FET のための無欠陥垂直 Ge エッチングの研究

Si 半導体デバイスではプレーナ形 MOS トランジスタの短チャネル効果によるゲート長の微細化の限界により 3 次元 Fin 型電界効果トランジスタ構造が用いられている。さらにより高いキャリア移動度をもつ Ge を従来の Si と置き換えることで更なる高性能化が期待される。しかし、従来のプラズマエッチング法ではプラズマからの紫外線によって Ge エッチング側壁表面に高密度欠陥が入り、側面サイドエッチング大きく (図 3a)、欠陥も残留し側壁ラフネスも大きくなる。中性粒子ビームエッチングを用いることで、無欠陥かつサイドエッチングや側壁ラフネスのほとんどない垂直な Ge ピラーを実現した (図 3b)。

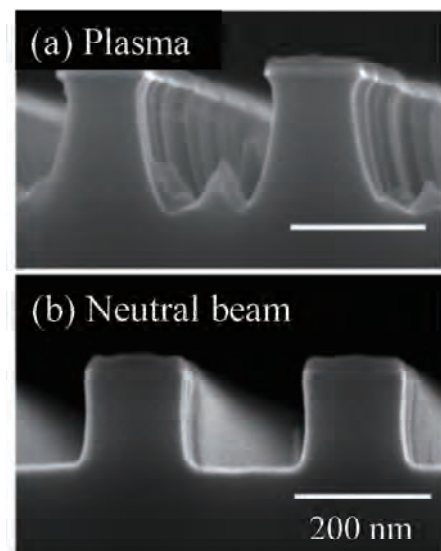


図 3. (a) プラズマと (b) 中性粒子ビームによって Ge をエッチングした後の SEM 断面像。中性粒子ビームによって垂直なエッチングを実現。

低温高品質中性粒子ビーム原子層堆積技術の研究

原子層堆積 (ALD) 技術において、プラズマを用いた ALD 法は低温プロセスが可能であるという利点があるが、紫外線による膜へのダメージやラジカルの反応性の高さから、熱 ALD 法と比べて表面粗さや均一性といった点で課題が存在する。そこで、前駆体 (アミノシラン) と酸素中性粒子ビームを使用して、高品質の SiO_2 層を低温 (30°C) で形成することに成功した。本手法で形成された SiO_2 膜の特性 (化学組成、表面粗さ、均一性、密度、STEM 画像、XPS スペクトル、ウェットエッチング速度) は、熱 ALD によって形成された SiO_2 膜の特性とほぼ同等であった (図 4)。中性粒子ビーム利用 ALD は、高品質な SiO_2 膜を低温で形成する手法として期待される。

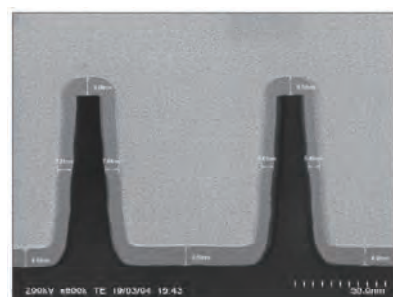


図 4. 中性粒子ビームを用いた低温 ALD による SiO_2 膜の生成。高い均一性を持った SiO_2 膜の製膜に成功。

■ グリーンナノテクノロジー研究分野

学術雑誌（解説等を含む）

1. Firman Mangasa Simanjuntak, Takeo Ohno, and Seiji Samukawa, Neutral Oxygen Beam-Treated ZnO-Based Resistive Switching Memory Device, *ACS Appl. Electron. Mater.*, Vol.1(2019) pp.18(7pp)
2. 国際共著論文 Takeru Okada, Golap Kalita, Masaki Tanemura, Ichiro Yamashita, Fumio S Ouchi, M. Meyyappan, Seiji Samukawa, Effects of nitrogen-dopant bonding states on liquid-flow-induced electricity generation of graphene: A comparative study, *Results in Physics*, Vol.12(2019) pp1291(3pp) IF=3.042.
3. 国際共著論文 Daisuke Ohori, Takuya Fujii, Shuichi Noda, Wataru Mizubayashi, Kazuhiko Endo, En-Tzu Lee, Yiming Li, Yao-Jen Lee, Takuya Ozaki, and Seiji Samukawa, Atomic layer germanium etching for 3D Fin-FET using chlorine neutral beam, *Journal of Vacuum Science & Technology A*, Vol.37(2019) pp.021003(5pp)IF=1.833.
4. 国際共著論文 Yi-Chia Tsai, Blanka Magyari-Köpe, Yiming Li, Seiji Samukawa, Yoshio Nishi, and Simon M. Sze, Contact Engineering of Trilayer Black Phosphorus with Scandium and Gold, *IEEE Journal of the Electron Devices Society*, Vol.7(2019) pp.322(7pp).
5. 国際共著論文 Niraj Man Shrestha, Yiming Li, Tetsuya Suemitsu, Seiji Samukawa, Electrical Characteristic of AlGaIn/GaN High-Electron-Mobility Transistors With Recess Gate Structure, *IEEE Transactions on Electron Devices*, Vol. 66, No.4(2019)pp.1694(5pp). IF=2.704.
6. 国際共著論文 Md Zaman Molla, Denis Zhigunov, Shuichi Noda, and Seiji Samukawa, Structural optimization and quantum size effect of Si-nanocrystals in SiC interlayer fabricated with bio-template, *Materials Research Express*, Vol.6(2019)pp.065059(8pp). IF=1.449.
7. 国際共著論文 Bingjie Zou, Xijiang Chang, Jingxia Yang, Shuchuan Wang, Jingli Xu, Shirong Wang, Seiji Samukawa, and Lidong Wang, Plasma treated h-BN nanoflakes as barriers to enhance anticorrosion of acrylic coating on steel, *Progress in Organic Coatings*, Vol.133(2019) pp.139(5pp). IF=3.402.
8. Kenji Shiojima, Tetsuya Suemitsu, Takuya Ozaki and Seiji Samukawa, Mapping of damage induced by neutral beam etching on GaN surfaces using scanning internal photoemission microscopy, *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol.58(2019) SCCD13 (5pp).IF=1.471.
9. 国際共著論文 Takuya Fujii, Daisuke Ohori, Shuichi Noda, Yosuke Tanimoto, Daisuke Sato, Hideyuki Kurihara, Wataru Mizubayashi, Kazuhiko Endo, Yiming Li, Yao-Jen Lee, Takuya Ozaki, and Seiji Samukawa, Atomic layer defect-free etching for germanium using HBr neutral beam, *Journal of Vacuum Science & Technology, A* 37(2019)pp. 051001 (7pp). IF=1.833.
10. Akio Higo, Takayuki Kiba, Junichi Takayama, Chang Yong Lee, Cedric Thomas, Takuya Ozaki, Hassanet Sodabanlu, Masakazu Sugiyama, Yoshiaki Nakano, Ichiro Yamashita, Akihiro Murayama, and Seiji Samukawa, Photoluminescence of InGaAs/GaAs Quantum Nanodisk in Pillar Fabricated by Biotemplate, Dry Etching, and MOVPE Regrowth, *ACS Applied Electric Materials*, Vol.1, No.9(2019)pp.1945(6pp).
11. Jun Zhu, Tokio Takahashi, Daisuke Ohori, Kazuhiko Endo, Seiji Samukawa, Mitsuaki Shimizu, Xue-Lun Wang, Near-Complete Elimination of Size-Dependent Efficiency Decrease

in GaN Micro-Light-Emitting Diodes, *physica status solidi A* (2019) pp.1900380 (6PP).
IF=1.606.

12. 国際共著論文 Niraj Man Shrestha, Prerna Chauhan, Yuen Yee Wong, Yiming Li, Seiji Samukawa, Edward Yi Chang, Low resistive InGaN film grown by metalorganic chemical vapor deposition, *Vacuum*, Vol.171(2020) pp.108974(5pp).IF=2.515.
13. Hua-Hsuan Chen, Susumu Toko, Daisuke Ohori, Takuya Ozaki, Mitsuya Utsuno, Tomohiro Kubota, Toshihisa Nozawa and Seiji Samukawa, Growing low-temperature, high-quality silicon-dioxide films by neutral-beam enhanced atomic-layer deposition, *Journal of Physics D, Appl. Phys.* 53 (2020) 015204 (8pp).IF=2.829.
14. Firman Mangasa Simanjuntak, Takeo Ohno, and Seiji Samukawa, Influence of rf sputter power on ZnO film characteristics for transparent memristor devices, *AIP Advances*, Vol.9(2019)pp.105216(6pp). IF=1.579
15. 国際共著論文 Wook Kim, Takeru Okada, Hyun-Woo Park, Jihye Kim, Sungsoo Kim, Sang-Woo Kim, Seiji Samukawa and Dukhyun Choi, Surface modification of triboelectric materials by neutral beams, *J. Mater. Chem. A*, Vol.7(2019)pp.25066(11pp), IF=10.733.
16. Seiji Samukawa, Neutral-Beam Technologies for Novel Nanomaterials and Nanodevices, *IEEE Nanotechnology Magazine* Vol. 13 , No. 6 (2019) pp.21(11p).
17. 国際共著論文 Tao Xu¹, Heqing Li, Jing Song, Guilian Wang, Seiji Samukawa, Xijiang Chang, Jingxia Yang, Enhanced Corrosion Resistance of Silicone Modified Epoxy Coatings by Surface Wave Plasma Treatment, *Int. J. Electrochem. Sci.*, Vol. 14 (2019)pp. 5051(12pp). IF=1.284.

国際会議

1. (Invited talk) Seiji Samukawa, Atomic layer defect-free etching and deposition processes for future sub-10-nm devices., 7th International Conference on Advanced Plasma Technologies (ICAPT-7) (Hue, Vietnam, 2019/2/27)
2. (Invited talk) Seiji Samukawa, “Creating Green Nanostructure and Nanomaterials for Advanced Nano-energy devices”, IEEE Distinguished Lecturer in IEEE EDS Tainan Chapter (Tainan ,2019/05/10).
3. (Invited talk) Seiji Samukawa, “High Efficiency Nano-energy Devices Fabricated by Atomic Layer Processes”, 4th International Conference on nano-energy and Nano-system (Beijing ,2019/06/16).
4. (Invited talk) Seiji Samukawa, “Creating Green Nanostructures and Nanomaterials for Advanced Energy Nanodevices”, 46th European Physical Society Conference on Plasma Physics, I3.302 (Milan, 2019/7/10).
5. (Invited talk) Seiji Samukawa, “Atomic Layer Defect-free Etching Processes for future sub-10-nm devices”, Satellite Workshop of XXXIV ICPIG and ICRP-10 (New trends of plasma processes for thin films and related materials), (Sapporo, 2019/7/20).
6. T. Fujii, Daisuke Ohori, S. Noda, Y. Tanimoto, D. Sato, H. Kurihara, W. Mizubayashi, K. Endo, Y. Li, Y.-J. Lee, T. Ozaki, S. Samukawa, “Atomic Layer Etching for Germanium using Halogen Neutral Beam=Comparison between Br and Cl Chemistry=”, AVS 19th International Conference (ALD/ALE2019), ALE2-TuM12, (Bellevue, USA, 2019/7/23).

7. Hua-Hsuan Chen, D. Ohori, T. Ozaki, M. Utsuno, T. Kubota, T. Nozawa, S. Samukawa, “Low Temperature High Quality Silicon Dioxide by Neutral Beam Enhanced Atomic Layer Deposition”, AVS 19th International Conference(ALD/ALE2019), AF-TuA1, (Bellevue, USA, 2019/7/23).
8. (Plenary talk) Seiji Samukawa, “Creating Green Nanostructures and Nanomaterials for Advanced Energy Nanodevices”, IEEE International Microwave, Electron Devices & Solid-State Circuit Symposium (IMESS) 2019, (Penang, 2019/10/9).
9. (Invited talk) Seiji Samukawa, “Creating Green Nanostructures and Nanomaterials for Advanced Energy Nanodevices”, IEEE Distinguished Lecturer Program (Universiti Malaysia Perlis, 2019/10/10).
10. (Invited talk) Seiji Samukawa, “Atomic Layer Defect-free Etching for Future sub-10nm Nano-devices”, 2019 International Electron, Devices and Materials Symposium (IEDMS 2019), B3-1 (New Taipei City, 2019/10/25).
11. M.-H. Chuang, Y. Li, M.-Y. Lee, D. Ohori, and Seiji Samukawa, Invited Impact of Elastic Properties on Phonon Energy Dispersion of Highly Ordered Silicon Nanowires, 16th International Conference of Flow Dynamics, OS1/3-4 (Sendai, 2019/11/06).
12. I. Yamashtia, N. Okamoto, and Seiji Samukawa, Control Arraying of Cage-shaped Protein with Core and Surface Modification, The 19th International Symposium on Advanced Fluid Information (AFI-2019), CRF-6 (Sendai, 2019/11/07).
13. T. Gyakushi, Y. Asai, A. Tsurumaki-Fukuchi, M. Arita, Y. Takahashi, and Seiji Samukawa, Significant Reduction of Thermal Conductivity of Si Nanopillar/SiGe Composite Film Fabricated by Neutral Beam Etching Investigated by a Piezoelectric Photothermal Measurements, The 19th International Symposium on Advanced Fluid Information (AFI-2019), CRF-12 (Sendai, 2019/11/07).
14. T. Gyakushi, Y. Asai, A. Tsurumaki-Fukuchi, M. Arita, Y. Takahashi, and Seiji Samukawa, Double-gate Single-electron Transistor Formed by Fe Nanodot Array, The 19th International Symposium on Advanced Fluid Information (AFI-2019), CRF-30 (Sendai, 2019/11/07).
15. M.-Y. Lee, Y. Li, M.-H. Chuang, D. Ohori, and Seiji Samukawa, Simulation of Thermoelectric Properties for SiNW-SiGe_{0.3} Composite Using Landauer Approach, The 19th International Symposium on Advanced Fluid Information (AFI-2019), CRF-35 (Sendai, 2019/11/07).
16. W. Kim, J. Yu, H. J. Hwang, T. Okada, Seiji Samukawa, and D. Choi, Electron Blocking Layer Based Interfacial Engineering for Improving Triboelectric Performance, The 19th International Symposium on Advanced Fluid Information (AFI-2019), CRF-48 (Sendai, 2019/11/07).
17. K. Yamashita, M. Harada, T. Morie, A. Tsurumaki-Fukuchi, M. Arita, Y. Takahashi, and Seiji Samukawa, Investigation of LSI Architecture and Analog Memory Devices for Brain-like Systems, The 19th International Symposium on Advanced Fluid Information (AFI-2019), CRF-56 (Sendai, 2019/11/07).
18. S. Obayashi, Seiji Samukawa, T. Takagi, H. Wada, T. Okada, Y. Watanabe, M. Hashimoto, T. Iijima, P. Guy, L. Udpa, Y. Hattori, H. Nagai, K. Shimoyama, M. Hirota, A. Yakeno, G. Kikugawa, A. Komiya, S. Takeda, J. Ishimoto, T. Uchimoto, H. Kosukegawa, Multiphase Flow and Interfacial Transport Phenomena at Phase and Material Boundaries, The 19th International Symposium on Advanced Fluid Information (AFI-2019), CRF-J2 (Sendai, 2019/11/07).
19. (Invited talk) Seiji Samukawa, Kazuhiko Endo, “Atomic Layer Etching, Deposition and Modification Processes for Novel Nano-materials and Nano-devices”, 3rd Asia-Pacific Conference on Plasma Physics, PL-26 (Hefei, China, 2019/11/07).

20. S.-W. Chang, P.-J. Sung, T.-Y. Chu, D. D.Lu, C. -J. Wang, N.-C. Lin, C.-J. Su, S.-H. Lo, H.-F. Huang, J.H. Li, M.-K.Huang, Y.-C. Huang, S.-T. Huang, H.-C. Wang, Y.-J. Huang, J.-Y. Wang, L.-WYu, Y.-F. Huang, F.-K. Hsueh, C.-T. Wu, W. C.-Y. Ma, K.-H. Kao, Y.-J. Lee, C.-L. Lin, R.W. Chuang, K.-P. Huang, S. Samukawa, Y. Li, W.-H. Lee, T.-S.Chao, G.-W. Huang, W.-F. Wu, J.-Y. Li, J.-M. Shieh, W. -K. Yeh, Y.-H. Wang, “First Demonstration of CMOS Inverter and 6T-SRAM Based on GAA CFETsStructure for 3D-IC Applications”, IEEE 2019 International Electron Device Meeting, 11.7 (SanFrancisco/USA, 2019/12/10)..

