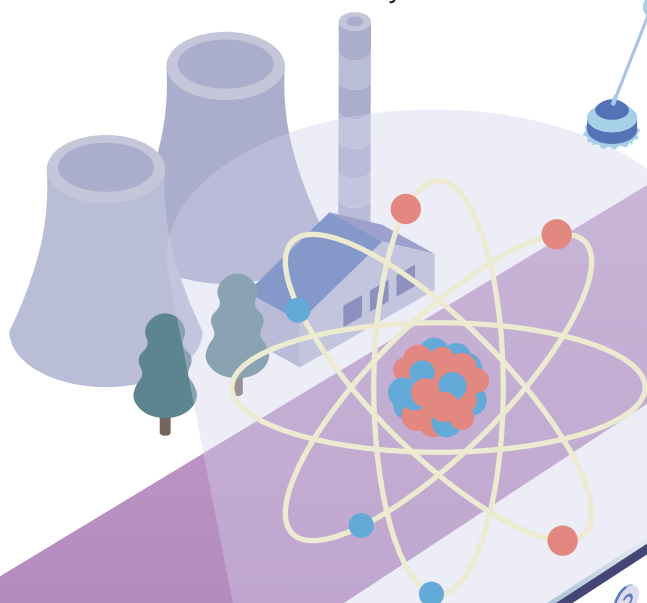


ゼロカーボンエネルギー研究所要覧





所長 教授 工学博士 加藤 之貴

Professor Yukitaka Kato
Director of the Laboratory for Zero-Carbon Energy

ごあいさつ

ゼロカーボンエネルギー研究所(ZC研)は1956年に東京工業大学理工学部附属原子炉研究施設として発足し、2026年で70周年を迎えました。IAEA(国際原子力機関)が開設された1957年には本学理工学研究科原子核工学専攻が設置されZC研教員が専攻運営を行い、2016年に原子核工学コースとなった現在も教育・次世代人材育成を進めております。本研究所は我が国の原子力研究・教育への貢献に努力して参りました。皆様のこれまでの本所に対するご支援、ご協力に深く御礼を申し上げます。

二酸化炭素(CO₂)の人為的な排出にともなう気候変動、自然災害の激甚化が顕在化しており、エネルギー利用に伴うCO₂排出の抑止がいよいよ重要となっております。また、東欧、中東における国際関係の不安定化に伴うエネルギー供給リスクも増大しております。特に2026年にはホルムズ海峡の封鎖が起こり、9割の原油を中東に依存する日本においてエネルギー安全保障が社会的、経済的に重要となっております。本研究所はゼロカーボンエネルギー(ZCE)を用いたカーボンニュートラル技術の開発を通じて、地球と共生しかつ豊かなエネルギー社会の構築に貢献することを目的としております。

ZC研はフューチャーエネルギー部門、原子力工学部門の2部門からなり所員が一丸となり貢献課題に取り組んで参ります。豊かな社会生活の駆動のためには一次エネルギーが必要です。これまでの化石エネルギー依存を極力減らし、ZCEである再生可能エネルギー(再生エネ)、原子力・核融合エネルギーなどを一次エネルギーとして活用する研究を行っています。再生エネは不安定であるため、その普及には大規模なエネルギー貯蔵技術が必要です。貯蔵技術として蓄電、蓄熱、エネルギーキャリア技術、また新たなエネルギーネットワークシステムを検討しています。原子力エネルギーは2011年の原発事故により社会に不安をもたらしています。事故発生を原子力研究組織として反省しつつ、原子力を人類に必要なZCEと捉え、安全かつ経済的な原子力さらに核融合エネルギーシステムの開発をしています。さらに放射線の医療応用技術研究を進めています。

カーボンニュートラルを実現のための社会変容をグリーン・トランスフォーメーション(GX)定義し、GX研究の社会実装を加速するために文部科学省事業グリーン・トランスフォーメーション・イニシアティブ(Science Tokyo GXI)を進めてお

Greetings from the Director

The Zero Carbon Energy Research Institute (ZCRI) was established in 1956 as the Reactor Research Facility affiliated with the Faculty of Science and Engineering at Tokyo Institute of Technology, and celebrated its 70th anniversary in 2026. In 1957, the year the IAEA (International Atomic Energy Agency) was founded, the Department of Nuclear Engineering was established within the Graduate School of Science and Engineering at our university, with ZC faculty members organizing its operations. Today, as the Graduate Major in Nuclear Engineering, which was established in 2016, we continue to advance education and the development of the next generation of talent. Our institute has strived to contribute to nuclear research and education in Japan. We would like to express our deepest gratitude for your continued support and cooperation.

Climate change and the intensification of natural disasters associated with anthropogenic carbon dioxide (CO₂) emissions are becoming increasingly apparent, making it more critical than ever to mitigate CO₂ emissions resulting from energy use. Furthermore, energy supply risks are increasing due to the instability of international relations in Eastern Europe and the Middle East. In particular, With the blockade of the Strait of Hormuz in 2026, energy security has become socially and economically critical for Japan, which relies on the Middle East for 90% of its crude oil. Our institute aims to contribute to the creation of a prosperous energy society that coexists with the Earth through the development of carbon-neutral technologies utilizing Zero Carbon Energy (ZCE).

The ZC Research Institute consists of two divisions—the Future Energy Division and the Nuclear Engineering Division—and our staff will work together as one to tackle these challenges. Primary energy is essential for driving a prosperous society. We are conducting research to minimize our reliance on fossil fuels and utilize renewable energy (RE), nuclear power, and fusion energy—all forms of ZCE—as primary energy sources. Since renewable energy is intermittent, large-scale energy storage technologies are necessary for its widespread adoption. We are exploring energy storage technologies such as electrical and thermal storage, energy carrier technologies, and new energy network systems. Nuclear energy has caused anxiety in society following the 2011 nuclear accident. While reflecting on the accident as a nuclear research organization, we recognize nuclear energy as a ZCE essential to humanity and are developing safe and economical nuclear and fusion energy systems. Furthermore, we are advancing research on medical applications of radiation.

We define the societal transformation required to achieve carbon neutrality as the Green Transformation (GX), and are advancing the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) project, the Green Transformation Initiative (Science Tokyo GXI), to accelerate the societal

ります。Science Tokyo GXIにて産業、社会、市民が連携したオープンイノベーション研究開発を展開しております。2025年度までに MIT Energy Initiative (MITEI), Massachusetts Institute of Technology(米国), Eclectic Power Research Institute (EPRI)(米国)、German Aerospace Center (DLR)(ドイツ)が正式メンバーとして参画し国際連携を進めております。人類は古来より炭素を利用しており、今後も継続して利用することが望まれます。そこで炭素利用を許容しつつ環境にCO₂を排出しない、ZCEを用いた炭素循環産業システムの創成を目指しCO₂の回収、資源化、循環利用に関する世界初の炭素循環グリーン産業システム実証研究施設(GXI大岡山ラボ)を運営しております。

本所が掲げる研究テーマの多くは未踏領域であり個人、一組織での達成はできません。テーマに賛同頂ける多くの方のご協力が必要です。本研究所が一つの拠り所となり、国内外の多くの方々と協力して将来に希望を持てる社会の構築に役立ちたく思っております。皆様のご参画を大いに歓迎いたします。

本研究所に対するご指導、ご支援をどうぞよろしくお願いいたします。

implementation of GX research. Through GXI, we are conducting open innovation research and development in collaboration with industry, society, and citizens. By fiscal year 2025, the MIT Energy Initiative (MITEI), Massachusetts Institute of Technology (U.S.), the Electric Power Research Institute (EPRI) (U.S.), and the German Aerospace Center (DLR) (Germany) will join as official members, and we are advancing international collaboration. Humankind has utilized carbon since ancient times, and it is hoped that we will continue to do so in the future. Therefore, with the aim of creating a carbon recycling industrial system using ZCE that allows for carbon utilization while preventing CO₂ emissions into the environment, we operate the world's first demonstration facility for a carbon recycling green industrial system (GXI Ookayama Lab), dedicated to the capture, resource recovery, and recycling of CO₂.

Many of the research themes pursued by our institute are in uncharted territory and cannot be achieved by an individual or a single organization alone. We require the cooperation of many people who share our vision for these themes. We hope that our institute can serve as a hub, collaborating with many people both domestically and internationally to help build a society with hope for the future. We warmly welcome your participation.

We sincerely appreciate your guidance and support for our institute.