・国内会議、研究会等

1. 大堀 大介、久保山 英哲、村田 正行、山本 淳、野村 政宏、遠藤 和彦、寒川 誠二, Si ナノピラー構造の間隔制御することによる フォノン場制御とキャリア輸送特性性に与える影響, 第 66 回応用物理学会春季学術講演会, 9p-W371-7(東京工業大学 東京 2019/3/9).
2. FIRMAN MANGASA SIMANJUNTAK、TAKEO OHNO、SEIJI SAMUKAWA, RF Sputtering Pressure Controlled Switching Characteristics of ZnO-based Flexible-Transparent Resistive Memory Devices, 第 66 回応用物理学会春季学術講演会, 10a-M103-5(東京工業大学 東京 2019/3/10).
3. 菅原 健太、大堀 大介、井上 和孝、寒川 誠二, 塩素中性粒子ビームによる窒化ガリウム原子層エッチング, 第 66 回応用物理学会春季学術講演会, 10a-M121-9(東京工業大学 東京 2019/3/10).
4. 竹内 聡、大堀 大介、石田 昌久、田中 麻美、曾田 匡洋、寒川 誠二, バイオテンプレート極限加工により作製した無欠陥配置制御 Si ナノピラー構造による表面撥水性の制御, 第 66 回応用物理学会春季学術講演会, 10a-W934-10(東京工業大学 東京 2019/3/10).
5. HuaHsuan Chen、Daisuke Ohori、Takuya Ozaki、Mitsuya Utsuno、Tomohiro Kubota、Toshihisa Nozawa、Seiji Samukawa, High quality silicon dioxide by low temperature neutral beam enhanced atomic layer deposition, 第 66 回応用物理学会春季学術講演会, 11p-M136-2(東京工業大学 東京 2019/3/11).
6. 大堀 大介、野田 周一、藤井 卓也、水林 亘、遠藤 和彦、Lee En-Tzu、Li Yiming、Lee Yao-Jen、尾崎 卓哉、寒川 誠二, 中性粒子ビームによる Ge Fin 構造の側壁エッチング特性の検討, 第 66 回応用物理学会春季学術講演会, 11p-W641-13(東京工業大学 東京 2019/3/11).
7. (招待講演)寒川 誠二、大堀 大介、曾田、田中、石田、「バイオテンプレート極限加工により作製した無欠陥配置制御ナノピラー構造による表面濡れ性制御」ファインケミカルジャパン2019特別講演(東京、3/19/2019).
8. 大堀 大介、藤井 拓也、野田 周一、水林 亘、遠藤和彦、Li Yiming、Lee Yao-Jen、尾崎 卓哉、寒川誠二, HBr 中性粒子ビームによる Ge 原子層無欠陥エッチングの検討, 第 80 回 応用物理学会秋季学術講演会, 18p-B11-12 (北海道札幌市, 2019/09/18).
9. 野沢 善幸、リャオ ブライアン、藤井 竜介、速水 利泰、大堀 大介、野田 周一、門井 幹夫、石田 昌久、田中 麻美、曾田 匡洋、遠藤 和彦、寒川誠二, マスクレス超低損傷加工を実現する小型中性粒子ビームエッチング装置の開発, 第 80 回 応用物理学会秋季学術講演会, 18a-C309-1 (北海道札幌市, 2019/09/18).
10. 門井 幹夫、石田 昌久、田中 麻美、曾田 匡洋、大堀 大介、野田 周一、野沢 善幸、リャオ ブライアン、藤井 竜介、速水 利泰、遠藤 和彦、寒川誠二, マスクレス超低損傷加工を実現するバイオテンプレート形成装置の開発, 第 80 回 応用物理学会秋季学術講演会, 18a-C309-2 (北海道札幌市, 2019/09/18).

11. 大堀 大介, 久保山 瑛哲, 村田 正行, 山本 淳, 野村 政宏, 遠藤 和彦, 寒川誠二, Si ナノピラー一問隔変化による熱伝導率・電気伝導率の独立制御, 第 80 回 応用物理学会秋季学術講演会, 18p-E214-8 (北海道札幌市, 2019/09/18).
12. Xin Huang, Ryoto Yanagisawa, Daisuke Ohori, SeijiSamukawa, Masahiro Nomura , Thermal Conductivity of Si Thin Film with Nanopillars, 第 80 回 応用物理学会秋季学術講演会, 18p-E214-9 (北海道札幌市, 2019/09/18).
13. 竹内 聡, 大堀 大介, 石田 昌久, 田中 麻美, 曾田匡洋, 寒川誠二, バイオテンプレート極限加工により作製した配置制御 Si ナノピラー構造による表面撥水性の制御, 第 80 回 応用物理学会秋季学術講演会, 18a-E303-5 (北海道札幌市, 2019/09/18).
14. 岡田 健, カリタ ゴラップ, 種村 真幸, 山下 一郎, Ohuchi Fumio, Meyyappan M, 寒川誠二, 固液界面動電現象における窒素ドーピンググラフェン結合状態の効果, 第 80 回 応用物理学会秋季学術講演会, 18p-E308-17 (北海道札幌市, 2019/09/18).
15. 大堀 大介, 野田 周一, 野沢 善幸, リャオ ブライアン, 藤井 竜介, 速水 利泰, 門井 幹夫, 石田 昌久, 田中 麻美, 曾田 匡洋, 遠藤 和彦, 寒川誠二, ミニマル中性粒子ビームエッチング装置の開発, 第 80 回 応用物理学会秋季学術講演会, 19p-E304-3 (北海道札幌市, 2019/09/19).
16. HuaHsuan Chen, Bei Bei Ge, Susumu Toko, Daisuke Ohori, Takuya Ozaki, Tomohiro Kubota, Mitsuya Utsuno, Toshihisa Nozawa, Seiji Samukawa, Effect of Hydrogen Neutral Beam Treatment on Atomic layer deposition SiO₂, 第 80 回 応用物理学会秋季学術講演会, 19p-E305-5 (北海道札幌市, 2019/09/19).
17. 王 学論, 朱 俊, 高橋 言緒, 遠藤 和彦, 大堀 大介, 寒川誠二, 中性粒子ビームエッチング法による高効率 GaN マイクロ LED の作製, 第 80 回 応用物理学会秋季学術講演会, 19a-E310-9 (北海道札幌市, 2016/09/19).
18. (招待講演)菅原 健太, 岡田 政也, 市川 弘之, 井上 和孝, 大堀 大介, 寒川誠二, 塩素中性粒子ビームエッチングによる GaN HEMT 高信頼化, 第 80 回 応用物理学会秋季学術講演会, 20p-E301-8 (北海道札幌市, 2019/09/20).
19. Kexiong Zhang, T. Takahashi, N. Kumagai, G.W. Cong, D. Ohori, K. Endo, M. Shimizu, Seiji Samukawa, X. L. Wang , High efficiency neutral-beam-etched nanodisk of InGaN/GaN MQWs buried with regrown GaN, 第 80 回 応用物理学会秋季学術講演会, 20p-E310-13 (北海道札幌市, 2019/09/20).
20. (招待講演) 寒川誠二, GaN 系材料の原子層無損傷加工技術, 応用物理学会 シリコンナノテクノロジー分科会 第 220 回研究集会「マイクロ LED 技術の現状と今後の展開」, (東京, 2019/11/18).

受賞

寒川誠二, IEEE Distinguished Lecturers 2019 「Creating Green Nanostructures and Nanomaterials for Advanced Energy Nanodevices」, (IEEE, 2019).

■ 2-2. 地殻環境エネルギー研究分野

構成員

教授	伊藤 高敏
助教	棕平 祐輔
技術職員	黒木 完樹
大学院生	D3 劉 百龍
	D1 楊 梅華 (9月まで visiting student from Chendu university of technology)
	D1 顔 康楠 (9月より visiting student from Chendu university of technology)
	M2 崔 俊哲 (9月卒業)
	M2 宮澤 美幸
	M2 横山 佳祐
	M1 熊澤 明信
	M1 張 溶昌
	M1 楊 徳毅
	B3 鎌田 裕亮
	B3 後藤 啓一朗
	B3 河地 満里絵
研究生	孫 静怡 (9月より)

■ 地殻環境エネルギー研究分野

地球環境問題とエネルギー問題の解決を目指した、地殻の高度利用のための大規模流動現象の解明と予測および制御に関する研究を行っている。特に、非在来型エネルギー資源として注目されるシェールオイル、メタンハイドレート、再生可能エネルギーの一種であり、かつ日本に豊富な地熱、地球温暖化対策の切り札と目される CO₂ 地中貯留などに関わる課題について、従来にならぬ新たなアプローチで取り組んでいる。

以下に、代表的な研究テーマについて説明する。

非在来型エネルギー資源の生産増進法の研究

石油価格の高騰および需要増で需給が逼迫しつつあることを背景に、氷海や大水深のように従来よりも過酷な環境にある石油・天然ガス、ならびに非在来型のエネルギー資源へと開発対象が拡大している。非在来型資源は、在来型を上回る資源量が見込まれるものの、単に坑井を掘削しただけではほとんど産出せず、その状況をいかに改善できるかが開発の可否を左右する。これに応えるべく、非在来型資源であるタイトオイル（含、シェールオイル）、メタンハイドレートおよびオイルサンドを対象としてフラクチャリングなどの流体刺激による生産増進法の研究を行っている。本年度は、メタンハイドレート開発にフラクチャリングを応用する研究の一環として、形成したフラクチャーの浸透率を保持する方法の検討を産総研および JOGMEC と協力して新たに開始した。そこで、粒径のそろった人工粒子（プロパント）をフラクチャーに注入する方法とフラクチャー周囲のメタンハイドレートを積極的に分解させることで間隙を大きくする方法を提案して、室内実験および数値シミュレーションによる検討を進めている。

大深度を対象とした地殻応力評価法の開発

石油・天然ガスならびに地熱貯留層の挙動評価、CO₂ 地中貯留層からの漏洩を防ぐキャップロックの健全性評価、さらには地震メカニズムの解明などの観点から km 級大深度の地殻応力を正しく評価することが必要されている。そこで本研究では、深度数 km における地殻応力の原位置測定を可能とする実用的な方法を提案して実証することを目指している。その一環として、ボーリングで回収される円柱状の地下岩石コア試料が切削の際に生じる応力解放で楕円状の断面形状になる原理に基づき、コア直交面内に作用する最大と最小成分それぞれを測定できる方法を提案し、その原理の検証ならびに深度 5km で 500°C の超臨界地熱環境に適用できる測定ツールの開発を企業 2 社との共同による NEDO プロジェクトとして進めている。今年度は神岡鉱山の深度約 1km にある坑道から掘削したボーリング孔に昨年度に製作した測定ツールを適用する実証試験に成功した。その結果を踏まえ、深度数 km の地熱井を想定した大型の測定ツールの開発に着手した。

様々な地球物理学情報を統合したハイブリッド地震学解析の開発

能動的地熱開発や非在来型資源開発等の次世代型地下流体エネルギー開発では、注水や生産にともなう応力変化により発生する微小地震を、貯留層のモニタリング手法として用いている。微小地震解析からは基本的にその震源位置しか分からないが、本研究ではボアホール検層をはじめとする直接計測から

得られる様々な地球物理情報を，地震学の理論と組み合わせることによって，震源位置以上の情報の抽出を試みた。本年度は，検層から得られた既存き裂分布情報と微小地震情報を組み合わせることで，これまで推定が困難であった地下き裂のジオメトリーを推定することに成功した(Figure 1)。

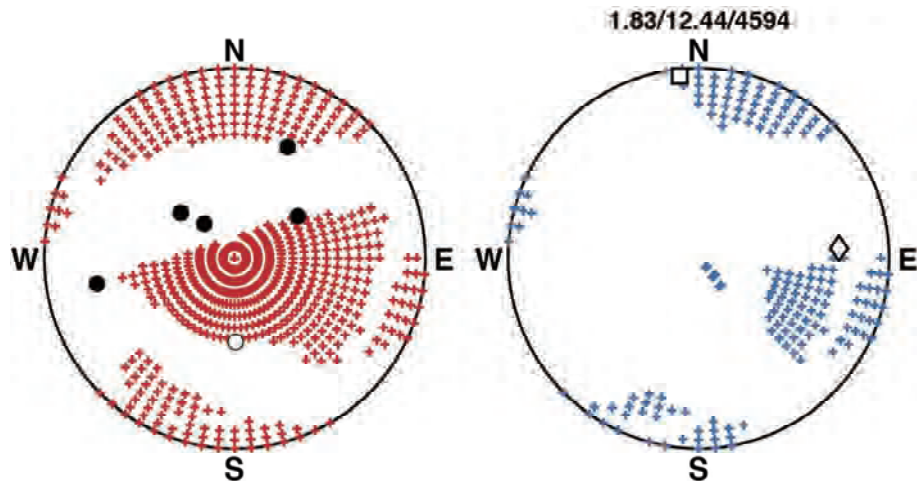


Figure 1: 次世代型地下流体エネルギー開発時の微小地震の断層面解候補の極。左)微小地震情報のみによるもの。右)ボアホール検層から得られた既存き裂情報を組み込んだ本手法の限定結果。左図では会の範囲は赤で示される部分であったが，右図で青の範囲まで限定できた。

■ 地殻環境エネルギー研究分野

学術雑誌（解説等を含む）

（該当なし）

国際学会

（招待講演）

1. Mukuhira, Y., Fehler, M., Ito, T., Asanuma, H., and Häring, M.O., Causality between induced seismicity b-value reduction and stress state of existing fractures, JpGU meeting 2019, Chiba, 26 May, 2019.

（一般講演）

2. Yabe, Y., Abe, S., Ito, T., Ishida, A., Sugimura, K., Kanematsu, M., Higashi, M., Tadokoro, R., Ogasawara, H., Funato, A., Kato, H., Watson, B., Mngadi and Durrheim, R., In-situ stress around earthquake source faults in and beneath South African deep gold mines, EGU, Vienna, 7-12 April, 2019.
3. Ogasawara, H., Liebenberg, B., Yabe, Y., Durrheim, R., Ziegler, M., Manzi, M., Mngadi, S., Onstott, T., Funato, A., Ito, T., Hirono, T., Kaneki, S., Yokoyama, Y., Yamamoto, Y. and ICDP DSeis team, An overview of the completed ICDP project, Drilling into Seismogenic zones of M2.0-5.5 earthquakes in South African gold mines (DSeis), EGU, Vienna, 7-12 April, 2019.
4. Ito, T. and Tenma, N., Experimental study on hydraulic fracturing in unconsolidated sands for its application to methane hydrate development, AAPG Geosciences Technology Workshop: Gas Hydrates – From Potential Geohazard to Carbon-Efficient Fuel?, Auckland, 15-17 April, 2019.
5. Yokoyama, T., Lin, W., Danjo, T. and Ito, T., Rock stresses around actual faults measured by using a hydraulic fracturing technique, Rock Dynamics Summit, Okinawa, 7-11 May, 2019.
6. Ogasawara, H., Ishida, A., Sugimura, K., Yabe, Y., Abe, S., Ito, T., Funato, A., Kato, H., Liebenberg, B., Hofmann, G., Scheepers, L., Durrheim, R.J. and The SATREPS & DSeis teams, Spatial variation in stress in seismogenic zones in South African gold mines, Rock Dynamics Summit, Okinawa, 7-11 May, 2019.
7. Iwata, N., Kiyota, R., Aydan, Ö., Ito, T. and Miura, F., Effects of fault geometry and subsurface structure model on the strong motion and surface rupture induced by the 2014 Kamishiro Fault Nagano Earthquake, Rock Dynamics Summit, Okinawa, 7-11 May, 2019.
8. Iwata, N., Kiyota, R., Aydan, O., Ito, T. and Miura, F., Comparison of stress field change around a fault by dynamic fault rupture simulation using 3D-FEM, Rock Dynamics Summit, Okinawa, 7-11 May, 2019.
9. Yabe, Y., Ishida, A., Sugimura, K., Kanematsu, M., Higashi, M., Yoshida, S., Ito, T., Funato, A., Watson, B., Durrheim, R., Liebenberg, B. and Ogasawara, H., Spatial variation in stress state in the

- source region of Orkeny earthquake (M5.5) based on analyses of the ICDP-DSeis borehole cores, JpGU meeting 2019, Chiba, 26 May, 2019.
10. Suzuki, A., Cui, J., Zhang, Y., Li, K., Horne, R.N. and Ito, T., Estimation of fracture apertures in fractured porous media by nano-/microparticles, JpGU meeting 2019, Chiba, 26 May, 2019.
 11. Suzuki, A., Miyazawa, M., Konno, M. and Ito, T., Topological characterization of 3D printing fracture networks, JpGU meeting 2019, Chiba, 26 May, 2019.
 12. Mukuhira, Y., Naoi, M., Fehler, M., Moriya, H., Ito, T., Asanuma, H., and Häring, M.O., Constraint of focal mechanisms of induced seismicity by using misfit angles based on known in-situ stress, JpGU meeting 2019, Chiba, 26 May, 2019.
 13. Yang, M., Mukuhira, Y., and Ito, T., A Novel Method to Estimate Fracture Permeability: Combining microseismic observational data and reservoir engineering model, JpGU meeting 2019, Chiba, 26 May, 2019.
 14. Yoshida, S., Tadokoro, R., Sugimura, K., Kanematsu, M., Mitsuya, H., Liebenberg, B., van Heerden, E., Tau, S., Mngadi, S., Durrheim, R., Ziegler, M., Mukuhira, Y., Conze, R., Yabe, Y., Kaneki, S., Yokoyama, Y., Nkosi, N., Roberts, D., Buccio, S., Ogasawara, H., ICDP DSeis 4: Drilling, core logging, and in-hole geophysical logging of ICDP DSeis drilling into the M5.5 aftershock zones in a South African gold mines, JpGU meeting 2019, Chiba, 26 May, 2019.
 15. Ito, T., Yoshida, H., Yamamoto, K. and Tsuchiya, Y., Experimental study of tip screenout fracturing by using CT scanner, 53rd US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium, New York, 23-26 June 2019.
 16. Liu, B., Suzuki, A. and Ito, T., Effect of capillary force on performance of shale rock fracturing, 53rd US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium, New York, 23-26 June 2019.
 17. Yabe, Y., Abe, S., Ito, T., Ishida, A., Sugimura, K., Kanematsu, M., Higashi, M., Tadokoro, R. and Ogasawara, H., In-situ stress around earthquake source faults in and beneath South African deep gold mines, 9th Int. Conf. on Deep Mining, Johannesburg, 24-25 June, 2019.
 18. Ogasawara, H., Liebenberg, B., Ziegler, M., Yabe, Y., Durrheim, R.J., Mngadi, S., Tau, S., Kaneki, S., Yokoyama, Y., Hirono, T., Onstott, T.C., Wiesberg, T., Zimmer, M., Kujawa, C., Conze, R., Aswegen, G.V., Wechsler, N. and ICDP DSeis team, The 2019 overview of Drilling into Seismogenic zones of M2.0-5.5 earthquakes in South African gold mines (DSeis), 9th Int. Conf. on Deep Mining, Johannesburg, 24-25 June, 2019.
 19. Ito, T., Development of stress record coring method for stress measurement, Annual Meeting of ISRM Commission on Crustal Stress and Earthquake, Foz do Iguassu, 15 September, 2019.
 20. Mukuhira, Y., Ito, T., Fehler, M. C., Naoi, M., Moriya, H., Asanuma, H., Häring, M. O., *In-situ* stress constraints on the focal mechanisms of induced seismicity, 14th international congress on rock mechanics and rock engineering, Foz do Iguassu, Brazil, 13-18 September, 2019.
 21. Tezuka, K., Yamamoto, T., Ito, T., Yokoyama, T. and Funato, A., First field test of the dual core-bit tool for drilling stress record cores at kamioka mine, Japan, 25th Formation Evaluation Symposium of

- Japan, Chiba, 25-26 September, 2019.
22. Ma, X., Mukuhira, Y., Ito, T., Application of core-based inversion to reconstruct stress field in an underground geoscience laboratory, 19th International Symposium on Advanced Fluid Information, Sendai, 6-8 November, 2019.
 23. Yang, M., Mukuhira, Y., Norbeck, J.H., Rubinstein, L., Validation of fracture permeability estimated by integrated approach of microseismic observations and reservoir engineering modeling, 19th International Symposium on Advanced Fluid Information, Sendai, 6-8 November, 2019.
 24. Suzuki, A., Mukuhira, Y., Horne, R. N., Abe, A., Howkins, A. J., Ishibashi, T., Kang, P. K., Link between tracer and microseismic analysis to comprehensive understanding of hydraulic feature of fractured geothermal reservoir, 19th International Symposium on Advanced Fluid Information, Sendai, 6-8 November, 2019.
 25. Miyazawa, M., Suzuki, A. and Ito, T., Topological data analysis for estimating flow characteristics of 3D fracture network, the 16th International Conference of Flow Dynamics, Sendai, 6-8 November, 2019.
 26. Mukuhira, Y., Ziegler, M., Ito, T., Asanuma, H., Häring, M. O., Introduction of natural fracture information to induced seismicity analysis, YSRM2019 & REIF2019, Okinawa, 1-4 December, 2019.
 27. Kumazawa, A., Ito, T., Funato, A., Tezuka, K. and Yokoyama, T., A new method of rock stress measurements on stress record core obtained by the dual bit coring and its laboratory verification, AGU fall meeting 2019, 9 December 2019.
 28. Tezuka, K., Yamamoto, T., Ito, T., Yokoyama, T. and Funato, A., Practical application of the dual core-bit tool for drilling stress record cores to stress measurements at Kamioka mine, Japan, AGU fall meeting 2019, 9 December 2019.
 29. Yokoyama, T., Ito, T., Tezuka, K. and Funato, A., Consistency evaluation of three advanced stress measurement techniques upon Dual Core-bit Coring, Compact Conical-ended Borehole Overcoring and High Stiffness Hydraulic Fracturing at Kamioka mine, Japan, AGU fall meeting 2019, 9 December 2019.
 30. Ogasawara, H., Onstotte, T.C., Kieft, T., Wiersberg, T., Zimmer, M., Yabe, Y., Durrheim, R., Manzi, M., Cason, E., Leibenberg, B., Ziegler, M., Hirono, T., Ito, T., Funato, A., Yamamoto, Y. and ICDP DSeis team, Potential borehole observatory in the aftershock zone at about 3.5 km depth of a 2014 M5.5 sinistral earthquake that the ICDP DSeis project has probed, AGU fall meeting 2019, 9 December 2019.
 31. Yabe, Y., Kanematsu, M., Higashi, R., Tadokoro, R., Yoshida, S., Sugimura, K., Ogasawara, H., Ito, T., Funato, A., Liebenberg, B., Watson, B., Mngadi, M., Manzi, M. and Durrheim, R., Stress state in the upper margin of aftershock zone of the 2014 Orkney earthquake (M5.5), South Africa, measured from boring cores of ICDP-DSeis project, AGU fall meeting 2019, 9 December 2019.
 32. Mukuhira, Y., Ziegler, M., Ito, T., Understanding of the physics of induced seismicity from natural

fracture and in-situ stress information from borehole logging, AGU fall meeting 2019, 9 December 2019.

33. Fehler, M. C., Poliannikov, O. V., Mukuhira, Y., Wyer, P., deMartin, B., Nakata, N., Comparative Study of Low-magnitude Earthquake Detection Techniques for Use with Dense Seismic Monitoring Arrays: Applications for Induced Seismicity Monitoring, AGU fall meeting 2019, 9 December 2019.
34. Ito, T., Yoshida, H., Mukuhira, Y., Yamamoto, K., Tsuchiya, Y., Singular Behavior and Its Control of Hydraulic Fracture in Sands Verified in Laboratory Experiments with Aid of CT Scanner, AGU fall meeting 2019, 9 December 2019.

国内学会，研究会等

(招待講演)

35. 椋平祐輔, Pore pressure behavior at the shut-in phase and causality of large induced seismicity at Basel, Switzerland, 2019 年岩の力学連合会総会，連合会賞（論文賞）講演，東京，(2019.5.31)

(一般講演)

36. 岩田 直樹, 清田 亮二, 藍檀 オメル, 伊藤 高敏, 三浦 房紀, 3次元有限要素法による動的破壊シミュレーションに基づく断層パラメータの違いによる断層周辺の応力変化, 第46回岩盤力学に関するシンポジウム, 盛岡, (2019. 1.12-13).
37. 岩田 直樹, 清田 亮二, 藍檀 オメル, 伊藤 高敏, 三浦 房紀, 断層面の形状や地質構造の違いによる強震動と断層変位の比較：神城断層地震を事例として, 第46回岩盤力学に関するシンポジウム, 盛岡, (2019. 1.12-13).
38. 椋平祐輔, 地下の逆問題解決に対するチートのアプローチ, 第5回東北大学若手研究者アンサンブルワークショップ, (2019. 6. 7).
39. 熊澤明信, 伊藤高敏, 船戸明雄, 手塚和彦, 横山幸也, 二重コアリングで得られたコアを用いる地殻応力測定法の研究, 資源素材学会秋季大会, 京都, (2019. 9.24-26).
40. 伊藤高敏, メタンハイドレート開発に関わる未固結地層破壊挙動の解明～フラクチャー・クリーンアウト現象の再現と可視化～, JOGMEC-TRC ウィーク, 千葉, (2019.10.28-30).
41. 椋平祐輔, 直井 誠, M. C. Fehler, 森谷祐一, 伊藤高敏, 浅沼 宏, M.O. Häring, 地殻応力情報を用いた微小地震の断層面解範囲絞り込み, 日本地熱学会令和元年学術講演会, 熊本, (2019, 11. 20-22).
42. 横山佳祐, 椋平祐輔, 伊藤高敏, 注水による断層すべりの発生機構に関するシミュレーション, 日本地熱学会令和元年学術講演会, 熊本, (2019, 11. 20-22).
43. 伊藤高敏, メタンハイドレート開発に関わる未固結地層破壊挙動の解明～フラクチャー・クリーンアウト現象の再現と可視化～, 砂層型メタンハイドレートフォーラム, 東京, (2019.12.3).

特許

44. 特許名称：コア採取装置

登録番号：特願 2019-172963

■ 2-3. エネルギー動態研究分野

構成員

教授		丸田 薫
准教授		中村 寿
助教		森井 雄飛
助教		Ajit Kumar Dubey (本務 RACMaS)
技術職員		手塚 卓也
大学院生	D2	村上 雄紀
	D2	高橋 伸太郎
	D2	阿部 一幾
	M2	杉田 透
	M2	秋田 佳祐
	M2	秋葉 貴輝
	M2	金山 佳督
	M2	森倉 渉太
	M1	向山 泰地
	M1	山本 能道
	M1	鈴木 麻友
学部生	B4	角田 陽
	B4	平野 芳樹
研究生		Christian Boßer (IAESTE 研修生)
		Albert Fernández Navarrete (IAESTE 研修生)

■ エネルギー動態研究分野

多様化燃料の高度利用、熱・物質再循環による高エクセルギー効率燃焼をキーワードに、マイクロ燃焼、微小重力場燃焼、高温酸素燃焼など、新コンセプト燃焼の研究に取り組んでいる。2019年度は5年間継続したSIP革新的燃焼技術（エンジン燃焼）の後継AICE（自動車用内燃機関技術研究組合）の初年度となり、希薄限界の拡大すなわち熱効率向上に直結する新規点火方式および燃料探索を実施した。中村准教授は2018年度の学振外国人特別研究員、テキサスA&M大O. Mathieu博士と共同研究を継続し、ニトロメタンの熱分解モデルの検証を進めた。また森井助教はAICE研究において大規模燃焼解析における高速化手法の検討および化学反応と非平衡プラズマ反応を組み込んだ数値解析を実施した。IAESTE研修生を2名受け入れた。

以下、代表的な研究テーマについて概説する。

・熱源用マイクロコンバスタの開発

燃焼式ながら電気ヒータ並の $\pm 1^\circ\text{C}$ レベル（ 900°C 域）の温度制御性、電気ヒータの2倍を越える効率を有する独自マイクロコンバスタを基幹技術として、IHI、ユーザ企業と共同研究開発を継続している。試作機で従来技術比70%以上の燃料削減を実現した。

・マイクロ燃焼の基礎研究

温度分布制御型マイクロフローリアクタでは、精度を大幅に向上した縦型リアクタにより、オクタン価に代わる燃料反応性指標を提案する原著論文を公開した。またフッ素を含有する冷媒の燃焼特性の調査を継続している。また、マイクロフローリアクタと光学計測の組み合わせによりメタンの中低温域における着火特性を調べ、モデルの改善が他の実験系における着火データもよく再現することを示した。さらに振動燃焼に関する詳細数値計算に成功し、燃料が持つ特性の違いによるダイナミクスの解明を進めている。

・「きぼう」実験棟と航空機による微小重力燃焼実験

国際宇宙ステーションでの宇宙実験に向けて、装置仕様決定に向けた航空機実験を、米国フロリダ州ZERO-GRAVITY社の航空機で実施し、部品の機能を確認した。

・高温酸素燃焼技術の研究開発

高性能工業炉を実現する高温空気燃焼技術（HiCOT）を発展させた、純酸素を酸化剤として用いる酸素燃焼に関する基礎研究を継続している。インフラ企業との共同研究を新たに開始し、燃料多様化に向けた試験を開始している。

・産学連携研究

自動車エンジンの希薄燃焼、船舶向け機関のシリンダ内改質、バッテリー電解液の着火性評価、廃棄物燃焼の塩化物生成、簡易反応モデル構築に関する共同研究を進めている。特に超希薄燃焼ガソリンエンジンにおいては実験室スケールの2次元解析によるノッキングの再現や、乱流場における着火～火炎伝播遷移に関連して、非平衡プラズマアシスト燃焼の数値モデリングを実施（森井助教他）している。

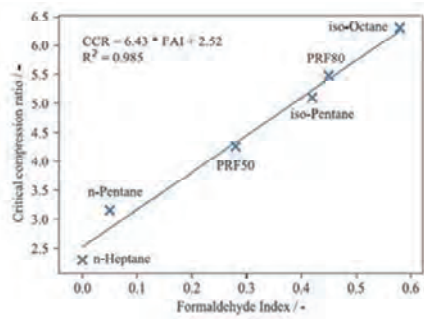


図1 従来着火指標と独自の着火指標の相関

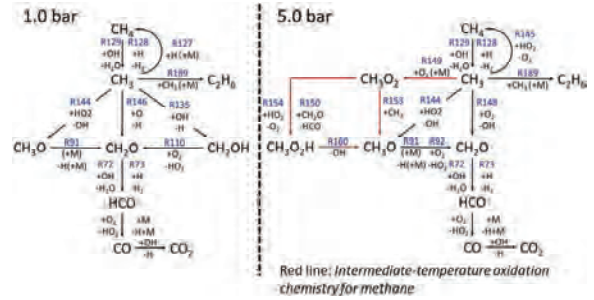


図2 メタンの中低温域の反応経路



図3 米国フロリダ州 Zero-Gravity 社で実施した航空機による微小重力燃焼実験のひとつ

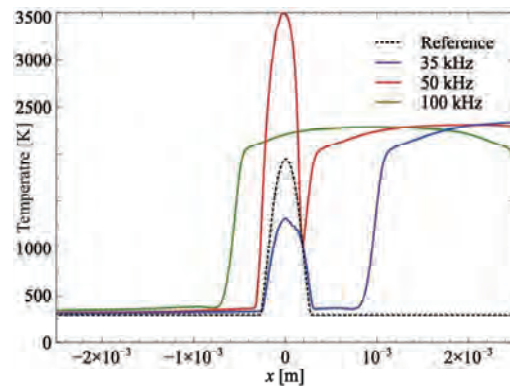
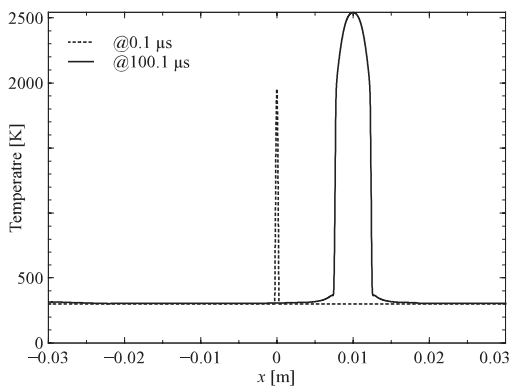


図4 数値流体解析を用いた非平衡プラズマによる着火のシミュレーション（左図）と周波数違いによる着火促進に与える影響の調査.

■ エネルギー動態研究分野

学術雑誌（解説等を含む）

1. Philipp Graetzki, Hisashi Nakamura, Takuya Tezuka, Susumu Hasegawa, Kaoru Maruta, A novel reactivity index for SI engine fuels by separated weak flames in a micro flow reactor with a controlled temperature profile, *Fuel*, Vol. 245, (2019.6), pp. 429-437.
2. Ajit Kumar Dubey, Takuya Tezuka, Susumu Hasegawa, Hisashi Nakamura, Kaoru Maruta, Analysis of kinetic models for rich to ultra-rich premixed CH₄/air weak flames using a micro flow reactor with a controlled temperature profile, *Combustion and Flame*, Vol. 206, (2019.8), pp. 68-82.
3. Takahiro Onda, Hisashi Nakamura, Takuya Tezuka, Susumu Hasegawa, Kaoru Maruta, Initial-stage reaction of methane examined by optical measurements of weak flames in a micro flow reactor with a controlled temperature profile, *Combustion and Flame*, Vol. 206, (2019.8), pp. 292-307.
4. Youhi Morii, Eiji Shima, Optimization of One-parameter Family of Integration Formulae for Solving Stiff Chemical-kinetic ODEs, arXiv, (2019.10), 1910.05567.
5. Philipp Graetzki, Takahiro Onda, Hisashi Nakamura, Takuya Tezuka, Kaoru Maruta, Investigation of the chemical and dilution effects of major EGR constituents on the reactivity of PRF by weak flames in a micro flow reactor with a controlled temperature profile, *Combustion and Flame*, Vol. 209, (2019.11), pp. 13-26.
6. 丸田 薫, 中村 寿, スーパーリーンバーン S I エンジンにおける着火—燃焼基礎研究からみたエンジン燃焼—, 車載テクノロジー, 特集 1 ガソリンエンジンの高効率化と低燃費化技術, Vol.7, No.4, (2020.1), pp.1-8.
7. Ryan J Milcarek, Hisashi Nakamura, Takuya Tezuka, Kaoru Maruta, Jeongmin Ahn, Investigation of Microcombustion Reforming of Ethane/air and micro-Tubular Solid Oxide Fuel Cells, *Journal of Power Sources*, Vol. 450, (2020.2), 227606.

国際学会

(Invited Lecture)

8. Kaoru Maruta, Kodai Uesugi, Youhi Morii, Taichi Mukoyama, Takuya Tezuka Hisashi Nakamura, Ignition strategy for post MIE transition regime toward super lean burn application, The 7th Laser Ignition and Giant-microphtonics Conference (LIC2019), Yokohama, (2019.4.24).
(一般講演)
9. Youhi Morii, Eiji Shima, Kaoru, Maruta, Minimum error adaptation of One-parameter Family of Integration Formulae for Chemical Kinetic ODEs, Seventeenth International Conference on Numerical Combustion NC19, Aachen, Germany, (2019.5.6), #290.
10. Takaki Akiba, Tomoya Okuno, Hisashi Nakamura, Takuya Tezuka, Susume Hasegawa, Roman Fursenko, Sergey Minaev, Masao Kikuchi, Kaoru Maruta, 3D Computations of Combustion Limit

- Phenomena of Low Lewis Number Mixture under Gravity-free Condition, Seventeenth International Conference on Numerical Combustion NC19, Aachen, Germany, (2019.5.6), #306.
11. Keisuke Akita, Youhi Morii, Hisashi Nakamura, Takuya Tezuka, Kaoru Maruta, Three-dimensional numerical simulation of FREI in a micro flow reactor with a controlled temperature profile, Seventeenth International Conference on Numerical Combustion NC19, Aachen, Germany, (2019.5.6), #312.
 12. Kaoru Maruta, Microgravity combustion experiments for constructing comprehensive combustion limit theory, The 3rd International scientific conference "Science of the future" and the IV all-Russian forum "Science of the future – science of the young", Sochi, Russia, (2019.5.15).
 13. Youhi Morii, Kaoru, Maruta, One-Dimensional Simulations on Ignition Using NRPD Under Uniform Flow, 11th Mediterranean Combustion Symposium, Tenerife, Spain, (2019.6.18), WiP-09.
 14. Chihiro Kurosawa, Tatsuya Taguchi, Masao Kikuchi, Yasuhiro Nakamura, Tomoya Okuno, Takaki Akiba, Takuya Tezuka, Susumu Hasegawa, Hisashi Nakamura, Youhi Morii, Kaoru Maruta, Status of the hardware development for low-speed low-Lewis-number counterflow flame experiment (L3-Flame) on the ISS/KIBO, 32nd International Symposium on Space Technology and Science (ISTS), Fukui, (2019.6.21), 2019-h-07.
 15. Takaki Akiba, Tomoya Okuno, Hisashi Nakamura, Takuya Tezuka, Susumu Hasegawa, Roman Fursenko, Sergey Minaev, Masao Kikuchi, Kaoru Maruta, Effect of Diffusive Thermal Instability on Intrinsic Limits of Counterflow Flame, Unstrained Planar Flame and Flame Ball, 12th Asia-Pacific Conference on Combustion ASPACC2019, Fukuoka, (2019.7.2), 1224.
 16. Keisuke Kanayama, Takuya Tezuka, Susumu Hasegawa, Hisashi Nakamura, Kaoru Maruta, Modeling of C₂ Hydrocarbon Formation from Extremely Fuel-rich Combustion of CH₄/air Premixtures using a Micro Flow Reactor with a Controlled Temperature Profile, 12th Asia-Pacific Conference on Combustion ASPACC2019, Fukuoka, (2019.7.2), 1188.
 17. Keisuke Akita, Youhi Morii, Hisashi Nakamura, Takuya Tezuka, Kaoru Maruta, Multi-dimensional numerical analysis on flames with repetitive extinction and ignition in a heated micro channel, 27th International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems ICDERS 2019, Beijing, China, (2019.7.30), #300.
 18. Yuki Murakami, Hisashi Nakamura, Takuya Tezuka, Go Asai, Kaoru Maruta, Reactivity of CO/H₂/CH₄/air Mixtures derived from In-cylinder Fuel Reformulation Examined by a Micro Flow Reactor with a Controlled Temperature Profile, 27th International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems ICDERS 2019, Beijing, China, (2019.7.31), #258.
 19. Shintaro Takahashi, Hisashi Nakamura, Takuya Tezuka, Susumu Hasegawa, Kaoru Maruta, Study on Reactivities of Refrigirants R32, R125 and R410A using a Micro Flow Reactor with a Controlled Temperature Profile, 27th International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems ICDERS 2019, Beijing, China, (2019.7.31), #269.
 20. Youhi Morii, Hisashi Nakamura, Kaoru Maruta, Numerical simulations on ignition using NRPD under