Table of Contents

Laboratory for Zero-Carbon Energy (ZC)

Institute of Integrated Research

Institute of Science Tokyo

OVERVIEW of



目次

▶ 研究所活動目的 . . . 03
The SCOPE of ZC

▶ グリーン・トランスフォーメーション・イニシアティブ . . . 05
Green Transformation Initiative at Science Tokyo

▶ 教員一覧 . . . 07
Members List of ZC

▶ フューチャーエネルギー部門 . . . 09
Future Energy Division

▶ 原子力工学部門 . . . 13
Nuclear Energy Division

▶ 特任教員 . . . 23
Specially Appointed Faculty

▶ 協力教員(GXI 事業) . . . 29
Cooperating Faculty (Science Tokyo GXI)

▶ アクセス . . . 34
Access

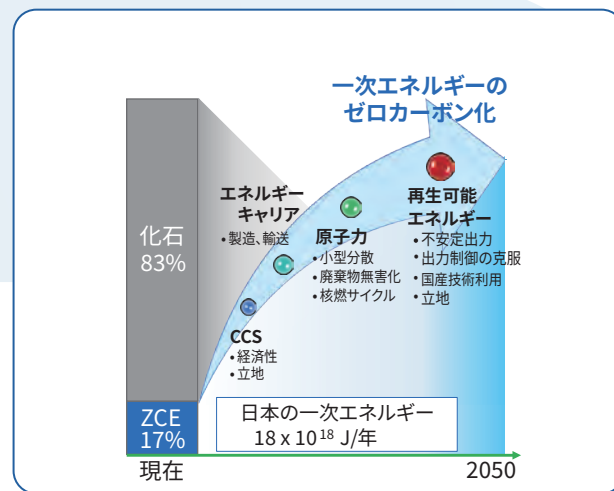


図 1 一次エネルギーのゼロカーボン化展望

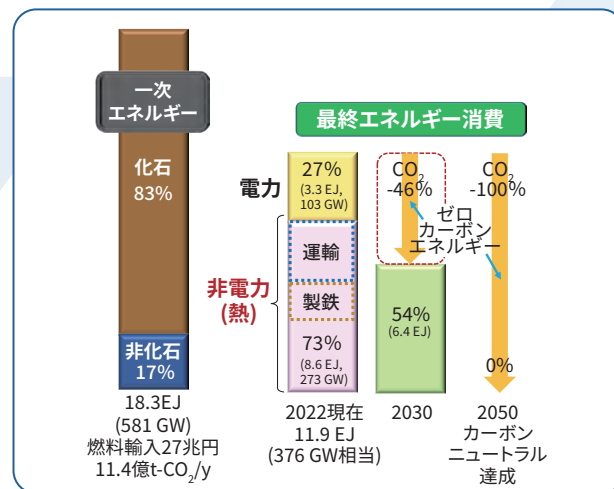


図 2 日本のカーボンニュートラル達成への道程（2022 年度基準 [1]）

研究所活動目的

ゼロカーボンエネルギー研究所（ZC 研）はゼロカーボンエネルギー（ZCE）に基づく炭素・物質循環システムを構築しカーボンニュートラル（CN）社会の実現に貢献することをゴールとし、実現に必要な技術の研究開発を行います。日本が目指している 2050 年 CN 社会実現への展望は図 1 のとおりです。エネルギー供給側を化石燃料依存から再生可能エネルギー（再生エネ）、原子力エネルギー等の ZCE へ転換する必要があります。図 2 は日本のカーボンニュートラル達成への道程（2022 年度基準 [1]）です。社会が用いる最終エネルギーにおいて電力は熱量ベースで 3 割程度であり、日本の CN 化には 7 割を占める非電力分野の CN 化が量的に重要です。二酸化炭素発生量で国内の 15% を占める製鉄、同 25% 程度を占める運輸などが重要な CN 化の対象分野です。ZC 研では原子力を含む ZCE 開発、エネルギー貯蔵・変換、炭素・物質循環技術を開発し、持続可能な CN 産業そして CN 社会構築への技術貢献を目指します。

[1] 資源エネルギー庁、総合エネルギー統計（2022 年度）(2024)
https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/xls/stte/stte_jikeiretu2022fykaku.xlsx

The SCOPE of ZC

The Laboratory for Zero-Carbon Energy (ZC) aims to contribute to the realization of a carbon-neutral (CN) society by constructing carbon and material recycling systems based on Zero Carbon Energy (ZCE), and researching and developing technologies necessary for realization. Figure 1 shows the prospect of zero carbonization of primary energy in Japan for realizing a CN society. It is necessary to shift the energy supply side from fossil fuel dependence to ZCE such as renewable energy (RNE) and nuclear energy. Figure 2 shows Japan's path to achieving carbon neutrality (2022 standard [1]). Electricity share is only 30% of the final energy consumption on a calorific basis, and CN in the non-electricity field, which accounts for 70% of the final one, is quantitatively important. Ironmaking, which accounts for 15% of the domestic carbon dioxide emission, and transportation, which accounts for about 25% of the emission, are important target fields for CN conversion. ZC Lab aims to contribute to the establishment of the CN industry and CN society by developing ZCE development including nuclear power, energy storage and conversion, and carbon and material recycling technologies.

[1] Agency for Natural Resources and Energy, Comprehensive Energy Statistics of Japan (FY2022) (2024)

Fig. 1 Transition of Zero-carbon energy from fossil fuels

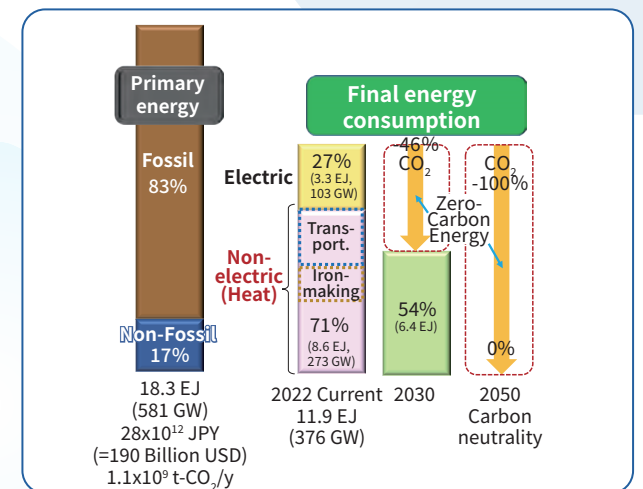


Fig. 2 Path for the accomplishment of carbon neutrality of Japan in 2050 [1]

研究組織

ZC 研は図 3 のとおりフューチャーエネルギー部門、原子力工学部門からなり、大学院原子核工学コースと連携しています。グリーン・トランスフォーメーション・イニシアティブ（Science Tokyo GXI）事業の本部を置き GXI 運営を主導し、また福島復興・再生研究ユニット、TEPCO 協働研究拠点と連携活動を進め、社会との協調を保つためにアドバイザー委員会を設置します。研究所が目指す CN 社会の実現のため各部門、各研究分野が有機的に連携して研究開発を進めています。

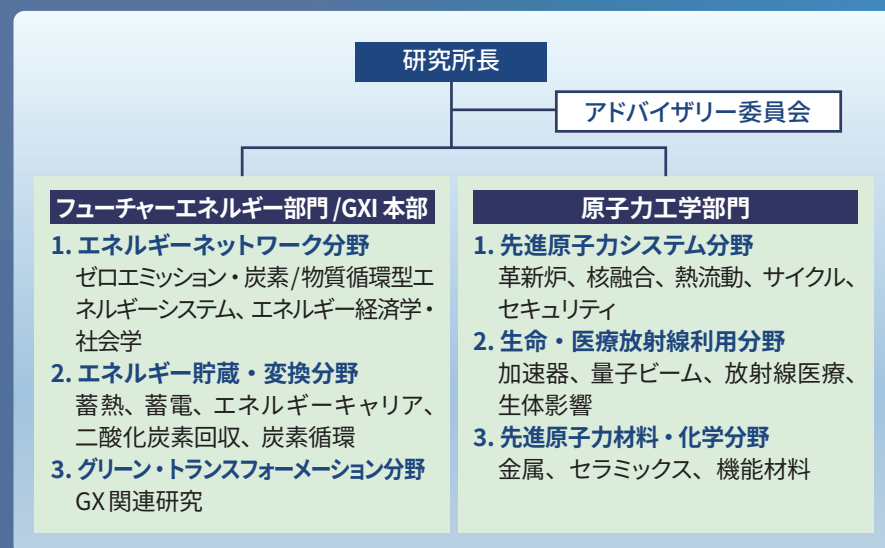


図 3 ZC 研の組織構成

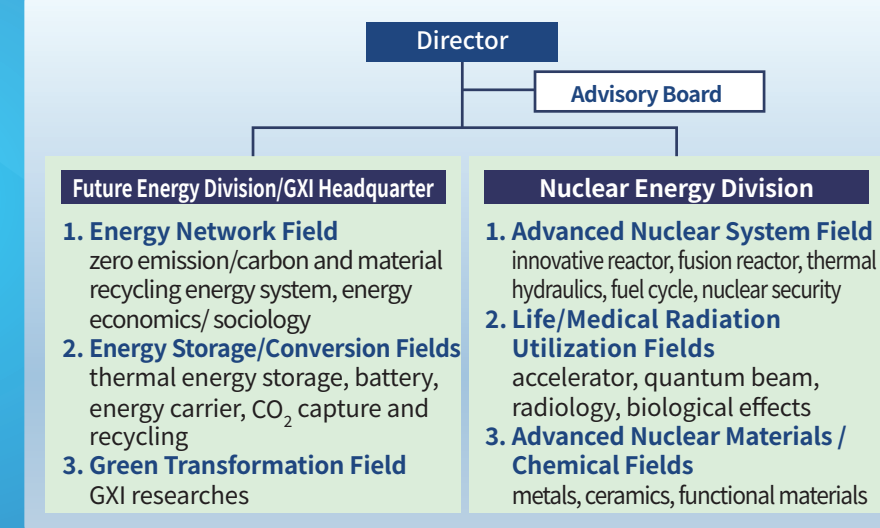
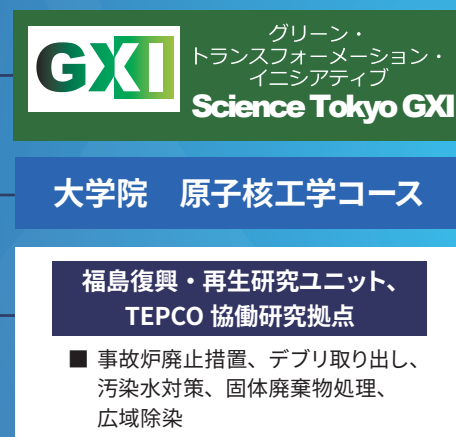


Fig. 3 Organization structure of ZC

Research organization

ZC consists of Future Energy Division and Nuclear Energy Division and cooperates with Graduate Major in Nuclear Engineering as shown in Fig. 3. The headquarters of the Green Transformation Initiative (Science Tokyo GXI) is set up and operates GXI. In addition to conducting collaborative activities with the Fukushima Reconstruction and Regeneration Research Unit and the TEPCO Collaborative Research Cluster, and we are preparing to establish a collaborative advisory committee to maintain cooperation with society. In order to realize the CN society that the institute aims for, each department and each research field are organically collaborating to promote research and development.



Science Tokyo GXI のゴール

図1はGXIがゴールとして目指すGXビジョンです。一次エネルギーにゼロカーボンエネルギー（ZCE）を導入します。再生エネは天候に依存し、出力変動が大きく稼働率が低い点が課題です。一方で需要側にも変動があるため、エネルギー貯蔵のための蓄電（電池）、蓄熱、燃料変換貯蔵技術が必要です。エネルギー需要側は多くの分野で炭素化合物を必要とします。そこで排出される二酸化炭素を回収し、ZCEで炭素化合物などのエネルギーキャリアに変換して循環再利用する炭素循環技術が望まれます。また需要側に必要な量と質のエネルギー供給のための価値化プロセスが必要です。そして物質の回収・分離・再生を同時に行うことで持続可能なCN社会が成立します。GXIでは鍵となるGX技術を開発しCN社会構築への貢献を目指します。さらに2024年10月の東京医科歯科大学との統合を機会に健康GXまで活動を拡張し人類のWell-beingへの寄与をゴールとしております。

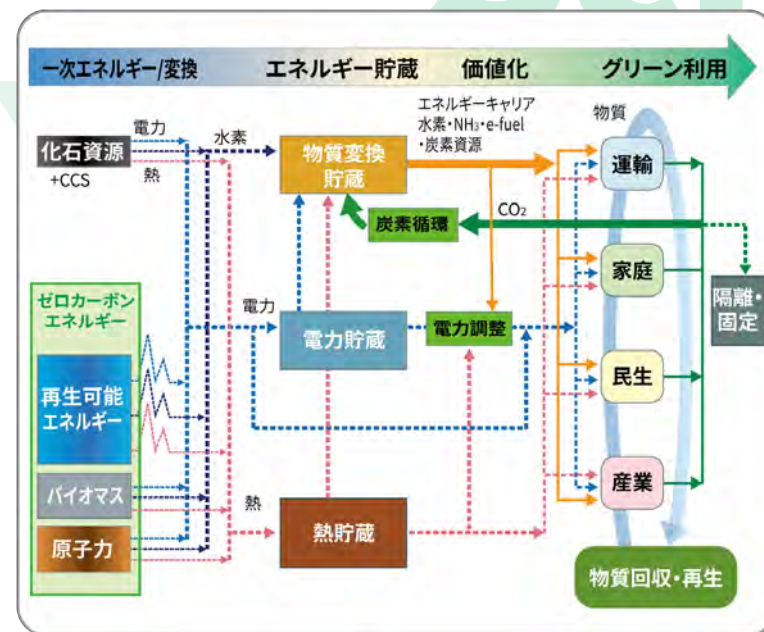


図1 Science Tokyo GXI のGXビジョン

Goal of Science Tokyo GXI

Figure 1 shows the GX vision that GXI aims to achieve. First, zero carbon energy (ZCE) is introduced as a primary energy source. Since renewable energy depends on the weather, the problem is that the output fluctuates greatly. On the other hand, there are fluctuations on the demand side as well, so it is necessary to develop electric storage (batteries), heat storage and transformed energy material storage technologies. Energy demand sides need carbon materials in many sector fields. The carbon recycling in which the carbon dioxide emitted in society is recovered, converted to carbon materials by ZCE, and recycled for reuse in society is required. A sustainable CN society will be established by simultaneously resource material collecting, separation and regeneration. GXI aims to contribute technologically to the construction of a CN society. Furthermore, with the integration with Tokyo Medical and Dental University in October 2024, we will expand our activities to include Health GX, with the goal of contributing to human well-being.

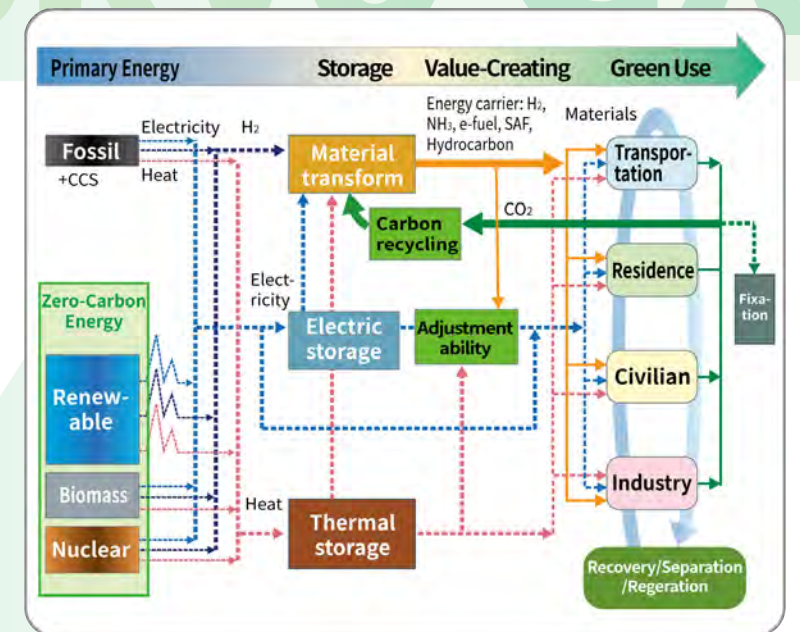


Fig. 1 The GX vision of Science Tokyo GXI

グリーン・トランスフォーメーション・イニシアティブ (Science Tokyo GXI)

日本が目指す2050年カーボンニュートラル(CN)実現のためには、グリーン・トランスフォーメーション(GX、緑転、CNに応じた産業及び社会の構造の変化)が必須です。グリーン・トランスフォーメーション・イニシアティブ(Science Tokyo GXI)事業は文部科学省ミッション実現加速化経費に基づき2022(令和4)年度から活動を開始しました。GXIはCN社会の実現を先導するためにGX研究の推進とスタートアップ育成、産業・社会と連携したオープンイノベーションを進めます。また、GX研究の国際拠点として活動し、地球環境と共生した社会構築への貢献を目指します。



<http://www.gxi.iir.isct.ac.jp/>

Green Transformation Initiative at Science Tokyo (Science Tokyo GXI)

In order to realize Japan's 2050 carbon neutrality (CN), green transformation (GX, changes in industrial and social structures according to CN) is indispensable. The Green Transformation Initiative at Science Tokyo (Science Tokyo GXI) project has started its activities based on the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology's mission realization acceleration fund since 2022. GXI will promote GX research and strengthen startups to lead the realization of CN society, and promote open innovation in collaboration with industry and society. In addition, we will act as an international center for GX research and aim to contribute to the construction of a society that coexists with the global environment.