- high-speed flow conditions, 27th International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems ICDERS 2019, Beijing, China, (2019.8.2), #426.
21. Kodai Uesugi, Youhi Morii, Taichi Mukoyama, Takuya Tezuka, Susumu Hasegawa, Hisashi Nakamura, Hidemasa Takana, Kaoru Maruta, Takeshi Yokomori, Norimasa Iida, Ignition Experiments by Nanosecond Repetitively Pulsed Discharges in Intense Turbulence for Super lean Burn at Engine Condition, 2019 JSAE/SAE Powertrains, Fuels and Lubricants International Meeting, Kyoto, (2019.8.26), 2160.
 22. Hisashi Nakamura, Takuya Tezuka, Susumu Hasegawa, Youhi Morii, Kaoru Maruta, Chemical kinetics study by micro flow reactor with temperature gradient - fundamentals and example of ammonia combustion, Tohoku University and University of Lorraine Conference 2019, Nancy, France, (2019.9.19).
 23. Shintaro Takahashi, Hisashi Nakamura, Takuya Tezuka, Susumu Hasegawa, Kaoru Maruta, Peculiar oxidation of hydrofluorocarbon refrigerants examined by weak flames in a micro flow reactor with a controlled temperature profile, Tohoku University and University of Lorraine Conference 2019, Nancy, France, (2019.9.19).
 24. Kaoru Maruta, Hisashi Nakamura, Takuya Tezuka, Study on microcombustion, thermal application and fuel characterization, Tohoku University and University of Lorraine Conference 2019, Nancy, France, (2019.9.19).
 25. Hisashi Nakamura, Koji Shimoyama, Optimization of rate parameters using genetic algorithm for constructing compact reaction mechanism, Non-linear phenomena and dynamics of flame propagation theoretical aspects and implementations NPDFP 2019, Borovoe, Kazakhstan, (2019.9.22).
 26. Toru Sugita, Hisashi Nakamura, Takuya Tezuka, Kaoru Maruta, Study on low temperature methane reactions enhanced by dimethyl ether using a micro flow reactor with a controlled temperature profile, Non-linear phenomena and dynamics of flame propagation theoretical aspects and implementations NPDFP 2019, Borovoe, Kazakhstan, (2019.9.24).
 27. Shintaro Takahashi, Hisashi Nakamura, Takuya Tezuka, Susumu Hasegawa, Kaoru Maruta, Unique oxidation characteristics of C1-C2 hydrofluorocarbon refrigerants examined by weak flames in a micro flow reactor with a controlled temperature profile, Non-linear phenomena and dynamics of flame propagation theoretical aspects and implementations NPDFP 2019, Borovoe, Kazakhstan, (2019.9.24).
 28. Keisuke Kanayama, Takuya Tezuka, Susumu Hasegawa, Hisashi Nakamura, Kaoru Maruta, Formation of C₀-C₂ species and Benzene from Extremely Fuel-rich Combustion of CH₄/air Mixtures using a Micro Flow Reactor with a Controlled Temperature Profile, Non-linear phenomena and dynamics of flame propagation theoretical aspects and implementations NPDFP 2019, Borovoe, Kazakhstan, (2019.9.24).
 29. Takaki Akiba, Tomoya Okuno, Hisashi Nakamura, Youhi Morii, Takuya Tezuka Roman Fursenko, Sergey Minaev Masao Kikuchi Kaoru Maruta, Dynamic behaviors of flame ball in flow, Sixteenth International Conference on Flow Dynamics ICFD2019, Sendai, (2019.11.6), OS2-20 pp. 216, 217.

30. Keisuke Akita, Youhi Morii, Hisashi Nakamura, Takuya Tezuka, Kaoru Maruta, Numerical study on CH₄/air flames with repetitive extinction and ignition in a micro flow reactor with a controlled temperature profile, Sixteenth International Conference on Flow Dynamics ICFD2019, Sendai, (2019.11.6), OS2-23 pp. 222, 223.
31. Mayu Suzuki, Youhi Morii, Hisashi Nakamura, Kaoru Maruta, Computational Study on Ignition Process of CH₄/Air Mixture Initiated by Nanosecond Repetitively Pulsed Discharges, Sixteenth International Conference on Flow Dynamics ICFD2019, Sendai, (2019.11.7), OS2-38 pp. 252, 253.
32. Yoshimichi Yamamoto, Takuya Tezuka, Hisashi Nakamura, Study on Pyrolysis of Nitromethane using a Micro Flow Reactor with a Controlled Temperature Profile, Sixteenth International Conference on Flow Dynamics ICFD2019, Sendai, (2019.11.7), OS18-67 pp. 818, 819.
33. Keisuke Kanayama, Takuya Tezuka, Susumu Hasegawa, Hisashi Nakamura, Kaoru Maruta, Formation of C₂ Hydrocarbons from Extremely Fuel-rich Combustion of CH₄/air Mixtures in Pre-sooting Region using a Micro Flow Reactor with a Controlled Temperature Profile, Sixteenth International Conference on Flow Dynamics ICFD2019, Sendai, (2019.11.7), OS2-40 pp. 256, 257.
34. Toru Sugita, Hisashi Nakamura, Takuya Tezuka, Kaoru Maruta, Initial stage reactions of methane induced by dimethyl ether using a micro flow reactor with a controlled temperature profile, Sixteenth International Conference on Flow Dynamics ICFD2019, Sendai, (2019.11.7), OS18-51 pp. 786, 787.
35. Shintaro Takahashi, Hisashi Nakamura, Takuya Tezuka, Susumu Hasegawa, Kaoru Maruta, On unique three-stage oxidation of C₂HF₅(R125)/air weak flame in a micro flow reactor a controlled temperature, Sixteenth International Conference on Flow Dynamics ICFD2019, Sendai, (2019.11.7), OS2-30 pp. 236, 237.
36. Brent B. Skabelund, Hisashi Nakamura, Kaoru Maruta, Jeongmin Ahn, Ryan J. Milcarek, Micro-combustion of N-Butane for Power Generation Applications, Sixteenth International Conference on Flow Dynamics ICFD2019, Sendai, (2019.11.7), CRF-R1 pp. 130, 131.
37. Kaoru Maruta, Roman Fursenko, Alexander Kirdyashkin, Vladimir Gubernov, Micro channel burners for energy production on the basis of micro combustion, Sixteenth International Conference on Flow Dynamics ICFD2019, Sendai, (2019.11.7), CRF- R2 pp. 132,133.
38. O. Mathieu , M. Shindo, E. L. Petersen, T. Tezuka, H. Nakamura, Experimental and Numerical Study of the Oxidation of NH₃/N₂O Mixtures in a Micro-Flow Reactor with a Controlled Temperature Profile, Sixteenth International Conference on Flow Dynamics ICFD2019, Sendai, (2019.11.6), OS2-6 pp. 188, 189.
39. K. Tanaka , S. Sugano, S. Sakaida, M. Konno, H. Nakamura, T. Tezuka, Time-resolved Quantitative Measurements of Intermediate Species in the Low-temperature Oxidation of Iso-octane using Midinfrared Absorption Spectroscopy, Sixteenth International Conference on Flow Dynamics ICFD2019, Sendai, (2019.11.7), OS2-29 pp. 234, 235.
40. Y. Sakai, H. Nakamura, T. Sugita, T. Tezuka, Chemical Interpretation of the Two-Stage Cool Flame of

- Diethylether, Sixteenth International Conference on Flow Dynamics ICFD2019, Sendai, (2019.11.7), CRF-2.
41. O. Mathieu, Y. Yamamoto, C. R. Mulvihill, E. L. Petersen, T. Tezuka, H. Nakamura, Experimental and Chemical Kinetics Modeling Study of Nitromethane in Shock Tubes and a Micro-Flow Reactor with a Controlled Temperature Profile, Sixteenth International Conference on Flow Dynamics ICFD2019, Sendai, (2019.11.7), CRF-16.
 42. T. S. Welles, J. Ahn, H. Nakamura, Solid Oxide Fuel Cells Replacement of a Traditional Catalytic Converter, Sixteenth International Conference on Flow Dynamics ICFD2019, Sendai, (2019.11.7), CRF-21.
 43. H. Terashima, H. Nakamura, Fuel Sensitivity on End-gas Autoignition Behavior during Knocking Combustion, Sixteenth International Conference on Flow Dynamics ICFD2019, Sendai, (2019.11.7), CRF-31.
 44. Youhi Morii, Hisashi Nakamura, Kaoru Maruta, Comparison between the efficient ODE solvers for reactive CFD with detailed chemical kinetics, Sixteenth International Conference on Flow Dynamics ICFD2019, Sendai, (2019.11.8), OS2-64 pp. 304, 305.
 45. Philipp Grajetzki, Hisashi Nakamura, Takuya Tezuka, Susumu Hasegawa, Kaoru Maruta, A Novel Fuel Reactivity Index Based on Separated Weak Flames in a Micro Flow Reactor with a Controlled Temperature Profile, Second Pacific Rim Thermal Engineering Conference PRTEC2019, Hawaii, USA, (2019.12.15), 24463.
 46. Hisashi Nakamura, Ryota Nakada, Takuya Tezuka, Susumu Hasegawa, Kaoru Maruta, Structures of Cool Flames of Pentane Isomers in a Micro Flow Reactor with a Controlled Temperature Profile, Second Pacific Rim Thermal Engineering Conference PRTEC2019, Hawaii, USA, (2019.12.15), 24464.
 47. Ajit Kumar Dubey, Yoichiro Koyama, Sung Hwan Yoon, Nozomu Hashimoto, Osamu Fujita, Youhi Morii, Hisashi Nakamura, Kaoru Maruta, Thermoacoustic instability of flames propagating in a tube: experiments, analytical modeling and numerical simulations, 7th Prof. P J Paul Memorial Combustion Researchers Meet, Mumbai, India, (2020.2.14).

国内学会，研究会等

(招待講演)

48. 森井雄飛，ノックモデル、積分法：「入門と最新手法の紹介」，自動車技術会 2019 年春季大会，横浜，(2019.5.23).
49. 中村 寿，村上雄紀，手塚卓也，長谷川進，朝井 豪，丸田 薫，温度分布制御マイクロフローリアクタを用いた超過濃燃焼改質と改質ガスの着火特性に関する研究，広域融合による次世代エンジンシステム研究分野の創生研究会，茨城，(2019.11.1).

(一般講演)

50. 金山佳督，手塚卓也，長谷川進，中村 寿，丸田 薫，温度分布制御型マイクロフローリアクタ

- を用いた超過濃メタン燃焼における化学種計測及びモデル予測性能の向上に関する研究, 日本伝熱学会第 56 回日本伝熱シンポジウム, 徳島, (2019.5.29), F133.
51. 村上雄紀, 中村 寿, 手塚卓也, 朝井 豪, 丸田 薫, 温度分布制御型マイクロフローリアクタを用いた C_2H_4 が CO/H_2 混合気の着火特性に及ぼす影響に関する研究, 日本伝熱学会第 56 回日本伝熱シンポジウム, 徳島, (2019.5.30), F225.
 52. 高橋伸太郎, 中村 寿, 手塚卓也, 長谷川進, 丸田 薫, 温度分布制御型マイクロフローリアクタを用いたフッ化物冷媒 R32(CH_2F_2), R125(C_2HF_5), R410A(CH_2F_2/C_2HF_5)の着火・燃焼特性に関する研究, 日本伝熱学会第 56 回日本伝熱シンポジウム, 徳島, (2019.5.30), F212.
 53. 森倉渉太, 高橋伸太郎, 中村 寿, 手塚卓也, 森井雄飛, 丸田 薫, 白根隆行, 名倉健祐, 温度分布制御型マイクロフローリアクタを用いた炭酸エステルの着火・燃焼特性に関する研究, 日本伝熱学会第 56 回日本伝熱シンポジウム, 徳島, (2019.5.30), F211.
 54. 丸田 薫, 着火から火炎伝播 高乱流強度定容容器実験から, 自動車用内燃機関技術研究組合 (AICE) 点火・着火 WG キックオフミーティング, 東京, (2019.6.11).
 55. 森井雄飛, 自着火解析およびモデル検証, 東北大学-JAXA 連携協力(航空・流体科学系) 平成 30 年度共同研究報告会, 東京, (2019.8.5).
 56. 森井雄飛, 高速かつロバストな反応積分法の改良研究, 東北大学-JAXA 連携協力(航空・流体科学系) 平成 30 年度共同研究報告会, 東京, (2019.8.5).
 57. 秋葉貴輝, 奥野友哉, 中村 寿, 森井雄飛, 手塚卓也, Roman Fursenko, Sergey Minaev, 菊池政雄, 丸田 薫, 日本マイクログラビティ応用学会 第 31 回学術講演会 JASMAC-31, 仙台, (2019.10.24), 24B01.
 58. 田口竜也, 中村裕広, 菊池政雄, 黒澤茅広, 土屋美和, 圓入清二, 丸田 薫, 中村 寿, 森井雄飛, 秋葉貴輝, ISS 実験に向けた極低流速・低ルイス数対向流火炎実験装置の概要と開発状況, 日本マイクログラビティ応用学会 第 31 回学術講演会 JASMAC-31, 仙台, (2019.10.24), 24B02.
 59. 杉田 透, 中村 寿, 手塚卓也, 丸田 薫, 温度分布制御型マイクロフローリアクタを用いたメタン/DME weak flame の LIF 計測と着火特性に関する研究, 日本燃焼学会第 57 回燃焼シンポジウム, 札幌, (2019.11.20), A112.
 60. 金山佳督, 手塚卓也, 長谷川進, 中村 寿, 丸田 薫, 温度分布制御型マイクロフローリアクタを用いた化学種計測及び数値計算による超燃料過濃メタン/空気混合気の燃焼生成物に関する研究, 日本燃焼学会第 57 回燃焼シンポジウム, 札幌, (2019.11.20), D131.
 61. 鈴木麻友, 森井雄飛, 中村 寿, 丸田 薫, ナノ秒パルス放電プラズマを用いた CH_4/Air 混合気の着火過程に関する数値的研究—保存量選択の影響—, 日本燃焼学会第 57 回燃焼シンポジウム, 札幌, (2019.11.20), E123.
 62. 森井雄飛, 鈴木麻友, 中村 寿, 丸田 薫, 一次元数値流体解析を用いたナノ秒パルス放電プラズマによる着火過程の調査—着火に対するパルス周波数の影響—, 日本燃焼学会第 57 回燃焼シンポジウム, 札幌, (2019.11.20), E124.
 63. 山本能道, 手塚卓也, 中村 寿, 温度分布制御型マイクロフローリアクタを用いたニトロメタ

- ンの熱分解の反応モデル検証, 日本燃焼学会第 57 回燃焼シンポジウム, 札幌, (2019.11.21), P204.
64. 吉田雄貴, 橋本 望, 中村 寿, 藤田 修, マイクロフローリアクタを用いた微粉炭揮発分の燃焼実験, 日本燃焼学会第 57 回燃焼シンポジウム, 札幌, (2019.11.21), P212.
65. 秋田佳祐, 森井雄飛, 中村 寿, 手塚卓也, 丸田 薫, 温度分布制御型マイクロフローリアクタで観測されるメタン/空気混合気の FREI に関する数値的研究, 日本燃焼学会第 57 回燃焼シンポジウム, 札幌, (2019.11.22), A314.
66. 高橋伸太郎, 中村 寿, 手塚卓也, 長谷川進, 丸田 薫, 温度分布制御型マイクロフローリアクタを用いたフッ化水素冷媒 R32(CH₂F₂)と R125(C₂HF₅)の F/H 比が Weak flame の反応性に及ぼす影響に関する影響, 日本燃焼学会第 57 回燃焼シンポジウム, 札幌, (2019.11.22), A322.
67. 森倉渉太, 高橋伸太郎, 中村 寿, 手塚卓也, 森井雄飛, 丸田 薫, 白根隆行, 名倉健祐, 温度分布制御型マイクロフローリアクタを用いたリチウムイオン電池溶媒の反応性評価および反応モデルの検証, 日本燃焼学会第 57 回燃焼シンポジウム, 札幌, (2019.11.22), A333.
68. Takaki Akiba, Tomoya Okuno, Hisashi Nakamura, Takuya Tezuka, Susumu Hasegawa, Sergey Minaev, Roman Fursenko, Masao Kikuchi, Kaoru Maruta, Counterflow Flame Experiments under Microgravity toward Comprehensive Combustion Limit Theory, GIMRT X ISS- “Kibo” Users Network X AIRC 第 138 回金研講演会, 仙台, (2019.11.29).
69. 丸田 薫, 乱流着火特性の燃焼依存性, 2019 年度自動車用内燃機関技術研究組合(AICE)年次大会, 京都, (2020.3.2).
70. 鈴木麻友, 森井雄飛, 中村 寿, 丸田 薫, 非平衡プラズマを用いた 0 次元着火数値解析, 2019 年度自動車用内燃機関技術研究組合(AICE)年次大会, 京都, (2020.3.2).