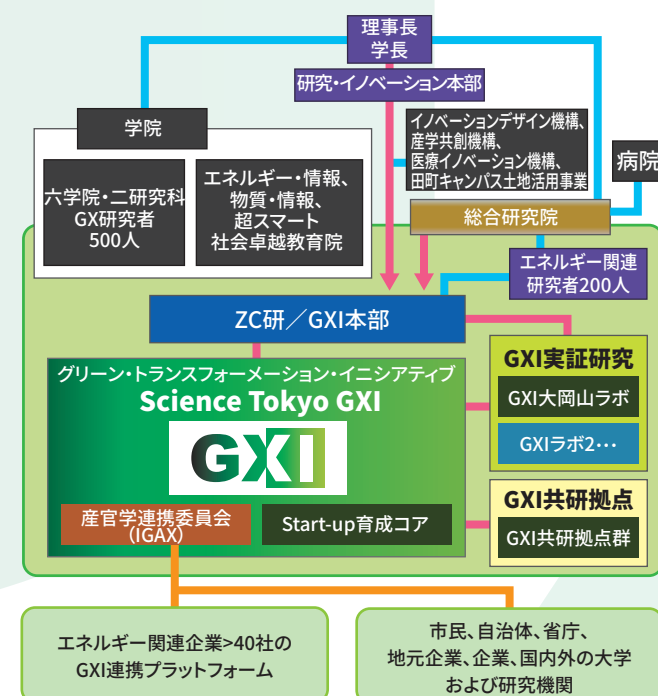


図2 Science Tokyo GXI のオープンイノベーションネットワーク

Science Tokyo GXI のオープンイノベーション

Science Tokyo GXIはZC研に本部を置き、産業・社会と連携したGX分野のオープンイノベーション研究を展開します。図2はGXIの連携ネットワークです。GXI内に産官学連携委員会(IGAX)を置き、エネルギー関連企業約40社と連携活動を行い、学内の約700名のエネルギー研究関連教員と企業が連携し、課題解決型のオープンイノベーション研究を推進しています。また、GXI研究成果の社会実装するために、スタートアップ育成を支援します。併せてGXI実証研究を加速するために実験施設GXI大岡山ラボ「炭素循環産業システム実証研究施設」を設置し実証研究活動を進めています。そしてGXI協働研究拠点を創成しGXの社会実装を進めます。

GX実現に向けて皆様のご指導、ご支援をよろしくお願いいたします。

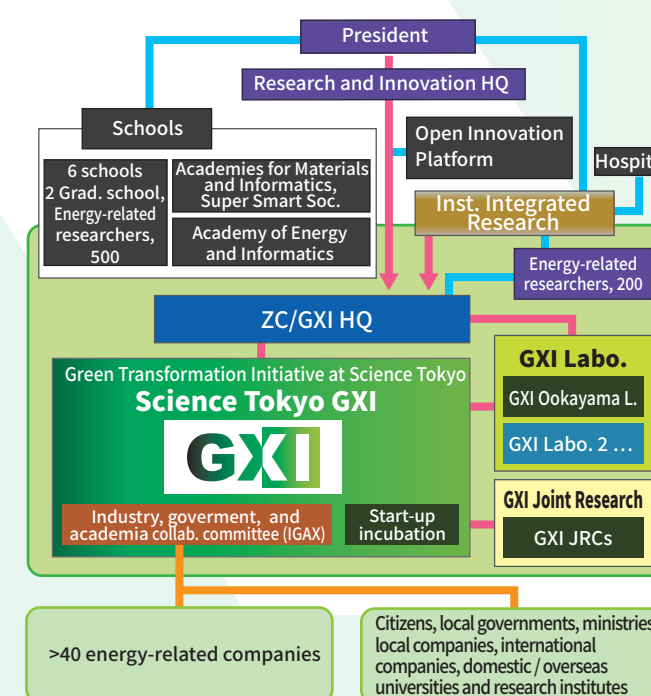


Fig. 2 Open innovation network of Science Tokyo GXI

Open Innovation in Science Tokyo GXI

Science Tokyo GXI is headquartered at ZC and develops open innovation research in the GX field in collaboration with industry and society. Figure 2 shows the GXI collaborative network. The industry, government, and academia collaboration committee (IGAX) has been set up within GXI to carry out corporate consortium activities with about 40 energy-related companies. GXI organizes collaboration with 700 energy research-related faculty members in Science Tokyo and the companies to promote problem-solving open innovation research. In order to implement GXI research results in society, we will support startups. At the same time, in order to accelerate GXI empirical research, we will set up an experimental facility of GXI Ookayama Lab, Carbon Recycling Industrial System Demonstration and Research Facility, and promote more laboratory activities in the future. Then, we will form a GXI joint research center and promote the social implementation of GX. We appreciate your guidance and support for the realization of GX.

教員一覧

フューチャーエネルギー部門

教授	加藤 之貴
教授	塚原 剛彦
教授	村上 陽一
准教授	高須 大輝
助教	榎本 陸
助教	船山 成彦
総合研究院 特命教授	菅野 了次
総合研究院 教授	横井 俊之
環境・社会理工学院 教授	大友 順一郎

原子力工学部門

教授	小原 徹
教授	小林 能直
教授	相楽 洋
教授	林崎 規託
教授	松本 義久
教授	吉田 克己
准教授	赤塚 洋
准教授	石塚 知香子
准教授	上ノ町 水紀
准教授	片渕 竜也
准教授	木倉 宏成
准教授	近藤 正聡
准教授	鷹尾 康一朗
准教授	筒井 広明
准教授	中瀬 正彦
准教授	長谷川 純
准教授	安井 伸太郎
助教	池田 翔太
助教	井戸田 直和
助教	浦田 健太郎
助教	木村 祥紀

特任教員

特任教授	白鳥 洋介
特任教授	竹下 健二
特任教授	秋元 圭吾
特任教授	浅野 浩志
特任教授	岩城 智香子
特任教授	藤田 壮
特任教授	小山 堅
特任教授	中垣 隆雄
特任教授	村上 英樹
特任教授	森原 淳
特任教授	小田 拓也
特任准教授	伊藤 あゆみ
特任准教授	グバレビッチ アンナ

協力教員（GX事業）

物質理工学院	教授	荒井 創
国際医工共創研究院	教授	沖野 晃俊
環境・社会理工学院	教授	後藤 美香
総合研究院	教授	田中 寛
リベラルアーツ研究教育院	教授	中島 岳志
総合研究院	教授	原 亨和
工学院	教授	水谷 義弘
物質理工学院	教授	森川 淳子
総合研究院	教授	山口 猛央
物質理工学院	准教授	原田 琢也
物質理工学院	准教授	松下 祥子

Members List of ZC

Future Energy Division

Professor	Yukitaka Kato
Professor	Takehiko Tsukahara
Professor	Yoichi Murakami
Associate Professor	Hiroki Takasu
Assistant Professor	Riku Enomoto
Assistant Professor	Shigehiko Funayama
Institute of Integrated Research	
Institute Professor	Ryoji Kanno
Institute of Integrated Research	
Professor	Toshiyuki Yokoi
School of Environment and Society	
Professor	Junichiro Otomo

Nuclear Energy Division

Professor	Toru Obara
Professor	Yoshinao Kobayashi
Professor	Hiroshi Sagara
Professor	Noriyosu Hayashizaki
Professor	Yoshihisa Matsumoto
Professor	Katsumi Yoshida
Associate Professor	Hiroshi Akatsuka
Associate Professor	Chikako Ishizuka
Associate Professor	Mizuki Uenomachi
Associate Professor	Tatsuya Katabuchi
Associate Professor	Hiroshige Kikura
Associate Professor	Masatoshi Kondo
Associate Professor	Koichiro Takao
Associate Professor	Hiroaki Tsutsui
Associate Professor	Masahiko Nakase
Associate Professor	Jun Hasegawa
Associate Professor	Shintaro Yasui
Assistant Professor	Shota Ikeda
Assistant Professor	Naokazu Idota
Assistant Professor	Kentaro Urata
Assistant Professor	Yoshiki Kimura

Specially Appointed Faculty

Specially Appointed Professor	Yosuke Shiratori
Specially Appointed Professor	Kenji Takeshita
Specially Appointed Professor	Keigo Akimoto
Specially Appointed Professor	Hiroshi Asano
Specially Appointed Professor	Chikako Iwaki
Specially Appointed Professor	Tsuyoshi Fujita
Specially Appointed Professor	Ken Koyama
Specially Appointed Professor	Takao Nakagaki
Specially Appointed Professor	Hideki Murakami
Specially Appointed Professor	Atsushi Morihara
Specially Appointed Professor	Takuya Oda
Specially Appointed Associate Professor	Ayumi Itoh
Specially Appointed Associate Professor	Anna Gubarevich

Cooperating Faculty (Science Tokyo GXI)

School of Materials and Chemical Technology	
Professor	Hajime Arai
Institute of Biomedical Engineering	
Professor	Akitoshi Okino
School of Environment and Society	
Professor	Mika Goto
Institute of Integrated Research	
Professor	Kan Tanaka
Institute for Liberal Arts	
Professor	Takeshi Nakajima
Institute of Integrated Research	
Professor	Michikazu Hara
School of Engineering	
Professor	Yoshihiro Mizutani
School of Materials and Chemical Technology	
Professor	Junko Morikawa
Institute of Integrated Research	
Professor	Takeo Yamaguchi
School of Materials and Chemical Technology	
Associate Professor	Takuya Harada
School of Materials and Chemical Technology	
Associate Professor	Sachiko Matsushita



ゼロカーボンエネルギーの貯蔵・変換技術の開発

Energy Storage and Transformation Technologies for a Carbon Neutral Society

教授 加藤 之貴

Yukitaka KATO / Professor



研究概要

カーボンニュートラル達成には化石燃料から再生可能、原子力エネルギーなどのゼロカーボンエネルギー (ZCE) への移行が必須です。ZCE の電気、熱出力は直接利用に制約があり、社会受容に適合するにはエネルギー貯蔵・変換技術が求められます。そこで変動性再生可能エネルギーの安価で大量のエネルギー貯蔵向けに化学・潜熱ハイブリッド蓄熱システム (HYTES) を開発しています (図1)。炭素は人類と親和性が高いエネルギー材料です。排出二酸化炭素を回収、炭素材料に再資源化し循環利用できる能動的炭素循環エネルギーシステム (ACRES) の実用化を進めています (図2)。また低コスト水素透過膜による高純度水素回収を検討しています。

Outline of Research

Achieving carbon neutrality requires a transition from fossil fuels to zero-carbon energy (ZCE), including renewable energy and nuclear power. It is necessary to convert ZCE to a form that society requires. To achieve this, new energy storage and conversion technologies are required. We are developing a chemical/latent heat hybrid thermal energy storage system (HYTES) for the low-cost, large-scale storage of variable renewable energy (Fig. 1). Carbon is an energy material that is highly compatible with humans. We are working to put into practical use an active carbon recycling energy system (ACRES) that can capture carbon dioxide emissions, recycle them into carbon materials, and reuse them (Fig. 2). We are also investigating the recovery of high-purity hydrogen using low-cost hydrogen permeable membranes.

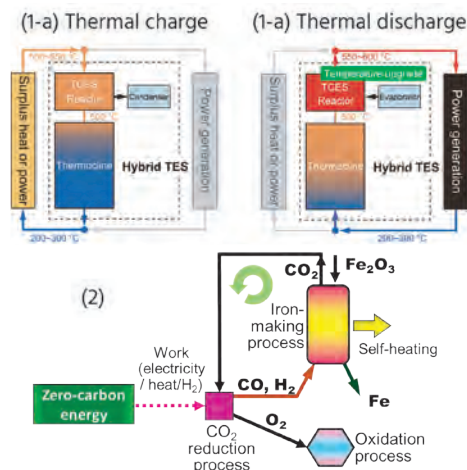


図1 化学・潜熱ハイブリッド蓄熱システム (HYTES)、
図2 炭素循環エネルギーシステム (ACRES)

Fig. 1 Thermochemical and sensible heat hybrid thermal energy system (HYTES),
Fig. 2 Active Carbon Recycling Energy System (ACRES)



資源／環境／エネルギー循環のための Smart マテリアル・デバイスの創製 Creation of Smart materials and devices for resource/environment/energy circulation

教授 塚原 剛彦

Takehiko TSUKAHARA / Professor

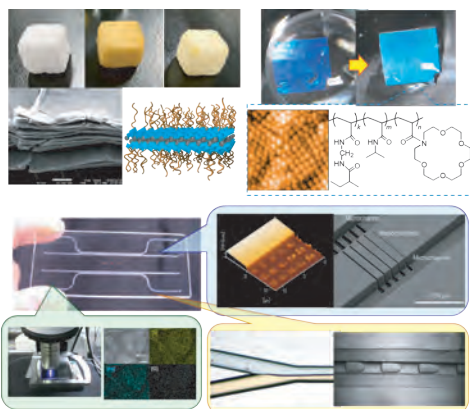


研究概要

GX 実現に向け、ハイテク産業に欠かせない希少金属元素 (レアメタル) の高度な分離回収・リサイクル技術の確立が喫緊の課題となっている。我々は、有機・無機分子をボトムアップで積み上げる物質創製とトップダウン加工のナノテクノロジーを駆使し、資源循環・環境負荷低減を可能とする革新的化学プロセスを構築することに挑んでいる。具体的には、刺激にตอบสนองして機能を変える有機-無機ハイブリッド材料による先進レアメタルリサイクル、1 滴で超高速に分離分析を完了する手のひらサイズの化学デバイス (Lab-on-a-Chip)、グリーン溶媒を利用した新奇材料合成、放射性廃棄物処理処分の高度化、高速炉を利用した核燃料物質の医療用アイソトープ転換、を推し進めている。

Outline of Research

Creation of highly-efficient recycling technologies of valuable and precious metal elements (Rare metals) is one of the most crucial issues for achieving carbon neutrality. We aim to construct innovative chemical processes, enabling resource/environment/energy circulation, by means of top-down and bottom-up nano technologies. Specifically, we are taking on following challenges; Advanced rare metal recycling by organic-inorganic hybrid materials with stimuli-responsive physicochemical properties, Palm-top chemical analysis device (Lab-on-a-Chip) enabling rapid and simple separation-detection of target rare metals, New material synthesis using green solvents without any environmental burdens, Advanced radioactive waste management, and Production of medical radioisotopes (Ac-225) from nuclear fuel using fast neutron reactor.



Smart マテリアル・デバイスの一例
Examples of Smart Materials and Devices



次世代環境・エネルギー技術の創出

Development of next-generation energy and environmental technologies

教授 村上 陽一

Yoichi MURAKAMI / Professor



研究概要

カーボンニュートラルに向けては、低消費エネルギー・低環境負荷な CO₂ の分離回収技術の創出、及び、各種エネルギー（熱・電気・光）の有効活用技術の開発が重要である。本研究室ではこれらの次世代技術（以下 1～3）の創出を行っている。

研究 1. 共有結合性有機骨格（COF）を用いた革新的な固体 CO₂ 分離回収材の開発（Fig. 1a）

研究 2. 排熱・廃熱から発電を行う液体熱電変換、強制対流冷却と発電を同時に行うフロー熱発電技術（Fig. 1b）

研究 3. 未利用なバンドギャップより長波長側の光を利用可能な短波長光に変換する光子・アップコンバージョン（Fig. 1c）

これらに加え、COF を用いた新世代の電池用材料の開発している。

Outline of Research

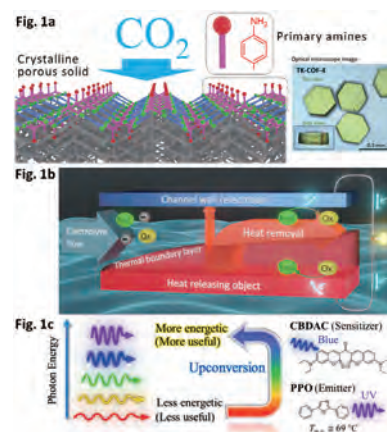
For carbon neutrality, developments of a viable CO₂ capture and separation technology and technology to maximally utilize thermal, electric, and photonic energies are important. We are developing such technologies, as 1 to 3 listed below.

1. Innovative solid-state CO₂ capture and separation materials using covalent organic frameworks (COFs, crystalline porous solids made only of light elements; Fig. 1a)

2. Liquid thermoelectric conversion technology using waste heat; flow-type thermoelectrochemical conversion that simultaneously conducts forced-convection cooling and power generation (Fig. 1b)

3. Photon upconversion to convert presently unused long-wavelength light into useful shorter-wavelength light (Fig. 1c)

In addition to these, we have started the development of new generation battery materials using COFs.



研究 1～3 を表す模式図
Schematic figures to describe the Research 1 to 3.



カーボンニュートラルへの貢献を目指した

エネルギー関連研究

Energy-related research for contributing to carbon neutrality

准教授 高須 大輝

Hiroki TAKASU / Associate Professor

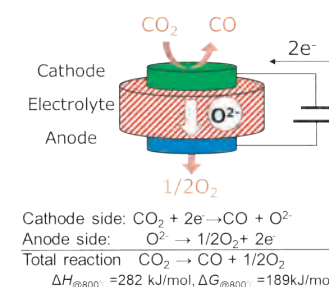


研究概要

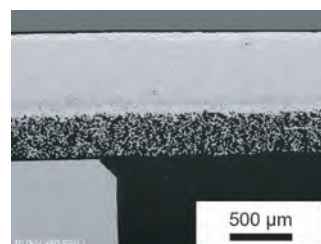
本研究室ではカーボンニュートラルの実現を見据え、エネルギー変換・貯蔵技術開発に取り組んでいる。特にキーテクノロジーとしての”CO₂ の効率的な直接電気分解の実現”を目指して、金属を支持体とする次世代固体酸化物形セルの開発に取り組んでおり、現在メーカーらや他大学・研究所と連携開発を進めている。超高純度水素製造のための水素分離技術開発では金属格子間隙を“ふるい”として利用する金属水素分離膜の開発を進めている。開発分離膜を用いることで超高純度な水素分離が一段分離プロセスで実現することが期待でき、現在複合化による優れた分離性能や長時間耐久性を有する金属分離膜の開発を進めている。これら以外のテーマについても定期的に立ち上げを行っている。

Outline of Research

In our laboratory, we are engaged in the development of energy conversion and storage technologies with the aim of achieving carbon neutrality. In particular, we are working on the development of next-generation solid oxide cells with metal supports, with the goal of achieving efficient direct electrolysis of CO₂. Collaboration with manufacturers, other universities and research institutes is currently underway to promote this development. We are also working on the development of hydrogen separation technology focusing on metal hydrogen separation membranes. By using the developed membranes with, it is expected that ultra-pure hydrogen separation can be achieved in a single separation process.