著書

71. 森井雄飛 (分担執筆), 基礎からわかる自動車エンジンのシミュレーション, 第 5 章 4 節ノックモデル, コロナ社, ISBN 978-4339046601, (2019.7.17).

特許

72. 特許名称 : Combustion Experimental Device
EU 登録 : EP2642280B1(2019.1.16) (昨年度未掲載分)
発明者 : 丸田 薫, 中村 寿, 加藤壮一郎, 及川尚樹
73. 特許名称 : Combustion Experiment Device
EU 登録 : EP 3144667B1 (2019.2.20) (昨年度未掲載分)
アメリカ登録 : US10520456B2 (2019.12.31)
発明者 : 手塚卓也, 中村 寿, 丸田 薫, 加藤壮一郎, 伊藤慎太郎
74. 特許名称 : Fuel Property Determination Method and Fuel Property Determination Device
EU 登録 : EP2685258 B1 (2019.5.8)

- 発明者：丸田 薫，中村 寿，加藤壮一郎，松井邦雄，佐瀬 昭，佐浦 毅
75. 特許名称：高温酸素燃焼装置及び高温酸素燃焼方法
特許第 6541050 号 (2019.6.21)
発明者：丸田 薫，中村 寿，持田 晋，荒明但宏

■ 2-4. システムエネルギー保全研究分野

構成員

教授	高木 敏行
准教授	三木 寛之
助教	小助川 博之
客員教授	橋本 光男
学術研究員	浦山 良一
学術研究員 (JSPS特別研究員(PD))	孫 宏君
学術研究員	宍戸 信行
技術補佐員	佐藤 武志
技術研究員	阿部 利彦
D3	森 仁
M2	手塚 晃世
M2	刁 琢
M2	周 新武
M1	高橋 拓馬
M1	小柴 悠輔
B4	瀬戸 顕文
B4	竹下 直輝
B4	渡辺 諒

■ システムエネルギー保全研究分野

発電所などの大規模複雑システムや輸送機械の保全の高度化は、社会基盤と国民生活の質に直結する課題であり、その構造物の健全性を高めるためのヘルスマonitoringや非破壊劣化診断は極めて重要である。高温や腐食雰囲気などで使用される構造物の保全には、極限環境下で使用できるセンサと、それを用いるためのモニタリング法や非破壊検査法の開発が望まれている。また、機械そのものの長寿命化や、エネルギー効率の良い環境デバイスの開発も、システムの保全に貢献する。さらに近年では、繊維強化プラスチック(FRP)を用いた新しい構造材料が普及しつつあり、その健全性評価のためにこれまでとは異なる非破壊検査法の発展が求められている。本研究分野は、極限環境下で使用可能なセンサと非破壊検査システムの構築、および高性能・高効率デバイスの開発を目的として、高クロムフェライト鋼やオーステナイト系ステンレス鋼などの金属材料や炭素繊維強化プラスチックといった構造材料の電磁・熱・機械・流動特性の評価、電磁現象を利用した先進的な非破壊材料評価法、低環境負荷粉末成形プロセスについて研究を進めている。以下に代表的な研究テーマを記す。

横波型電磁超音波探触子の小型化と表面型電磁超音波探触子の新しい組合せの提案

従来の電磁超音波探触子(EMAT)は永久磁石とコイルから構成されている。狭い空間等の場合で使用するために、EMATの小型化に関する研究が重要である。EMATの最大垂直方向の磁束密度は磁石のリフトオフ(磁石の下面と試験片の表面との距離)が大きくなるにつれて急速に減少することがわかった。そこで、永久磁石の厚さを増やさずに小型EMATの磁束密度を高めるために、図1に示した新しい磁石の配置を提案した。図2は磁石のリフトオフが1.5 mmの場合、アルミニウム試験片での受信信号である。提案したEMATにより振幅が71.4%増加した。図3は磁石のリフトオフが1.5 mmの場合、炭素鋼試験片での受信信号である。提案したEMATにより受信信号が29.0%増加した。炭素鋼試験片では、垂直方向の磁束密度が0.66 T未満であることを考えると、ローレンツ力に加えて磁歪力が作用したため、連成効果により減少したと考えられる。

金属材料の表面損傷を検出するために、レイリー波(表面波)が使用されている。本研究では、レイリー波型EMATの送受信信号が弱いという欠点に対して、図4に示した周期永久磁石(PPM)と新型蛇行コイルで構成される新しい組み合わせを提案した。新型蛇行コイルは、2枚の従来の蛇行コイルを重ね半波長シフトし、2枚の従来の蛇行コイルを繋げるものである。図5は同じ試験片での従来のレイリー波型EMATと提案したレイリー波型EMATの受信信号である。提案したレイリー波型EMATは従来のものと比較して受信信号が57.9%増加した。

金属ワイヤを原料とした新たな圧縮せん断プロセスの提案と材料特性評価

常温圧縮せん断法は粉末原料に圧縮応力とせん断ひずみを同時に付与することで薄板材料を単工程で成形する手法である。これまでに金属粉末を原料として微細結晶粒を有する薄板の成形に成功しており、同時に原料粉末の粒径が小さいほど機械的特性が向上することが分かっている。しかし、金属粉末は表面積が大きいため酸化しやすく、特に微金属粉末はある条件下において粉塵爆発の危険性が高い。そのため、安全かつ原料の取り扱いが簡単な成形プロセス（図 6）を提案し、成形体の材料組織、機械的特性を評価することによってその実用性について検討した。本研究では、種類が豊富で入手が容易なアルミワイヤを原料として用い、その成形プロセスと成形体の材料特性を評価した。その結果、常温で成形した試験片に比べ温間で成形した試験片の方が機械的特性に優れること、原料のワイヤ径の小さい成形体の成形状態が良いこと（図 7）が明らかとなった。従来に比べて、材料成形プロセスは大幅に簡略化され、成形プロセスの実用化に向けた指針を得ることが出来たが、粉末成形体に比べて機械的特性が劣る点などの課題も残っている。既にワイヤへのひずみ量の増大化と酸化被膜の分散化の必要性を見出しており、引き続き成形体の特性向上に向けた検討を進める。

軟磁性 DLC を用いた電磁誘導式損傷インジケータの開発と接着接合部の非破壊検査への応用

軽量かつ高強度という優れた特性を有する繊維強化プラスチック(FRP)が、鉄鋼やアルミ合金に代わる新しい構造材料として注目されている。構造材料として使用される FRP は、金属と接合して使用されるケースが多い。このような複合構造体をマルチマテリアルと呼び、現在ではより軽量化で接着面の応力の分散が期待できる接着接合を用いる手法が注目されている。しかしながら、接着接合は接着面の非破壊検査が容易でないことからその品質保証が難しいという短所があるため、未だその使用が敬遠されている。接着接合を用いて構造体のさらなる軽量化を実現するためには接着部の非破壊検査法を確立することが急務である。

本研究分野では、軟磁性かつ導電性を示すコバルト含有ダイヤモンドライクカーボン薄膜(Co-DLC)を接着面に導入し、Co-DLC が示す渦電流信号強度から非破壊的に接着面の損傷程度を評価する手法を提案した。このような Co-DLC を電磁誘導式損傷インジケータと名付け、その組成と渦電流信号強度、および接着強度の関係を詳しく調査した。渦電流信号は材料の透磁率に大きく影響されることから、Co-DLC を多層化することによる磁性の向上を試みた。Co-DLC の間に 2 ナノメートル程度の厚さの非導電性である a-C:H DLC 層を 3 層ないし 4 層導入することで、飽和磁化と透磁率が向上することが確認された(図 8)。また、

高い透磁率を示す単層 Co-DLC を厚さ 1 ミリメートルのガラス繊維強化プラスチック (GFRP)の接着部に導入し、その渦電流信号を自己誘導標準比較方式プローブを用いて評価したところ、Co-DLC に予め設けた長さ 20 ミリメートルのスリットを非破壊的に検出可能であることを明らかにした(図 9)。以上の結果から、Co-DLC をインジケータとして接着部に導入することで FRP の接着部を非破壊的に評価できることが示された。

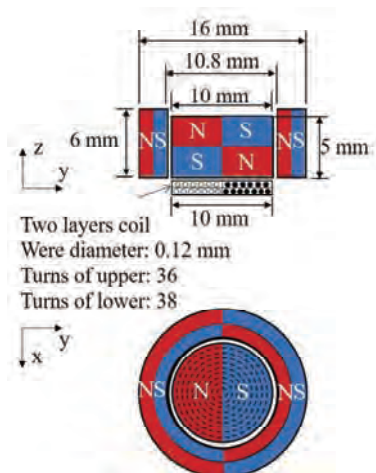
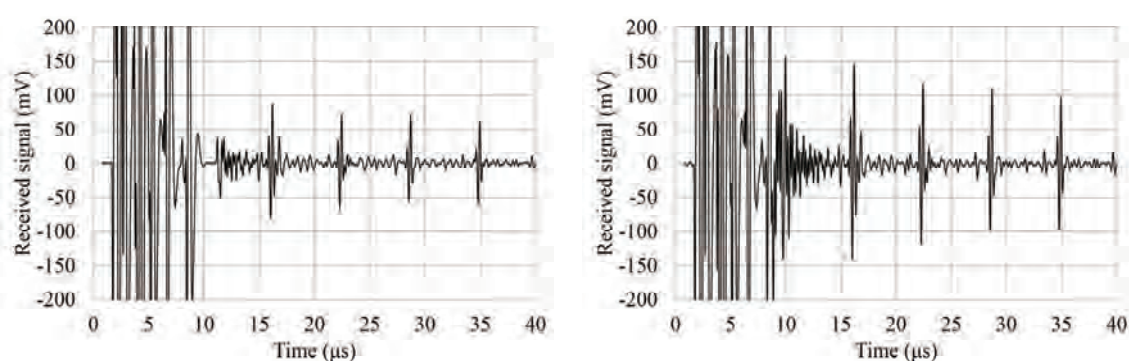


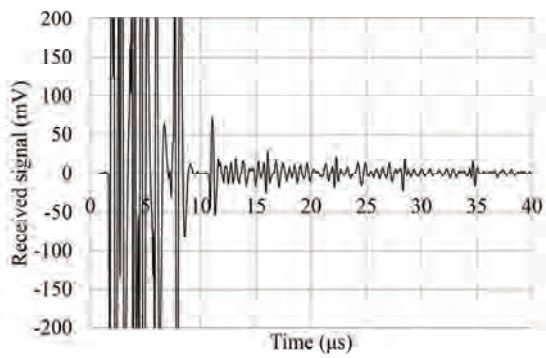
図 1 配管減肉管理



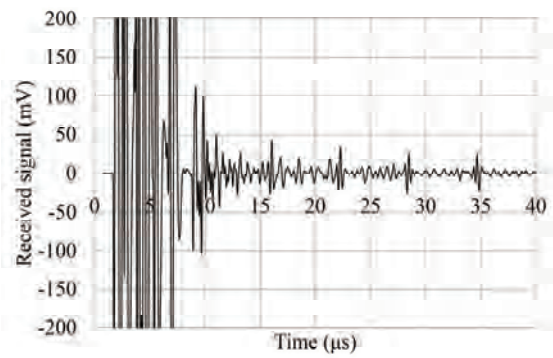
(a) リング磁石が無し

(b) リング磁石が有り(提案)

図 2 磁石のリフトオフが 1.5 mm の場合、アルミニウム試験片での EMAT の受信信号



(a) リング磁石が無し



(b) リング磁石が有り(提案)

図3 磁石のリフトオフが 1.5 mm の場合、炭素鋼試験片での EMAT の受信信号

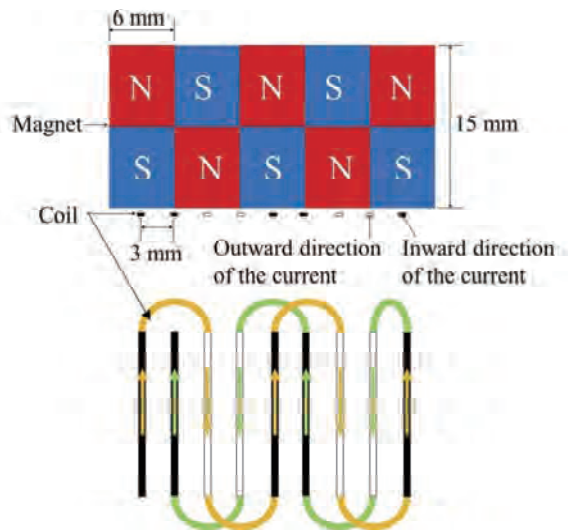
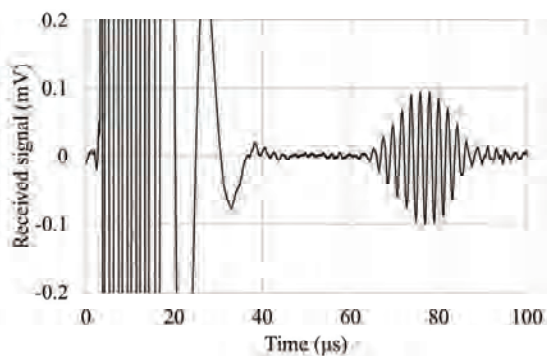
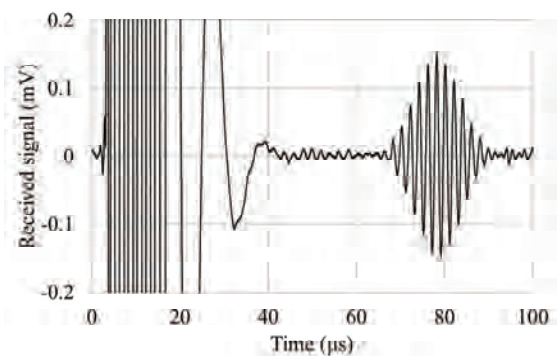


図4 表面型電磁超音波探触子の新しい組合せの提案



(a) レイリー波型



(b) 提案したレイリー波型 EMAT

図5 同じ試験片では従来のレイリー波型 EMAT と提案したものの受信信号

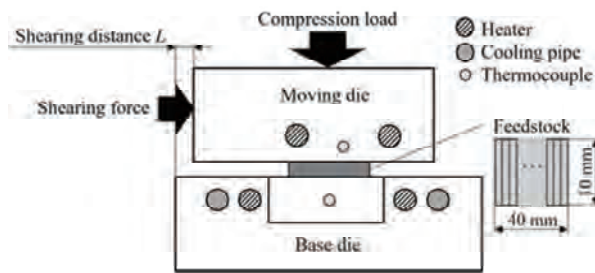


図6 ワイヤ成形用セットアップ

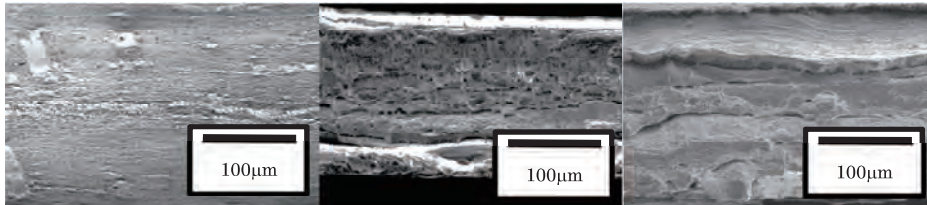
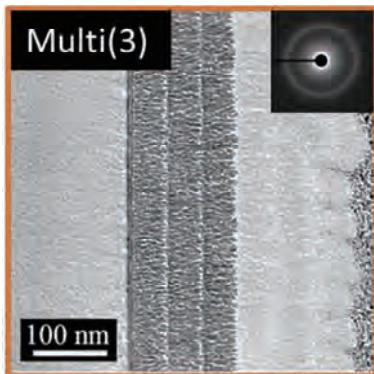


図7 成形条件の異なるワイヤ成形体における引張試験破断面 SEM 像 (a) 直径 0.30 mm、室温加工、(b) 直径 0.30 mm 200°C成形、(c) 直径 0.40 mm、200°C成形

(a)



(b)

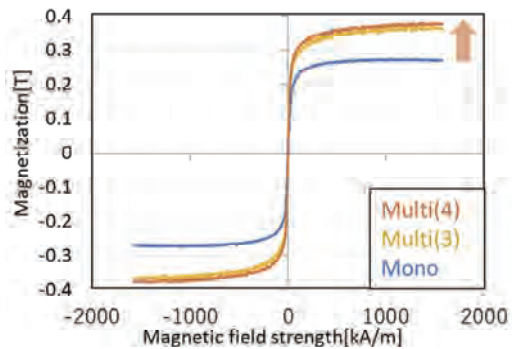


図8 (a) 多層 Co-DLC の TEM 画像、(b)多層および単層 Co-DLC の磁化-磁場曲線

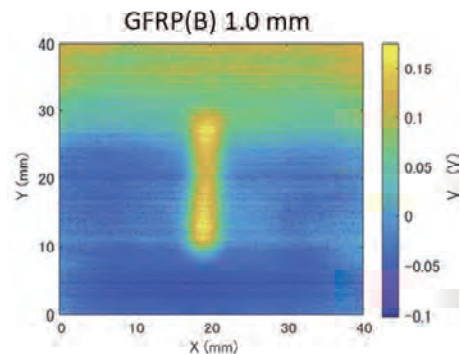
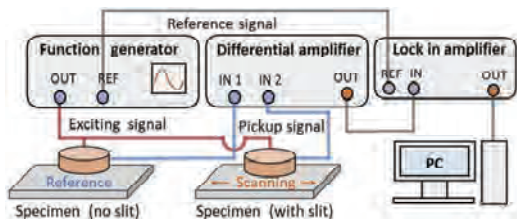


図9 (a) 自己誘導標準比較方式渦電流試験のセットアップ、(b)GFRP/GFRP 接着接合部に導入した Co-DLC に設けたスリットを対象とする渦電流コンター図