Schematic diagram of CO₂ electrolysis with SOEC



Cross sectional SEM image of MS-SOEC



熱電気化学発電と強制対流冷却を統合した「フロー熱電変換」・光子の高エネルギー変換「フォトン・アップコンバージョン (UC)」

Thermogalvanic conversion integrated into forced convection cooling・Photon upconversion (UC) using intermolecular energy transfer

助教 榎本 陸

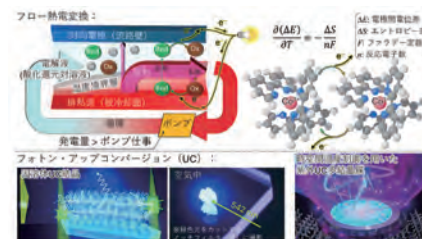
Riku ENOMOTO / Assistant Professor

研究概要

フロー熱電変換：電子素子や熱機関の効率的な運用や熱損傷防止には冷却が必要だが、その際エクセルギーが大きく散逸してしまう。フロー熱電発電により、冷却と共にそのエクセルギー損失の一部を電力として回収する。

Outline of Research

Thermogalvanic conversion: Cooling is necessary for efficient operation of electronic devices and heat engines and for preventing thermal damage, but exergy is dissipated significantly in this process. In this research, a part of exergy loss is recovered as electric power along with cooling.



研究の概略図 Research Schematic



高蓄熱・熱出力パワー密度及び高耐久性能を有する複合化学蓄熱材料

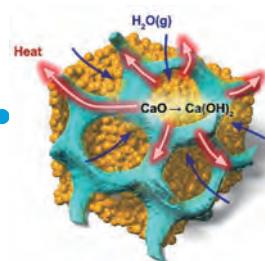
High-power density and high durable composites for thermochemical energy storage

助教 船山 成彦

Shigehiko FUNAYAMA / Assistant Professor

研究概要

化学蓄熱は可逆な気固反応を利用し熱エネルギーを貯蔵する技術です。本研究では高熱伝導率を有する担持材料を用いた複合材料を開発し、複合材料の蓄熱・熱出力パワー密度、繰り返し耐久性能を調べています。効率的な材料開発を行うため、複合材料充填層の数値モデルを開発し、数値計算による担持材料の最適化を進めています。本研究で開発された複合材料は、近年大規模導入が進む再生可能エネルギーからの余剰電力の貯蔵に応用され、カーボンニュートラル化への貢献が期待されます。



酸化カルシウム複合化学蓄熱材料
Composite with calcium hydroxide
for thermochemical energy storage

Outline of Research

Thermochemical energy storage is a technology for storing thermal energy using reversible gas-solid reactions. This study focuses on composite materials using thermally conductive supports and investigates their thermal charge/discharge power densities and repetitive durability. We have also developed a numerical model of the composite to efficiently optimize the support materials by numerical analysis. The composites developed in this research can contribute to carbon neutrality by being applied in surplus electricity storage from renewable energies.



超イオン導電体の創成と全固体電池開発

Creation of superionic conductors and development of all-solid-state batteries

特命教授 菅野 了次

Ryoji KANNO / Institute Professor

全固体電池の開発

電極材料、電解質材料の組み合わせとその界面形成技術の総合的な最適化によって実現される全固体電池は化学・電気エネルギー変換デバイスの理想系とされ、将来の技術として大きな期待が寄せられている。その実現に向けて、固体電解質の物質開拓を行い、最適な全固体電池の構成を構築すると共に、プロトタイプデバイスを実際に作成し、問題点を要素技術に還元して全固体電池の開発を行っている。

Development to all-solid-state batteries

All-solid-state battery, which only be realized with the comprehensive optimization of combining electrode materials and electrolyte materials and their interface forming technology, is considered as an ideal chemical-electrical conversion device, and is believed to be a great future technology. For its realization, the development of all-solid-state batteries is taken place by examining their optimized mechanism based on LGPS based materials, making prototype devices to find out their issues, and going through the underlying technologies to solve the issues.

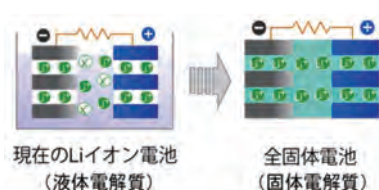


図1 全固体電池模式図

Fig. 1 Schematic diagram of all-solid-state battery: (Left) Conventional lithium-ion battery, (Right) All-solid-state battery

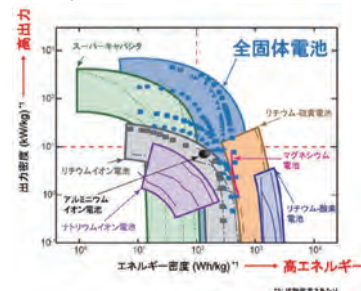


図2 固体電解質を用いた全固体電池の優れた出力特性

Fig. 2 Excellent output characteristics of all-solid-state batteries using solid electrolytes



化学・エネルギー産業のカーボンニュートラル実現に資する ナノ空間触媒の開発

Development of nanospace catalysis toward carbon neutrality in chemical and energy industries

教授 横井 俊之

Toshiyuki YOKOI / Professor

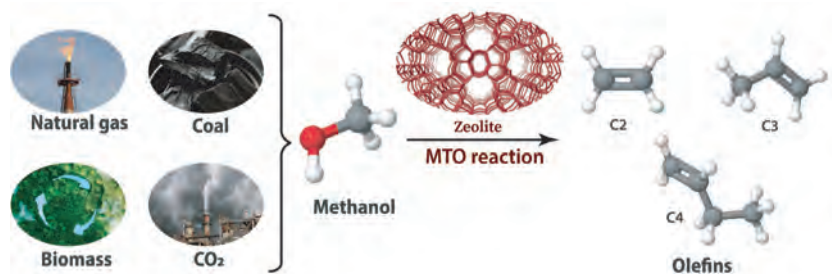


研究概要

ゼオライトは結晶性ナノ空間材料であり、触媒能・イオン交換能・吸着・分離能をはじめとする多彩な機能を活かし、最近では、二酸化炭素・炭化水素・バイオマス等が関わる炭素循環、窒素酸化物・アンモニア・硝酸イオン等が関わる窒素循環、さらには金属類も含め、多様な資源循環に対応可能な材料として、つまり SDGs 実現のキーマテリアルとして世界的に注目されている。現在、1) 骨格内 Al 原子の位置を制御した次世代型ゼオライトの開発、2) メタン、メタノール、二酸化炭素といった C1 分子変換用ゼオライト触媒プロセス、さらに 3) 革新的触媒技術による廃バイオマスの利活用に取り組んでいる。

Outline of Research

Zeolites, which are crystalline nanoporous materials and have diverse functions including catalysis, ion-exchange, adsorption/separation, etc., attracted much attention because they contribute to the solution of the issues of energy, resources and environment, contributing to the establishment of a sustainable society. We're tackling 1) development of a new class of zeolites with the location of Al atoms in the framework controlled, 2) catalytic upgrading of C1 molecules including methane, methanol, carbon dioxide, etc. by using zeolite catalysts, and valorization of disposal biomass by advanced catalytic technology.



エネルギー変換化学による 水素・炭素・窒素循環利用システムの創成

Creating Circular Systems for Hydrogen, Carbon, and Nitrogen Utilization with Energy Conversion Chemistry

教授 大友 順一郎

Junichiro OTOMO / Professor



研究概要

カーボンニュートラル実現に向けた水素・炭素・窒素循環利用システムの研究を進めています。高いイオン伝導度を有する新規電解質材料を合成し、イオン、電子、ホール伝導性を制御することで、高効率な燃料電池・電解セルを開発しています（図 1a）。開発したセルを用いて、高効率な窒素と水からのアンモニア電解合成反応の検討や二酸化炭素還元への応用研究を進めています（図 1b）。さらに、キャリア粒子の酸化還元反応に基づく化学ループ法を用いた二酸化炭素の活性化と有効利用の検討を行っています（図 1c）。以上の成果を基に、将来のエネルギー変換システムの考案と社会普及を目指して、システム設計と技術経済性分析を融合した手法を開発しています。

Outline of Research

Circular systems of hydrogen, carbon, and nitrogen with renewable energy are investigated to achieve carbon neutrality. Highly efficient fuel cells and electrolysis cells are developed by synthesizing new electrolyte materials with high ionic conductivity and controlling ion, electron, and hole conductivities (Fig.1a). Using the developed cells, the electrosynthesis with nitrogen and carbon dioxide reduction reactions is investigated (Fig.1b). In addition, the effective use of carbon dioxide is investigated by using a chemical-looping method with the redox reaction of carrier particles (Fig.1c). Based on the above achievements, a new method integrating system design and techno-economic analysis is developed to devise future energy conversion systems and their social implementation.