■ システムエネルギー保全研究分野

学術雑誌（解説等を含む）

1. Bhaawan Gupta, Tetsuya Uchimoto, Benjamin Ducharne, Gael Sebald, Takamichi Miyazaki, Toshiyuki Takagi
Magnetic incremental permeability non-destructive evaluation of 12 Cr-Mo-W-V steel creep test samples with varied ageing levels and thermal treatments
NDT and E International, Vol.104, (2019), pp.42-50.
2. Bhaawan Gupta, Benjamin Ducharne, Gael Sebald, Tetsuya Uchimoto, Takamichi Miyazaki, Toshiyuki Takagi
Physical Interpretation of the Microstructure for aged 12 Cr-Mo-V-W Steel Creep Test Samples based on Simulation of Magnetic Incremental Permeability
Journal of Magnetism and Magnetic Materials, (2019), 165250. (165250)
3. Michel Belin, Hiroyuki Miki, Toshiyuki Takagi
Friction Laws Determination of Random-Textured Surface of Microcrystalline Diamond Coatings, Using the Oscillating Tribometer Technique
Tribology Online, Vol.14, No.3, (2019), pp.109-114.
4. Manru He, Takanori Matsumoto, Sho Takeda, Tetsuya Uchimoto, Toshiyuki Takagi, Hiroyuki Miki, Hong-En Chen, Shejuan Xie, Zhenmao Chen
Nondestructive evaluation of plastic damage in a RAFM steel considering the influence of loading history
Journal of Nuclear Materials, Vol.523, (2019), pp.248-259.
5. Noritaka Yusa, Haicheng Song, Daiki Iwata, Tetsuya Uchimoto, Toshiyuki Takagi, Makoto Moroi
Probabilistic analysis of electromagnetic acoustic resonance signals for the detection of pipe wall thinning
Nondestructive Testing and Evaluation, (2019). (ISSN:1058-9759(Print)1477-2671(Online))
6. Hongjun Sun, Ryoichi Urayama, Tetsuya Uchimoto, Toshiyuki Takagi, Mitsuo Hashimoto
Small electromagnetic acoustic transducer with an enhanced unique magnet configuration
NDT&E International, (2019), 102205. (110 (2020))
7. Shejuan Xie, Lei Zhang, Ying Zhao, Xiaogang Wang, Yuying Kong, Qiang Ma, Zhenmao Chen, Tetsuya Uchimoto, Toshiyuki Takagi
Features extraction and discussion in a novel frequency-band-selecting pulsed eddy current

testing method for the detection of a certain depth range of defects

NDT&E International 111(2020)102211

8. Hiroyuki Kosukegawa, Yuta Kiso, Yuki Yoshikawa, Ryoichi Urayama, Toshiyuki Takagi
Characterization of laminated structure on scarfed slope of CFRP by utilizing eddy current testing with differential type probe
International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics, Vol. 59(4), (2019), pp.1227-1238.
9. 高木 敏行, 相馬 知也, 高木 敏行, 内一 哲哉
インバリアント分析技術を利用した非破壊検査の調査
検査技術, Vol.24, No.4, (2019), pp.6-13, P1901-14.
10. 小助川 博之, 高木 敏行
CFRP 構造物の保全と電磁非破壊評価
検査技術, Vol.24, No.11, (2019), pp.55-64.
11. 孫 宏君, 高木 敏行, 内一 哲哉
電磁超音波共鳴法による配管減肉森田リング技術
検査技術, 2020.1, pp.11-16, P1909-02.

国際学会

(招待講演)

(一般講演)

1. Hiroyuki Kosukegawa, Florent Dalmas, Toshiyuki Takagi, Jean-Yves Cavaille
Effect of Wettability of Carbon Fiber on Interfacial Shear Stress on PP/PA Polymer Blend
ELyT Workshop 2019 10th annual workshop, (2019).
2. Toshiyuki Takagi
Electromagnetic Pulse-Induced Acoustic Testing for Metal/Composite or Metal/Plastics Adhesive Joints and Its Data Processing
Proceedings of QNDE2019, (2019), QNDE2019:6856.
3. Toshiyuki TAKAGI, Hongjun SUN, Tetsuya Uchimoto
Development of Electromagnetic Acoustic Transducer and Its Application to Nuclear Power Plant Piping System
Shanghai University and Tohoku University 2019 Joint Symposium on Advanced Functional Materials, (2019), pp.16-16.

4. Toshiyuki TAKAGI, Hongjun SUN, Tetsuya Uchimoto
Development of Electromagnetic Acoustic Transducer and Its Application to Nuclear Power Plant Piping System
Shanghai University and Tohoku University 2019 Joint Symposium on Advanced Functional Materials, (2019), pp.16-16.
5. Tesuya UCHIMOTO, Toshiyuki TAKAGI, Gerd DOBMANN, Benjamin DUCHARNE
Micro-magnetic Nondestructive Testing for Evaluation of Residual Strain in Low Carbon Steels
Shanghai University and Tohoku University 2019 Joint Symposium on Advanced Functional Materials, (2019), pp.20-20.
6. Hiroyuki Kosukegawa, Yuta Kiso, Mitsuo Hashimoto, Toshiyuki Takagi
Evaluation of detectability of differential type probe with directional eddy current for detection of fiber misalignment in CFRP
24th International Workshop on Electromagnetic Nondestructive Evaluation, (2019), A0129.
7. Hongjun Sun, Hiroyuki Kosukegawa, Mitsuo Hashimoto, Toshiyuki Takagi
Numerical simulation of electromagnetic pulse-induced acoustic testing for metal/plastics adhesive joints
The 19th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics, (2019), 286.
8. Zhuo Diao, Hiroyuki Kosukegawa, Hiroyuki Miki, Yiwen Zhang, Toshiyuki Takagi
Development of Co-DLC Multi-layered Film for Magnetic Device Application
The 19th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics, (2019), 144.
9. Xinwu ZHOU, Ryoichi URAYAMA, Tetsuya UCHIMOTO, Toshiyuki TAKAGI
An Automated Signal Analysis Model for Eddy Current Testing using Artificial Neural Network
Sixteenth International Conference on Flow Dynamics, (2019.11.7)., (2019), pp.844-845, OS18-80.
10. Hiroyuki Nakamoto, Philippe Guy, Toshiyuki Takagi, Tetsuya Uchimoto, Kazuya Hamaguchi
Back Surface Roughness Measurement Based on Attenuation of Ultrasonic Wave
Proceedings of the Nineteenth International Symposium on Advanced Fluid Information, (2019), pp.236-237, OS20-12.
11. Hiroshi Koibuchi, Vladislav Egorov, Olga Maximowa, Chrystelle Bernard, Jean-Marc Chenal, Olivier Lame, Gildas Diguët, Gael Sebald, Jean-Yves Cavaille, Toshiyuki Takagi and Laurent Chazeau
Coarse-grained Modeling and Monte Carlo Study of Strain Induced Crystallization of Rubbers
Proceedings of the Nineteenth International Symposium on Advanced Fluid Information, (2019),

- pp.218-219, OS20-3.
12. Takuma Takahashi, Hiroyuki Miki, Sho Takeda, Hiroyuki Kosukegawa, Toshiyuki Takagi
Consolidation and Metal Alloying of Cu/Zn Mixed Powders by Warming Compression Shearing Method
Sixteenth International Conference on Flow Dynamics,(2019.11.7)., (2019), pp.842-843, OS18-79.
 13. Zhuo Diao,Hiroyuki Kosukegawa, Hiroyuki Miki, Toshiyuki Takagi
Development of Soft-magnetic DLC Sensor for Detecting Adhesive Joint Defect in Composite Materials
Sixteenth International Conference on Flow Dynamics,(2019.11.7)., (2019), pp.852-853, OS18-84.
 14. Eri Tokuda, Sho Takeda, Tetsuya Uchimoto, Toshiyuki Takagi, Hirotooshi Enoki, Takashi Iijima
Hydrogen Embrittlement Evaluation Using Eddy Current Testing on Fatigued Specimens of Hydrogen Charged Austenitic Stainless Steel
Sixteenth International Conference on Flow Dynamics,(2019.11.7)., (2019), pp.858-859, OS18-87.
 15. Zhenmao Chen, Manru He, Hong-En Chen, Shejuan Xie, Tetsuya Uchimoto and Toshiyuki Takagi
Influence of Fatigue Damage on NDE of Plastic Strain in RAFM Steel using Electromagnetic NDE Methods
Proceedings of the Nineteenth International Symposium on Advanced Fluid Information, (2019), pp.54-55, CRF-27.
 16. Vladimir Khovavlo, Anastasiya Taranova, Andrei Novitskiy, Andrei Voronin, Erzhan Ashim ,SergyTaskaev, Hiroyuki Miki, Toshiyuki Takagi
Influence of Vanadium on Thermoelectric Properties of Fe₂Ti-x VxSn Heusler Alloys
Proceedings of the Nineteenth International Symposium on Advanced Fluid Information, (2019), pp.152-153, CRF-71.
 17. Yuya Kodaira, Toshiyuki Takagi, Hiroyuki Miki, Hiroyuki Kosukegawa, Noboru Nakayama
Internal defect of plastic-fabricated Carbon Fiber Reinforced Thermo Plastics
Proceedings of the Nineteenth International Symposium on Advanced Fluid Information, (2019), pp.88-89, CRF-44.
 18. Yusuke Koshiba, Shun Nagai, Hiroyuki Miki, Sho Takeda, Takamichi Miyazaki, Hiroyuki Kosukegawa, Toshiyuki Takagi

- Mechanical Properties of Al and Cu Thin Plates Fabricated by Warming Process with Compression Shearing Method
Sixteenth International Conference on Flow Dynamics,(2019.11.7)., (2019), pp.870-871, OS18-93.
19. Bhaawan Gupta, Gael Sebald, Benjamin Ducharne, Tetsuya Uchimoto, Toshiyuki Takagi
Modelling Materials Behavior for Advanced Electromagnetic Non Destructive Testing Techniques
Proceedings of the Nineteenth International Symposium on Advanced Fluid Information, (2019), pp.240-241, OS20-14.
 20. Shigeru Obayashi, Seiji Samukawa, Toshiyuki Takagi¹, Hirofumi Wada, Takeru Okada, Yutaka Watanabe, Mitsuo Hashimoto, Takashi Iijima, Philippe Guy, Lalita Udpa, Yuji Hattori, Hiroki Nagai, Koji Shimoyama, Makoto Hirota, Aiko Yakeno, Gota Kikugawa, Ats
Multiphase Flow and Interfacial Transport Phenomena at Phase and Material Boundaries
Proceedings of the Nineteenth International Symposium on Advanced Fluid Information, (2019), pp.138-139, CRF-J2.
 21. Hitoshi Mori, Hitoshi Kagaya, Yoko Inamoto, Shin-ichi Izumi, Kenji Yashima, Toshiyuki Takagi
Numerical Analysis of Induced Eddy Current Distribution in the Submandibular Region by Magnetic Stimulation Using Biostructure Data Acquired by CT
Sixteenth International Conference on Flow Dynamics,(2019.11.7)., (2019), pp.824-825, OS18-70.
 22. Toshiyuki Takagi, Philippe Guy, Yutaka Watanabe, Hiroshi Abe, Shinji Ebara, Tetsuya Uchimoto, Takayuki Aoki, Mitsuo Hashimoto, Ryoichi Urayama, Hongiun Sun, Thomas Monnier, Jerome Antoni, Bernard Normand, Nicolas Mary, Ryo Morita, Shun Watanabe, Atsu
Piping System, Risk Management Based on Wall Thinning Monitoring and Prediction
Proceedings of the Nineteenth International Symposium on Advanced Fluid Information, (2019), pp.232-233, OS20-10.
 23. Vladislav Egorov, Hiroshi Koibuchi, Olga Maksimova, Chrystelle Bernard, Jean-Marc Chenal, Lame Oliver, Gildas Diguët, Gael Sebald, Jean Yves Cavaille and Toshiyuki Takagi
Simulation of reverse piezoelectricity in ferroelectric polymers by Finsler geometry model
Proceedings of the Nineteenth International Symposium on Advanced Fluid Information, (2019), pp.84-85, CRF-42.
 24. Yiwen Zhang, Hiroyuki Kosukegawa, Diao Zhuo, Hiroyuki Miki, Toshiyuki Takagi
Structure and Properties of Diamond Like Carbon-Magnetic Metal Nano-composite Films

- Proceedings of the Nineteenth International Symposium on Advanced Fluid Information, (2019), pp.66-67, CRF-33.
25. Minoru Goto, Toshiyuki Takagi, Kosuke Ito, Hiroyuki Miki, Hiroyuki Kosukegawa
Study on the function of Me-DLC nano-composite coatings acting as thermo-sensor in the sliding interface
Proceedings of the Nineteenth International Symposium on Advanced Fluid Information, (2019), pp.52-53, CRF-26.
26. Zahrul Fuadi, Sabri Sabri, Samsul Riza, Hiroomi Homma, Toshiyuki Takagi, Hiroyuki Kosukegawa, Hiroyuki Miki
Tensile Strength and Fracture Behavior of Single Abaca Fiber
Proceedings of the Nineteenth International Symposium on Advanced Fluid Information, (2019), pp.82-83, CRF-41.
27. Toshiyuki Takagi, Hongjun Sun, Hiroyuki Kosukegawa, Mitsuo Hashimoto
Electromagnetic Pulse-induced Acoustic Testing and Its Application to the Non-destructive Evaluation of Adhesive Bonding between Carbon Fiber Composite and Metal
11th International Symposium on NDT in Aerospace, (2019), THU.3.B.2.
28. Hiroyuki Kosukegawa, Yuta Kiso, Junya Horibe, Mitsuo Hashimoto, Toshiyuki Takagi
Electromagnetic Nondestructive Inspection of Fiber Misalignment in CFRP with Directional Eddy Current
11th International Symposium on NDT in Aerospace, (2019), FRI.2.B.1.

国内学会, 研究会

(基調講演)

1. 高木敏行, 小助川博之, 孫宏君, 橋本光男
CFRP 複合材の電磁現象を用いた非破壊検査
日本社会基盤安全技術振興協会第3回あんしん協勉強会, (2019).
(一般講演)
2. 堀部純矢, 小助川博之, Gael Sebald, Gildas Diguët, 高木敏行
強誘電性ナノ粒子分散 FRP の作製と電気活性評価
日本機械学会東北学生会第49回卒業研究発表講演会, (2019), 109.
3. Hue Ven Yang, 小助川博之, Zahrul Fuadi, 高木敏行
アバカ繊維強化プラスチックの繊維/樹脂界面せん断特性の評価
日本機械学会東北学生会第49回卒業研究発表講演会, (2019), 104.

4. 木曾雄太, 小助川博之, 橋本光男, 浦山良一, 高木敏行, Lalita Udpa
CFRP のミスアライメントを対象とする渦電流試験における磁場指向型プローブの検出性評価
第 10 回日本複合材料会議, (2019), 3C-11.
5. 長井峻, 武田翔, 三木寛之, 宮崎孝道, 小助川博之, 高木敏行
塑性変形を受ける純アルミニウムおよび純銅粉末の直接固化成形とその機械的特性評価
日本機械学会東北支部第 54 期総会・講演会, (2019), pp.164-165.
6. 木曾雄太, 小助川博之, 橋本光男, 浦山良一, 高木敏行, Lalita Udpa
CFRP の繊維うねりを対象とする磁場指向型渦電流プローブの提案と評価
日本機械学会東北支部第 54 期総会・講演会, (2019), pp.148-149.
7. 周新武, 浦山良一, 高木敏行, 内一哲哉
渦電流探傷試験における誤差逆伝播ニューラルネットワークを用いた欠陥の定量的評価
日本機械学会 第 31 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム講演論文集, (2019).
8. 内一哲哉, 山本宏樹, 高木敏行, 榎 浩利, 飯島高志
渦電流試験法によるオーステナイトステンレス鋼の水素脆性評, 非破壊検査総合シンポジウム (2019).
9. 徳田衣莉, 内一哲哉, 高木敏行, 榎 浩利, 飯島高志
水素曝露したオーステナイト系ステンレス鋼疲労試験片の渦電流試験による水素脆性評価, 2019 年度 非破壊検査総合シンポジウム(2019).
10. 高木敏行, 小助川博之, 孫宏君, 橋本光男
CFRP 複合材の電磁現象を用いた非破壊検査
日本社会基盤安全技術振興協会第 3 回あんしん協働強会, (2019).
11. 小助川博之, 橋本光男, 高木敏行
CFRP/CFRTP およびそれらを用いた接着接合マルチマテリアルの電磁非破壊評価
2019 年度塑性加工連合講演会, (2019).
12. 三木寛之, 高橋拓馬, 武田翔, 中山昇, 小助川博之, 高木敏行, 武石征洋
温間圧縮せん断法による銅亜鉛混合粉末の複合化ならびに合金化
2019 年度塑性加工連合講演会, (2019).
13. 堀部純矢, 内一哲哉, 小助川博之, 橋本光男, 高木敏行
渦電流試験を用いた CFRP 積層板のミスアライメント角の検出
64th FRP CON-EX2019 講演会 講演論文集, (2019), pp.179-181, P-20.

14. 孫 宏君, 浦山 良一, 内一 哲哉, 高木 敏行
横波型電磁超音波探触子に及ぼすバックプレートの影響
第 28 回 MAGDA コンファレンス in 大分(MAGDA2019)講演論文集, (2019), pp.158-159,
OC-2-4.
15. 三木 寛之, 武田 翔, 大塚 誠 , Marcel Gultig, Manfred Kohl, 小助川 博之, 高木 敏行
アクチュエータへの適用を目的とした形状記憶合金材料改質
(2019), 2204. (日本機械学会 M&M2019 材料力学カンファレンス論文集)
16. 武田 翔, 徳田 衣莉, 内一 哲哉, 高木 敏行, 山本 宏樹, 飯島 高志, 榎 浩利
オーステナイト系ステンレス鋼の水素脆性試験における渦電流試験による相変態評価
(2019), OS0610. (日本機械学会 M&M2019 材料力学カンファレンス論文集)

受賞

(指導学生の受賞)

1. 2019 年 7 月 26 日, 周 新武, 一般社団法人日本保全学会, 2019 年度第 16 回学術講演
会 優秀賞
2. 2019 年 9 月 18 日, Zhuo Diao, Hiroyuki Kosukegawa, Hiroyuki Miki, Yiwen Zhang, Toshiyuki
Takagi, ISEM2019 Organizing Committee, The 19th International Symposium on Applied
Electromagnetics and Mechanics, Excellent Poster Presentation

■ 2-5. 混相流動エネルギー研究分野

構成員

教授 石本 淳
助教 落合 直哉

大学院生 M2 嶋田 悟
大学院生 M2 平田 憲真
大学院生 M1 赤尾 拓郎
大学院生 M1 鳴海 雄大
社会人大学院生 D1 大槻拓史 (株ケーヒンサーマルテクノロジー)
共同研究員 栗原 博 (株本田技術研究所)
共同研究員 金山 大祐 (株本田技術研究所)
共同研究員 小屋 栄太郎 (株本田技術研究所)
共同研究員 山田 秀明 (株ケーヒン)
共同研究員 小笠原 直樹 (株ケーヒンサーマルテクノロジー)
共同研究員 遠藤 寛之 ((株)共立合金製作所)

■ 混相流動エネルギー研究分野

本研究分野では、超並列分散型コンピューティングと先端的光学計測の革新的融合研究に基づくマルチスケール先端混相流体解析手法の開発・体系化を目指している。さらに、高密度水素に代表される環境調和型再生可能エネルギーに直結した新しい混相流体システムとそれに伴うリスク科学の創成を目的とした基盤研究を推進している。特に数値解析の手法としては近年その発展が著しいクラスター型の並列計算による分散型コンピューティング手法を積極的に取り入れ、計測結果の分散型取りこみと並列計算の融合研究により高精度の混相流体システムとエネルギーリスク緩和手法を確立することを目標としている。以下に、代表的な研究テーマについて説明する。

【グラフ理論を用いた相互補償型水素エネルギーサプライチェーンの構築】

本研究では、CO₂ フリーのクリーンなエネルギーである水素の高密度多相化に着目し、Peer to Peer (P2P) 型多相水素エネルギーサプライチェーンの構築、エネルギーキャリアとして化石燃料と同等のエネルギー密度を得るための水素高密度化ならびにレジリエントな水素安全管理技術の開発を目的とした、混相流体力学、破壊力学、材料力学、燃焼工学を基盤とした異分野融合型研究を推進している(図1)。エネルギー媒体としての水素を効果的に活用するには、電力会社等の巨大パワーソースからの一極管理方式から脱却し、分散型供給・利用システム構築に必要なP2P基礎概念を確立する必要がある。そのため、小規模分散型の水素生産方式、即時使用型フレームワークと貯蔵方式の開発のみならず、エネルギー余剰の代替補償に関し最新のグラフ理論とオーバーレイネットワークリソースを用いた、最も効果的な供給方式を探索する(図1)。さらに、P2P サプライチェーンエネルギー媒体としての水素をどのような相状態で輸送・貯蔵・管理するのが適当なのか、発電コスト・マルチグリッドノードを考慮に入れた検討を行う点に独創性を有する。グラフ理論を用いた相互補償型水素エネルギーサプライチェーンに関するシミュレーション手法の開発に成功した。水素の需要と供給に関して、グラフ理論と確率密度関数を用いたH₂最適配分を可能にするアルゴリズムの開発に成功した。

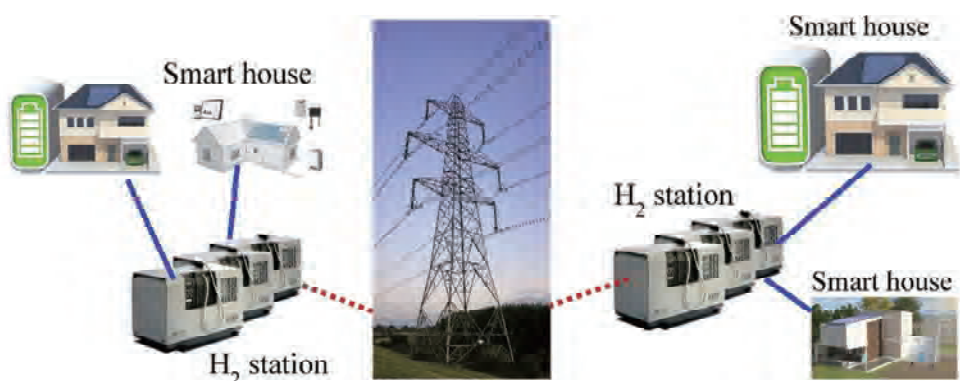


図1 P2P型多相水素エネルギーサプライチェーンの模式図

(青実線：多相水素供給ライン，赤点線：電力供給ライン)

【メガソニック場における気泡挙動の解明とナノデバイス洗浄への応用】

半導体製造プロセスにおいては、ウエハに付着する微細な汚染物質が半導体の品質に大きな影響を与えるため、半導体洗浄が非常に重要な工程となっている。半導体デバイスの微細化に伴って除去対象粒子のサイズも微細化しており、デバイスにダメージを与えずに効率的に粒子を除去する新しい洗浄手法の確立が急務となっている。メガソニック洗浄は、音響流、粒子まわりに形成される圧力勾配、キャビテーション気泡の崩壊などによって、物理的に洗浄を行う手法であり、材料溶解あるいはパターンダメージを誘起する恐れのある有害な薬液を使う必要がなく、キャビテーション気泡挙動制御を活用した有効な洗浄手法となりうる。

本年度は、壁面近傍で直線状または、円周状に並んだ複数気泡とそれが壁面に及ぼす誘起圧力に対して、気泡の平衡半径(初期半径)、個数、初期気泡間距離が及ぼす影響について解析した。これにより、気泡個数が増加すると、気泡がメガソニック波に共振して激しく振動する共振半径が小さくなり、より小さな平衡半径の気泡が高衝撃圧を誘起することがわかった。また、本研究で扱った気泡間距離の範囲内では、気泡間距離は気泡の共振半径に影響を及ぼさないが、同じ平衡半径のケースでは誘起される圧力が大きく異なることがわかった。

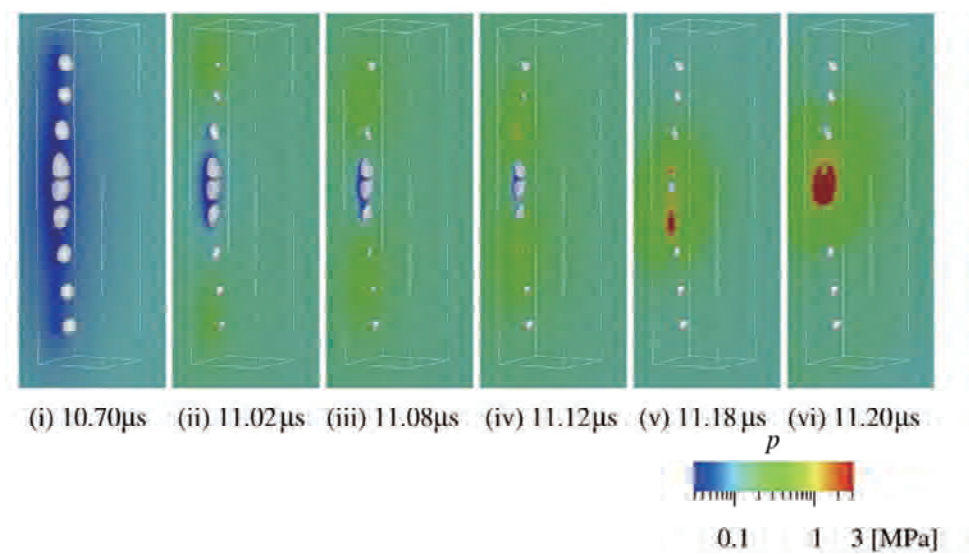


図2 壁面近傍で直線状に並んだ複数気泡の連鎖的な崩壊挙動。

■ 混相流動エネルギー研究分野

学術雑誌（解説等を含む）

1. Przemyslaw Smakulski, Jun Ishimoto, and Sławomir Pietrowicz,
Numerical research of solidification dynamics with anisotropy and thermal fluctuations,
International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print (2019) <https://doi.org/10.1108/HFF-12-2018-0740>
2. Naoya Ochiai and Jun Ishimoto,
Numerical analysis of the effect of bubble distribution on multiple-bubble behavior,
Ultrasonics Sonochemistry, Volume 61, 2020, 104818, ISSN 1350-4177,
<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104818>.
3. Jun Ishimoto and Satoru Shimada,
Coupled Particle and Euler Computing for Hydrogen Leakage with Arbitrary Crack Propagation of Pressure Vessel,
Proceedings of the 8th World Hydrogen Technologies Convention (WHTC 2019), June 2nd – 7th, Tokyo International Forum, Tokyo, Japan. [in USB memory]

国際学会

（一般講演）

4. Jun Ishimoto,
Advanced computational study for high-pressure spray and atomization phenomena,
Australia-Japan Fluid Dynamics Workshop, Civil Engineering Bldg., The University of Sydney, 31st – 1st, Jan., 2019, Sydney, Australia.
5. Jun Ishimoto,
Development of multi-phase hydrogen energy supply chain by Peer to Peer method,
Tohoku University-National Chiao Tung University 5th Technical Workshop 2019, November 5, 2019, Katahira North Gate Hall, Tohoku University, Japan.
6. Jun Ishimoto,
Development of Peer to Peer Hydrogen Energy Supply Chain Using Graph Theory,
Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, IFS Tohoku University, Tri-Tech Workshop 2019, December 12th (Thu.), 2019.
7. S. Oki , Y. Tanzawa, J. Ishimoto, Flow Pattern of Saturated Steam at Certain Dryness, *OS1&OS3: The Seventh International Symposium on Innovative Energy Research I & III, The 16th International Conference on Flow Dynamics (ICFD2019)*, Nov. 6 - 8, 2019, Sendai International Center, Sendai, Japan
8. Y. Naito , H. Tanigawa, J. Ishimoto, M. Nakano,
Experiment and Simulation of a Rotating Pipe in Flight, *OS1&OS3: The Seventh International Symposium on Innovative Energy Research I & III, The 16th International Conference on Flow Dynamics (ICFD2019)*, Nov. 6 - 8, 2019, Sendai International Center, Sendai, Japan

9. A. Rahman, A. Nishiyama, T. Elguedj, J. Ishimoto,
Elucidation of the Pathophysiology of Skin Sodium and Water Metabolism, *OS20: AFI-2019 IFS Lyon Center Collaborative Research Forum, The 16th International Conference on Flow Dynamics (ICFD2019)*, Nov. 6 - 8, 2019, Sendai International Center, Sendai, Japan
10. J. Ishimoto and T. Elguedj,
Coupled Computing of Fluid-Structure Interaction Problems for Multiphase Energy Systems, *OS20: AFI-2019 IFS Lyon Center Collaborative Research Forum, The 16th International Conference on Flow Dynamics (ICFD2019)*, Nov. 6 - 8, 2019, Sendai International Center, Sendai, Japan
11. S. Obayashi, S. Samukawa, T. Takagi, H. Wada, Y. Watanabe, M. Hashimoto, T. Iijima, P. Guy, L. Udpa, Y. Hattori, H. Nagai, K. Shimoyama, M. Hirota, A. Yakeno, G. Kikugawa, A. Komiya, T. Okada, J. Ishimoto, T. Uchimoto, H. Kosukegawa,
Multiscale Flow and Interfacial Transport Phenomena at Phase and Material Boundaries, *OS19: The 19th International Symposium on Advanced Fluid Information (AFI-2019) IFS Collaborative Research Forum*, Nov. 6 - 8, 2019, Sendai International Center, Sendai, Japan.
12. T. Sato, M. Watanabe, T. Yano, Y. Iga, K. Kobayashi, T. Hayase, J. Ishimoto, M. Ohta, A. Komiya, H. Takana, K. Ohtani, J. Okajima, S. Uehara, S. Miyauchi, H. Anzai,
Science of Ultrafine Drop and High Speed Impact, *OS19: The 19th International Symposium on Advanced Fluid Information (AFI-2019) IFS Collaborative Research Forum*, Nov. 6 - 8, 2019, Sendai International Center, Sendai, Japan.
13. Jun Ishimoto and Satoru Shimada,
Coupled peridynamics and Euler method for leaked hydrogen-air mixing with crack propagation of solid wall,
17th Multiphase Flow Conference & Short Course, Nov. 11th –15th, 2019, HZDR, Dresden, Germany

国内学会，研究会等

(招待講演)

14. 石本淳，
グラフ理論を用いた相互補償型水素エネルギーサプライチェーンの新展開，
サイエンスアゴラ in 仙台 2019 & 東北大学 SDGs シンポジウム (セッション 1 新たなエネルギー価値観が拓く持続可能社会)，
2019年11月5日(火)，東北大学片平キャンパス さくらホール (仙台市) . [招待講演]

(一般講演)

15. 鳴海雄大 (東北大院)、石本淳 (東北大)、落合直哉 (東北大)，
非定常流路変化を伴う薄膜流体潤滑流れに関する数値予測，
混相流シンポジウム 2019 オーガナイズドセッション (OS-5 マルチスケール混相流と異分野融合科学)，2019年8月5日～7日，福岡大学七隈キャンパス (福岡市) .
16. 赤尾拓郎 (東北大院)、石本淳 (東北大)、落合直哉 (東北大)，
3Dプリンタ内金属スパッタ粒子挙動に関する数値解析，
混相流シンポジウム 2019 オーガナイズドセッション (OS-5 マルチスケール混相流と異分野

- 融合科学) , 2019 年 8 月 5 日~7 日, 福岡大学七隈キャンパス (福岡市) .
17. 平田憲真 (東北大院) 、石本淳 (東北大) 、落合直哉 (東北大) ,
橋脚に衝突する洪水流動特性に関する自由表面流動解析
第 33 回数値流体力学シンポジウム (OS.3-1 : 複雑流体の流れ) , 2019 年 11 月 27 日- 29 日,
北海道大学工学部 (札幌市) .
 18. 嶋田悟 (東北大院) 、石本淳 (東北大) 、落合直哉 (東北大) ,
高压タンクのき裂伝ばを伴う水素漏えい反応流に関する粒子法-Euler 連成解析
第 33 回数値流体力学シンポジウム (OS.3-1 : 複雑流体の流れ) , 2019 年 11 月 27 日- 29 日,
北海道大学工学部 (札幌市) .

- **特許**

発明の名称 : 凍結装置、凍結方法

発明者 : 石本淳

出願番号 : 特願 2015-065561, 特許第 6573363 号

出願日 : 平成 27 年 3 月 27 日

登録日 : 令和 1 年 8 月 23 日

■ 2-6. 次世代電池ナノ流動制御研究分野

構成員

教授	徳増 崇
助教	馬淵 拓哉(学際フロンティア研究所)
博士研究員	黄 聖峰
博士研究員	Yujie Li
博士研究員	William Goncalves
技術補佐員	国分 智恵美
技術補佐員	三宅 恵理
技術補佐員	中丸 佳美
大学院生 D3	川井 喜与人
D3	中内 将隆
M2	上根 直也
M2	小林 光一
M1	石川 恭平
M1	中島 光輝
B4	北 快理
B4	田中 陸機
研究生	韓 一冰

■ 次世代電池ナノ流動制御研究分野（兼務）

次世代の電池の高効率化、耐久性の向上を目指して、その内部で生じている物質の輸送特性を把握し、設計に資することを目的として研究を行っている。電池内部はナノスケールレベルの非常に微細な構造の集合体により構成されているため、通常の実験・計算技術ではその輸送特性を正確に把握することが困難であるが、本研究分野ではこのような物質の輸送現象および構造特性をスーパーコンピュータを用いた大規模量子/分子動力学法により解析し、その現象の特性を把握するとともに影響を及ぼす支配因子の特定を行い、高効率・低コストな次世代電池の理論設計を行うことを目指している。

以下に、代表的な研究テーマについて説明する。

高プロトン伝導性・機械的特性を有する高分子電解質膜の開発

高プロトン伝導性および機械的特性を有する固体高分子形燃料電池の高分子電解質膜の開発を目的として研究を行っている。今年度は前年度に開発した電解質膜の機械的特性を評価するシミュレータを改良し、破断が起きる箇所の特定とその場所での局所的な縦弾性係数の評価を可能にした。

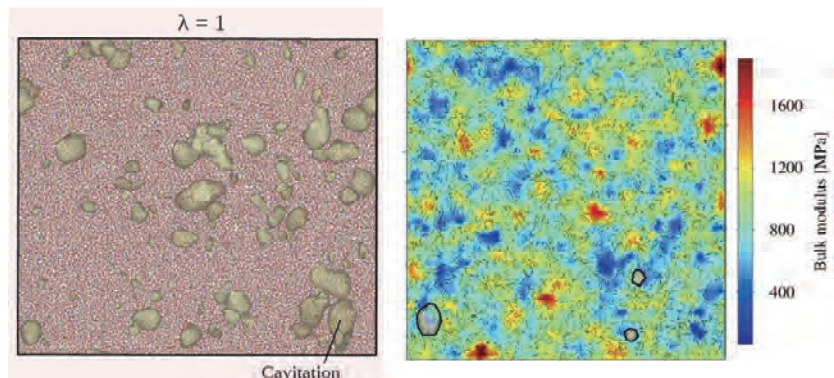


図1: (左)高分子電解質膜内部で生じたキャビティ(破断箇所) (右)高分子電解質膜内部の局所縦弾性係数。黒枠の箇所は破断が起きている場所を表す。

図1(左)に膜破断が起きている箇所を示す。系に引っ張り力を与えると電解質膜内部のあらゆる箇所にキャビティ(膜破断箇所)が生じることがわかる。また、その際の局所応力を図1(右)に示す。図中黒で囲った場所が膜破断が起きている場所である。この図を見てわかるように、膜破断が起きている箇所は局所的に縦弾性係数が小さい(すなわち柔らかい)箇所であることが確認された。来年度は電解質膜中で局所的な縦弾性係数が小さくなるメカニズムとその支配要因の特定を行うことを計画している。

触媒層アイオノマーのプロトン・酸素輸送性能と触媒層性能の相関の研究

ナノスケールのプロトン伝導特性、酸素透過特性が触媒層全体の性能に与える影響に関する研究を行っている。今年度は、アイオノマーの膜厚によるプロトン輸送特性の変化について解析を行った。その結果を図2(左)に示す。この図より、膜厚が7nmのところではプロトンの拡散係数が最大となることが明らかとなった。この原因について詳細な解析を行った結果、膜厚が7nmのところではアイオノマー内部に水が集まり、それが理想的なプロトン輸送経路となることが明らかと