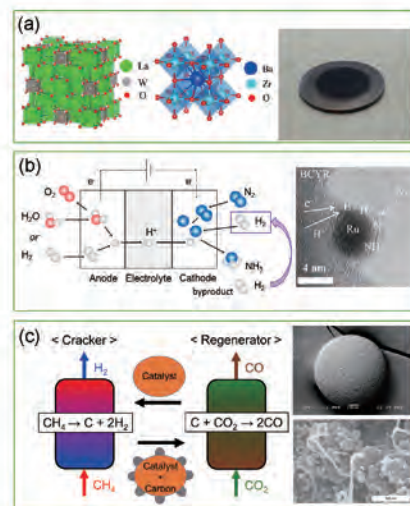


図 1 (a) 高効率プロトン伝導セラミック燃料電池、(b) 電気化学促進効果による電解合成、(c) 炭素循環利用化学ループ法
Fig.1. (a) Highly efficient protonic ceramic fuel cell, (b) Electrochemical promotion of catalysis, (c) Chemical looping for carbon recycling



より安全で廃棄物の少ない原子力システムと臨界安全研究 Nuclear energy systems with safe and less waste and criticality safety study

教授 小原 徹

Toru OBARA / Professor

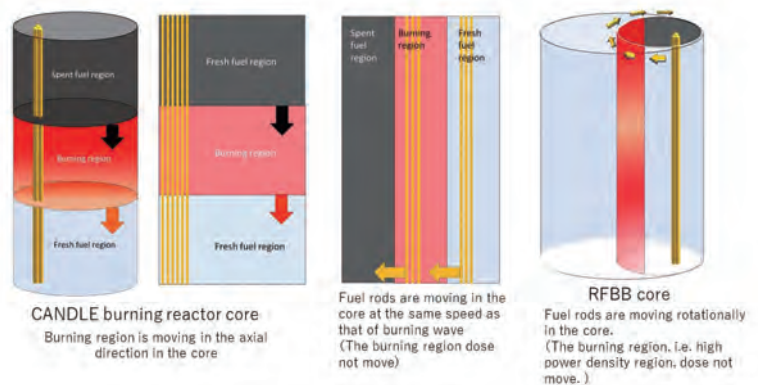


研究概要

カーボンニュートラル社会の実現には安全で廃棄物発生量の少ない革新的な原子炉の開発が必要不可欠である。これを踏まえ濃縮施設や再処理施設を必要とせず、天然ウランや劣化ウランを燃料とし、資源を有効に利用でき、廃棄物の発生量が少なく、かつ高い安全性を有する回転型燃料シャフリングブリードバーン型高速炉 (RFBB) の開発を進めている。また、福島第一原子力発電所の廃止措置は安全に行われる必要があり、燃料デブリの取り出し時に燃料デブリが臨界とならないように作業を行うことは不可欠である。この研究では燃料デブリが作業中臨界となることを防止する技術と万一事故が発生した場合の対策技術の開発を行っている。

Outline of Research

Development of innovative nuclear reactor with safe and less nuclear waste is necessary to realize carbon neutral society. Based on this, the development of the Rotational Fuel-shuffling Breed-and-Burn fast reactor (RFBB) is in progress. The reactor has unique features that natural uranium or depleted uranium can be utilized as the fuel, it does not need enrichment facility nor reprocessing facility, it can utilize natural resource effectively, the amount of radioactive waste can be less and it has high safety features. The decommissioning of Fukushima Daiichi NPS must be performed safely. In the fuel debris removing process, it is necessary to avoid criticality accident. The study is performed to develop the technology to avoid the criticality accident and the measures if the accident happens.



回転型燃料シャフリングブリードバーン型高速炉 (RFBB) の概念
Concept of the Rotational Fuel-shuffling Breed-and-Burn fast reactor (RFBB)



ゼロカーボン材料創製技術および原子力システムの 安全性確立への冶金技術の活用 Materials creation with Zero-Carbon Energy and utilization of metallurgy for safety nuclear systems

教授 小林 能直

Yoshinao KOBAYASHI / Professor

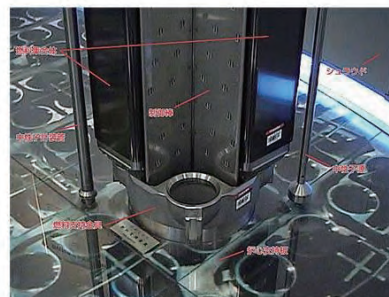


研究概要

ゼロカーボン社会実現には、構造材料や機能性材料の製造プロセスでカーボンニュートラルを考慮することが重要です。鉄鋼分野では、リサイクル鉄とゼロカーボンエネルギーを活用し、ゼロカーボン製鉄を実現し物質循環型社会を推進します。原子力分野では、安全で信頼性の高い金属材料の研究を進め、厳しい環境下での材料健全性向上を目指しています。また、沸騰水型軽水炉の廃炉加速を目指し、燃料デブリの取り出しや保管に関する研究も行っています。

Outline of Research

Achieving a Zero Carbon society requires carbon neutrality in the manufacturing processes of structural and functional materials. In the steel industry, we aim to utilize recycled steel and Zero Carbon energy to realize Zero Carbon steelmaking and promote a materials-circulating society. In the field of nuclear energy, research is being implemented on safe and reliable metallic materials, with the goal of improving material integrity under severe environments. Additionally, investigation is being made on accelerating the decommissioning of Boiling Water Reactors (BWR), focusing on the removal and storage of fuel debris.



原子炉芯構造物とコールドクルーシブルによる燃料系デブリ模擬溶融試験

Reactor core assembly and reaction experiment between mock fuel-rod debris and stainless steel in a cold crucible furnace.



安全・セキュアでレジリエントな革新的原子力システムの追求 Pursuing Safe, Secure, and Resilient Nuclear Energy System

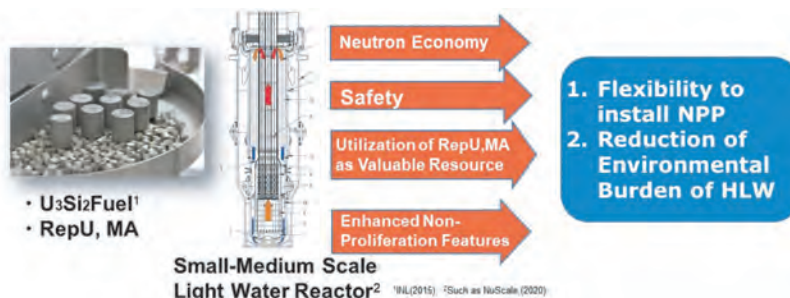
教授 相楽 洋

Hiroshi SAGARA / Professor



研究概要

強い固有の安全性を有する革新的原子炉や小型モジュール型炉の活用は、原子力の多用途利用を可能とし社会要請に応える柔軟性を大いに高めるが、一方で核テロなどの新たな脅威への対策強化を必要とする。未然防止に加え、例えば事象が起こっても重大な進展を防ぐレジリエントな原子力システム研究を行っている。事故耐性燃料の一つであるケイ化物燃料を用いた高安全・核不拡散性を有する中小型軽水炉や、受動的炉停止デバイスを装荷し固有安全性を強化したナトリウム冷却高速炉と非破壊監視システムなど、設計による安全・セキュリティ強化、さらに高レベル放射性廃棄物対象であるマイナーアクチノイドの有効活用による低処分負荷を同時追求している。



事故耐性燃料を用いた高安全・核不拡散性を有する中小型軽水炉概念
Small and medium scale Light Water Reactor with Enhanced Safety Non-proliferation features

Outline of Research

The utilization of innovative nuclear reactors and small modular reactors enable its multiple purpose utilization and enhance its flexibility responding to variable social demands. It, however, might requires enhanced measures against nuclear proliferation threats such as terrorism. We are pursuing studies on resilient nuclear energy system against threats to safety, security and non-proliferation. Small modular light water reactors loading silicide fuel, one of the candidates of accident tolerant fuel, and sodium-cooled fast reactors with passive safety shutdown device, non-destructive monitoring system have been investigated for enhancing safety and security by their design, as well as minimizing the burden of high-level waste by utilization of its principal component minor actinides.



加速器と量子ビーム技術により豊かで持続的な社会を創ります Creating a prosperous and sustainable society through particle accelerator and quantum beam technologies

教授 林崎 規託

Noriyosu HAYASHIZAKI / Professor



研究概要

量子ビーム（イオンビーム、電子ビーム、X線、中性子線など）は、最先端の素粒子や物質の研究開発だけでなく、がん治療、画像診断、薬剤製造、滅菌、非破壊検査、半導体製造など、医療・産業・エネルギー分野でも幅広く利用されており、私たちの暮らしのなかで役立っています。当研究室は、使い途に応じて量子ビームを作り、必要なエネルギーまで加速する小型加速器をコアテーマとして、3次元シミュレーションを連携駆使したデザイン、高い信頼性のための精密加工技術の探求、ビーム実験による検証について、教員と学生が協力して一貫的に取り組んでおり、大強度ビームを実現するマルチビーム線形加速器、橋梁非破壊検査用の小型加速器中性子源、医療用加速器の開発を進めています。

Outline of Research

Quantum beams (ion, electron, X-ray, neutron, etc.) are used in the fields of cancer treatment, medical imaging, pharmaceutical production, sterilization, nondestructive inspection and semiconductor manufacturing in addition to the frontiers of elementary particle physics and material science, and technologies based on quantum beams are indispensable for daily life. Our group develops compact particle accelerators that create quantum beams, with properties depending on the application, through a design process that incorporates 3D simulation, followed by precise fabrication. This process delivers high reliability and operability with collaborating faculty and students. A multi-beam linear accelerator, a compact accelerator-driven neutron source for nondestructive bridge inspection and a medical accelerator are under development.