なった。次にこの知見をモデル化して触媒層全体の I-V 性能を評価するシミュレータに組み込み、実際に I-V 性能の評価を行った。その結果を図 2(右)に示す。この図より、今回のケースでは、アイオノマーのナノスケール

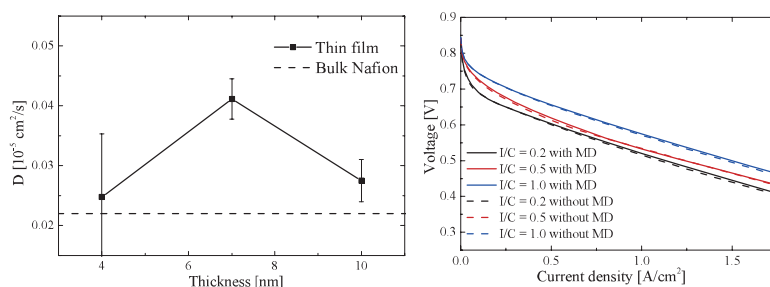


図 2: (左)アイオノマーの膜厚に対するプロトンの拡散係数の変化 (右)触媒層全体の I-V 特性

プロトン輸送特性を取り込んでも触媒層全体の I-V 性能に大きな差は現れなかった。その原因を調査した結果、現在の触媒層モデルでは膜厚分布を与えるスキームに問題があり、実際の触媒層に比べて非常に小さい厚さのアイオノマーが多数分布していることが明らかとなった。来年度は触媒層形成過程の物理を取り込んだ触媒層構造モデルの構築を行い、その触媒層構造を用いて I-V 性能を解析することにより、触媒層内部のナノスケールプロトン輸送特性が触媒層全体に与える影響を解析することを計画している。

大規模分子シミュレーションによる触媒層ナノ構造形成機構の解明

触媒層は燃料電池の性能を決定する重要な部材であるが、そのナノ構造がどのような要因で形成されるのかは未だ明らかになっていない。この研究では大規模分子シミュレーションにより、触媒インクの中の材料の状態や、乾燥課程における触媒層の形成機構の解明を行っている。今年度は壁面に吸着するアイオノマーの状態に対する壁面の濡れ性の影響

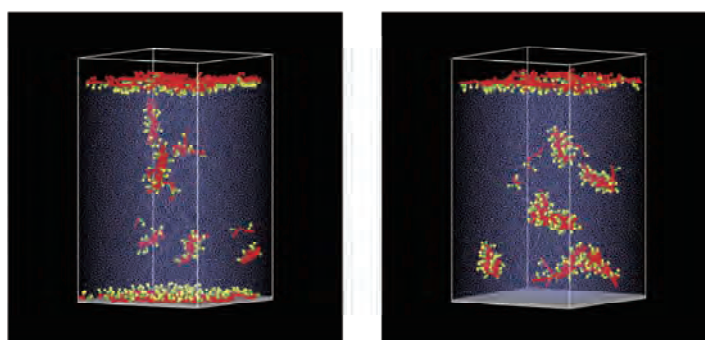


図 3: (左)疎水壁面に吸着するアイオノマー (右)親水壁面に吸着するアイオノマー

を解析した。図 3(左)に壁面が疎水性の時の触媒インク内部のアイオノマーの吸着状態を、図 3(右)に壁面が親水性の時のアイオノマーの吸着状態を示す。この図より、疎水壁面では親水壁面に比べて底面により多くのアイオノマーが吸着していること、疎水壁面にはアイオノマーのバンドル構造が崩れて高分子の疎水部が吸着していることが明らかとなった。一方で親水壁面には、アイオノマーがバンドル構造を保った状態でその親水部が底面と吸着することが明らかとなった。さらにアイオノマー分散液内部では気液の界面にかなり多くのアイオノマーが存在し、これらが液体の蒸発に何らかの影響を及ぼしている可能性が示唆された。来年度はこのシミュレータを用いて触媒層形成に影響をおよぼす様々なパラメータ(I/C 比、水/アルコール比、温度、etc)を変化させて計算を行い、触媒層構造に影響を与えるパラメータの特定を行うことを計画している。

■ 次世代電池ナノ流動制御研究分野（兼務）

学術雑誌（解説等を含む）

1. Masataka Nakauchi, Takuya Mabuchi, Yuta Yoshimoto, Takuma Hori, Ikuya Kinefuchi, Hideki Takeuchi and Takashi Tokumasu, Molecular Dynamics Study of Oxygen Scattering Behavior on Perfluorosulfonic Acid Ionomer Thin Films, Vol. 123 (2019), pp. 7125-7133.
2. Yuya Kurihara, Takuya Mabuchi and Takashi Tokumasu, Molecular Dynamics Study of Oxygen Transport Resistance through Ionomer Thin Film on Pt Surface, Journal of Power Sources, Vol. 414 (2019), pp. 263-271.
3. Takuya Mabuchi and Takashi Tokumasu, Effects of Water Diameter on Proton Transport in Proton-Exchange Membranes, Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics, Vol. 57 (2019), pp. 867-878.
4. William Gonçalves, Takuya Mabuchi and Takashi Tokumasu, Nucleation of Growth of Cavities in Hydrated Nafion Membranes under Tensile Strain: A Molecular Dynamics Study, the Journal of Physical Chemistry C, Vol. 123 (2019), pp. 28958-28968.
5. Satoru Kaneko, Takashi Tokumasu, Yoshimi Nakamaru, Chiemi Kokubun, Kayoko Konda, Manabu Yasui, Masahito Kurouchi, Musa Can, Shalima Shawuti, Rieko Sudo, Tamio Endo, Shigeo Yasuhara, Akifumi Matsuda, and Mamoru Yoshimoto, Constriction of a lattice constant in an epitaxial magnesium oxide film deposited on a silicon substrate, Japan Journal of Applied Physics, Vol. 58 (2019), SAAD06.
6. 小林光一、馬渕拓哉、井上元、徳増崇、MD シミュレーションを用いたアイオノマー薄膜の構造およびプロトン輸送の解析、燃料電池、Vol. 18, No. 4 (2019), pp. 75-82.
7. Koichi Kobayashi, Takuya Mabuchi, Gen Inoue and Takashi Tokumasu, Nano/Microscale Simulation of Proton Transport in Catalyst Layer, ECS Transactions, Vol. 92, No. 8 (2019), pp. 515-522.
8. Masataka Nakauchi, Takuya Mabuchi, Yuta Yoshimoto, Toshihiro Kaneko, Ikuya Kinefuchi, Hideki Takeuchi and Takashi Tokumasu, Molecular Dynamics Study of Oxygen Diffusivity in Catalyst Layer, ECS Transactions, Vol. 92, No. 8 (2019), pp. 23-28.
9. Kyohei Ishikawa, Takuya Mabuchi and Takashi Tokumasu, Analysis of the Influence of Cerium Ions on Mass Transport Properties in Polymer Electrolyte Membrane by Molecular Dynamics Simulation, ECS Transactions, Vol. 92, No. 8 (2019), pp. 421-428.
10. Takuya Mabuchi, Sheng-Feng Huang and Takashi Tokumasu, Nafion Ionomer Dispersion in Mixtures of 1-Propanol and Water Based on the Martini Coarse-Grained Model, Journal of Polymer Science, Vol. 58 (2020), pp.487-499.
11. Naoya Uene, Hideki Takeuchi, Yasutaka Hayamizu and Takashi Tokumasu, Study of reflection models of gas molecules on water adsorbed surfaces in high-speed flows, Journal of Fluid Science and Technology, Vol. 15, No. 1 (2020), 19-00198

国際学会

(一般講演)

12. Rizky Ruliandini, Nasruddin and Takashi Tokumasu, Assessing nanoparticles stability in TMP ester based biolubricants using molecular dynamic simulation, The 4th International Tropical Renewable Energy Conference 2019, Bali, Indonesia, 2019.8.14-16.
13. Takuya Mabuchi and Takashi Tokumasu, Ionomer Dispersion in Dilute Solution Studied by Coarse-grained Molecular Dynamics, The 4th International Tropical Renewable Energy Conference 2019, Bali, Indonesia, 2019.8.14-16.
14. Naoya Uene, Takuya Mabuchi, Masaru Zaito, Shigeru Yasuhara and Takashi Tokumasu, Molecular Dynamics Simulation of Thermal Chemical Vapor Deposition for Hydrogenated Amorphous Silicon on Si (100) Substrate by Reactive Force-Field, International Conference on Simulation of Semiconductor Process and Devices, Udine, Italy, 2019.9.4-6.
15. William Goncalves, Takuya Mabuchi and Takashi Tokumasu, Mechanical Properties of Nafion Membrane at Nanoscale : from Elasticity to Rupture, Electrolysis & Fuel Cell Discussions: Towards Catalysts Free of Critical Raw Material for Fuel Cells & Electrolysers, La Grande Motte, France, 2019.9.15-18.
16. Takuya Mabuchi and Takashi Tokumasu, Molecular Analysis of Ionomer Aggregations During Drying Process of Alcohol/Water Mixtures, Electrolysis & Fuel Cell Discussions: Towards Catalysts Free of Critical Raw Material for Fuel Cells & Electrolysers, La Grande Motte, France, 2019.9.15-18.
17. Koichi Kobayashi, Takuya Mabuchi, Gen Inoue and Takashi Tokumasu, Nano/Microscale Simulation of Proton Transport in Catalyst Layer, 236th ECS Meeting, Atlanta, USA, 2019.10.13-10.17.
18. Masataka Nakauchi, Takuya Mabuchi, Yuta Yoshimoto, Toshihiro Kaneko, Ikuya Kinefuchi, Hideki Takeuchi and Takashi Tokumasu, Molecular Dynamics Study of Oxygen Diffusivity in Catalyst Layer, 236th ECS Meeting, Atlanta, USA, 2019.10.13-10.17.
19. Kyohei Ishikawa, Takuya Mabuchi and Takashi Tokumasu, Analysis of the Influence of Cerium Ions on Mass Transport Properties in Polymer Electrolyte Membrane by Molecular Dynamics Simulation, 236th ECS Meeting, Atlanta, USA, 2019.10.13-10.17.
20. Takuya Mabuchi and Takashi Tokumasu, Ionomer Self-Assembly During Drying Process of Alcohol/Water Solutions Using Coarse-Grained Molecular Dynamics Simulations, 236th ECS Meeting, Atlanta, USA, 2019.10.13-10.17.
21. Koki Nakajima, Takuya Mabuchi and Takashi Tokumasu, Molecular Analysis of Transport Characteristics of Li Ion in Solid State Electrolyte, 236th ECS Meeting, Atlanta, USA, 2019.10.13-10.17.
22. Manish Gupta, Sidharth P. Raut, An Zou, Takashi Tokumasu, Shalabh C. Maroo, Pressure Effects in Thin Water Film by Molecular Dynamics, International Conference on Flow Dynamics, Sendai, Japan, 2019.11.7-11.9.

23. Rizky Ruliandini, Nasruddin and Takashi Tokumasu, Understanding Tribological Behavior of hBN Nanoparticles in Trimethylolpropane trioleate (TMPTO) Based Bio-lubricants : Molecular Dynamic Simulation, International Conference on Flow Dynamics, Sendai, Japan, 2019.11.7-11.9.
24. Hiroki Nagashima, Ryan Falkenstein-Smith, Jeongmin Ahn, and Takashi Tokumasu, Analysis of Oxygen Ion Conduction in Dual-phase Electrolyte Membrane, International Conference on Flow Dynamics, Sendai, Japan, 2019.11.7-11.9.
25. Satoru Kaneko, Rieko Sudo, Shigeo Yasuhara, Tamio Endo, Manabu Yasui, Masahito Kurouchi, Musa Can, Shalima Shawuti, Yoshimi Nakamaru, Chiemi Kokubun, Kayoko Konda, Takashi Tokumasu, In-plane Relation between Magnesium Oxide Thin Film and Silicon Substrate, International Conference on Flow Dynamics, Sendai, Japan, 2019.11.7-11.9.
26. Ryuji Takahashi, Hiroki Nagashima, Takashi Tokumasu, Satoshi Watanabe and Shin-ichi Tsuda, Quantum Molecular Dynamics Analysis on Bubble Nucleation in Liquid Hydrogen, International Conference on Flow Dynamics, Sendai, Japan, 2019.11.7-11.9.
27. Masataka Nakauchi, Takuya Mabuchi, Yuta Yoshimoto, Toshihiro Kaneko, Ikuya Kinefuchi, Hideki Takeuchi and Takashi Tokumasu, Oxygen Transport Analysis in Catalyst Layer of Polymer Electrolyte Fuel Cell, International Conference on Flow Dynamics, Sendai, Japan, 2019.11.7-11.9.
28. Akinori Fukushima and Takashi Tokumasu, Analysis and Modeling of the Transport Properties of the Contact Line Based on the Molecular Dynamics Simulation, International Conference on Flow Dynamics, Sendai, Japan, 2019.11.7-11.9.
29. Naoya Uene, Takuya Mabuchi, Masaru Zaitzu, Shigeru Yasuhara and Takashi Tokumasu, A Reactive-Force Field Molecular Dynamics Study of Deposition Mechanism during Chemical Vapor Deposition Processes, International Conference on Flow Dynamics, Sendai, Japan, 2019.11.7-11.9.

国内学会，研究会等

(一般講演)

30. 徳増崇, 馬渕拓哉, “分子シミュレーションによる PEFC 内部の反応物質輸送特性の評価”, 第 26 回燃料電池シンポジウム, 東京 (2018.5.23-24)..
31. 馬渕拓哉, 徳増崇, “粗視化分子動力学法を用いたアイオノマー分散構造および膜構造特性の解析”, 第 26 回燃料電池シンポジウム, 東京 (2018.5.23-24)..
32. 石川恭平, 馬渕拓哉, 徳増崇, “MD シミュレーションを用いた Ce_3^+ 添加時における高分子電解質膜内部の構造およびプロトン輸送特性の解析”, 第 26 回燃料電池シンポジウム, 東京 (2018.5.23-24).
33. 中内将隆, 馬渕拓哉, 吉本勇太, 金子敏弘, 杵淵郁也, 武内秀樹, 徳増崇, “触媒層微小流路における酸素輸送現象の分子論的解析”, 第 56 回日本伝熱シンポジウム, 徳島 (2019.5.29-31).
34. 馬渕拓哉, 徳増崇, “触媒インク内におけるアイオノマー凝集構造に関する分子論的解析”, 第

- 56回日本伝熱シンポジウム, 徳島 (2019.5.29-31).
35. 石川恭平, 馬渕拓哉, 徳増崇, “ Ce_3^+ 添加時における高分子電解質膜内部の水和構造およびプロトン輸送特性の分子論的解析”, 第 24 回動力・エネルギー技術シンポジウム, 東京 (2019.6.20-21).
 36. 垣内彰太, 高橋竜二, 永島 浩樹, 徳増崇, 渡邊聡, 津田伸一, “液体水素の量子効果が蒸発係数に及ぼす影響の分子動力学解析”, 混相流シンポジウム 2019, 福岡, (2019.8.5-7)
 37. 高橋竜二, 永島浩樹, 徳増崇, 渡邊聡, 津田伸一, “異種分子間相互作用の影響に注目した酸水素混合系に対する cubic 型状態方程式の第一原理的検証”, 日本機械学会 2019 年度年次大会, 秋田 (2018.9.8-11).
 38. 小林光一, 馬渕拓哉, 井上元, 徳増崇, “分子論的知見を導入したマルチブロックモデルによる触媒層内プロトン輸送特性の解析”, 日本機械学会 2019 年度年次大会, 秋田 (2018.9.8-11).
 39. 上根直也, 馬渕拓哉, 財津優, 安原重雄, 徳増崇, “反応性力場を用いた Si 成膜プロセスの分子動力学解析”, 日本機械学会 2019 年度年次大会, 秋田 (2018.9.8-11).
 40. 馬渕拓哉, 徳増崇, “水・アルコール混合溶液の蒸発過程におけるアイオノマー凝集構造に関する分子論的解析”, 日本機械学会 2019 年度年次大会, 秋田 (2018.9.8-11).
 41. 小林光一, 馬渕拓哉, 井上元, 徳増崇, “PEFC 触媒層内のプロトン輸送に関するマルチスケールシミュレーション”, 日本流体力学会年会 2019, 東京 (2018.9.13-15).
 42. 上根直也, 馬渕拓哉, 財津優, 安原重雄, 徳増崇, “化学気相堆積法における初期成膜メカニズムの分子動力学解析”, 日本流体力学会年会 2019, 東京 (2018.9.13-15).
 43. 高橋竜二, 永島浩樹, 徳増崇, 渡邊聡, 津田伸一, “液体水素の量子性が気泡核生成に及ぼす影響の分子動力学解析”, 日本流体力学会年会 2019, 東京 (2018.9.13-15).
 44. 小林光一, 馬渕拓哉, 井上元, 徳増崇, “ナノスケール構造を考慮した PEFC 触媒層内物質輸送・反応解析”, 第 33 回数値流体力学シンポジウム, 札幌 (2018.11.27-29).
 45. 中島光輝, 馬渕拓哉, 徳増崇, “全固体リチウムイオン電池における高分子系電解質中の Li イオン輸送特性に関する分子論的解析”, 第 33 回数値流体力学シンポジウム, 札幌 (2018.11.27-29).

受賞

(指導学生の受賞)

石川恭平(M1), “MD シミュレーションを用いた Ce_3^+ 添加時における高分子電解質膜内部の構造およびプロトン輸送特性の解析”, 第 26 回燃料電池シンポジウム 「優秀ポスター賞」, 令和元年 5 月 23 日

特許

なし

東北大学流体科学研究所 未到エネルギー研究センター
令和元年度研究活動報告書

令和2年3月31日発行

編集・発行：東北大学流体科学研究所 未到エネルギー研究センター 事務局
〒980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1

<http://www.ifs.tohoku.ac.jp/mito/jpn/>