理研小型中性子源システム2号機（理化学研究所との共同開発）
RIKEN accelerator driven compact neutron source II. (Joint development with RIKEN)



DNA 二重鎖切断：分子メカニズムからがん治療へ

DNA double-strand breaks: From molecular mechanisms to cancer therapy

教授 松本 義久

Yoshihisa MATSUMOTO / Professor

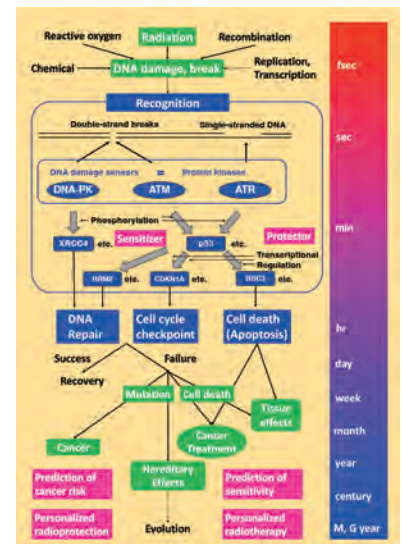


研究概要

放射線によるさまざまな健康影響、がん治療効果の主因は DNA 損傷であり、中でも DNA 二本鎖切断は最も重要と考えられています。私たちの細胞には、DNA 損傷を修復したり、細胞が自ら死に至ったりすることで、放射線の影響から細胞自身、個体、種を護るしくみが備わっています。当研究室では、細胞がいかに DNA 損傷を認識し、DNA 修復をはじめとする生体防御反応を引き起こすかを解明することを目指し、パイオイメージング、次世代シーケンシング、ゲノム編集、iPS 細胞など最先端の分子生物学、生化学的技術を駆使して挑んでいます。上記の研究の成果は、個人の放射線感受性の高精度の予測と制御を通して、次世代の放射線防護やがん治療に貢献することが期待されます。

Outline of Research

Various health effects and cancer therapeutic effects of radiation are thought to be brought by various types of DNA damage, among which DNA double-strand break is considered the most critical. Our cells protect cells themselves, individuals and species from radiation effects by repairing DNA damage and by dying autonomously. We seek to elucidate the molecular mechanisms how cells recognize DNA damage and elicit bioprotective responses including DNA repair. Toward this aim, we employ cutting edge technologies in molecular biology and biochemistry, including bioimaging, next-generation sequencing, genome editing and iPS cell technology. The outcomes of our research will enable precise prediction and control of radiosensitivity and contribute to radioprotection and radiotherapy in the next generation.



放射線影響のメカニズムと私たちの研究目標
A schema of the mechanisms of radiation effects and the aim of our research



苛酷環境に耐える高性能セラミックスの創製

Development of high-performance severe environment resistant ceramics

教授 吉田 克己

Katsumi YOSHIDA / Professor

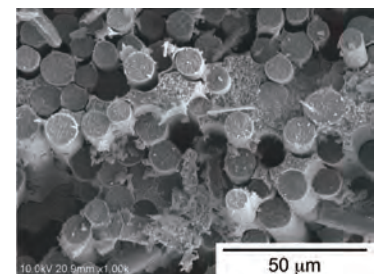


研究概要

セラミックスは苛酷環境下において優れた特性を有することから、高温、高熱勾配、腐食性・酸化雰囲気、放射線・粒子線照射、プラズマ環境等の苛酷環境下での適用が期待できる魅力的な材料である。セラミックスを部材として適用するためには、部材としての信頼性の向上に加えて、それぞれの用途に応じた特性・機能付与を図る必要がある。本研究室では、ナノ・ミクロ・マクロスケールでのマルチスケール構造制御および高次構造制御に基づく信頼性の向上や特性・機能付与に注目し、原子力・核融合分野や宇宙航空分野等の苛酷環境下での適用を目指した先進セラミック材料の開発を行っている。また、カーボンニュートラルへの貢献を目指した先進セラミックスの開発に取り組んでいる。

Outline of Research

Ceramics have been recognized as attractive materials used in severe environment such as high temperatures, high thermal gradient, corrosive and oxidizing atmosphere, radiation and particles irradiation, and plasma exposure because they show excellent properties. To apply ceramics as structural components, it is necessary to improve their reliability as well as to provide them with properties and functions for each application. Focusing on the enhancement of reliability and the development of new functions/properties based on multi-scale structure control in nano-, micro- and macro-scales and highly microstructure control, we have been developing advanced ceramics used in severe environment such as fission/fusion reactors and aerospace industries. We are also developing advanced ceramics contributing to carbon neutral society.



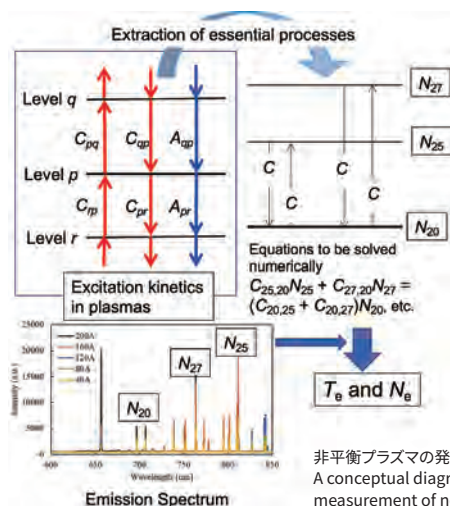
高信頼性耐熱構造材料として期待される炭化ケイ素繊維強化炭化ケイ素基 (SiCf/SiC) 複合材料の微構造 SEM 写真
SEM micrograph of silicon carbide fiber-reinforced silicon carbide matrix (SiCf/SiC) composites, which are expected to be highly reliable heat-resistant structural materials.



プラズマエレクトロニクス～原子分子過程と分光計測 Plasma Electronics —Atomic/Molecular Processes and Spectroscopic Measurement

准教授 赤塚 洋

Hiroshi AKATSUKA / Associate Professor



研究概要

各種の低温非平衡プラズマにつき、電子温度・密度・エネルギー分布関数、ガス温度・ラジカル密度の発光分光計測法開発を行っている。特に半導体プロセスや医科歯科応用プラズマ源などを対象に、実用計測法開発を目指している。

Outline of Research

Optical emission spectroscopic (OES) measurement methods are being developed to monitor electron temperature, electron density, electron energy distribution function, gas temperature and radical density of various low-temperature non-equilibrium plasmas. Our research aims for practical applications of plasma measurement, particularly in the fields of semiconductor processing and medical/dental applications.

非平衡プラズマの発光分光計測から、原子過程に基づき電子温度 T_e 、電子密度 N_e を求める方法の概念図。
A conceptual diagram of a method for obtaining electron temperature T_e and electron density N_e based on atomic processes from OES measurement of non-equilibrium plasma.



核反応、核データ、核変換、理論核物理 Nuclear Reactions, Nuclear Data, Nuclear Transmutation, Nuclear Theory

准教授 石塚 知香子

Chikako ISHIZUKA / Associate Professor

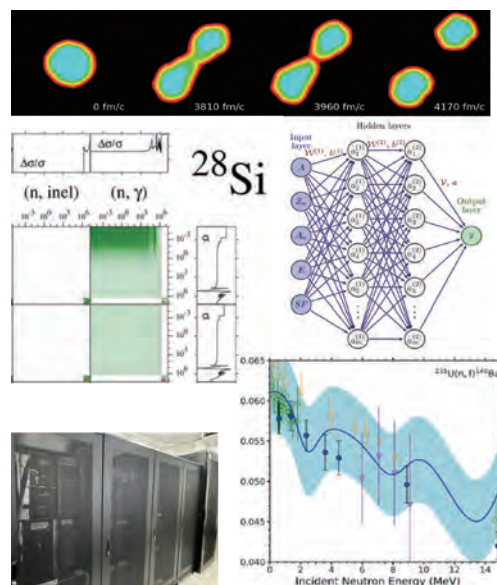


研究概要

石塚研究室では最先端の理論核物理や機械学習の手法を駆使して核反応そのものを深く理解し、それを原子力システムや放射線治療、宇宙戦略などの応用分野に活用するところまでを研究ターゲットとしています。具体的には核分裂を中心とした核反応機構の解明やその応用に取り組んでいます。核反応情報の応用研究としては、高速炉や熔融塩炉の新型炉での核変換研究や核融合炉の構造材の耐久性に関する研究、重イオンを用いた癌治療計画の精度向上を目指した研究、ミューオン科学や宇宙戦略の基礎となる研究が挙げられます。このように原子核の物理を追求しながら、同時に核物理の知見を人々の生活改善に直接的に結びつく形で広く社会に還元することが研究目標です。

Outline of Research

At the Ishizuka Laboratory, our research aims to achieve a deeper understanding of nuclear reactions by using cutting-edge theoretical nuclear physics and machine-learning methods, and to connect that knowledge to practical applications in nuclear energy systems, radiation therapy, and space-related technologies. In particular, we study the mechanisms of nuclear reactions, with a focus on fission, and explore their applications. Our applied research includes transmutation in advanced reactors such as fast reactors and molten salt reactors, durability of structural materials for fusion reactors, improved treatment planning for heavy-ion cancer therapy, and fundamental studies relevant to muon science and space strategy. Our goal is to pursue the physics of atomic nuclei while returning its benefits broadly to society.



研究環境と計算例
Our servers and our simulation sample



放射線計測を基盤とする原子核物理に基づく次世代の医療診断・治療技術の研究

Research on next-generation medical diagnosis and treatment technologies based on nuclear physics and radiation measurement

准教授 上ノ町 水紀

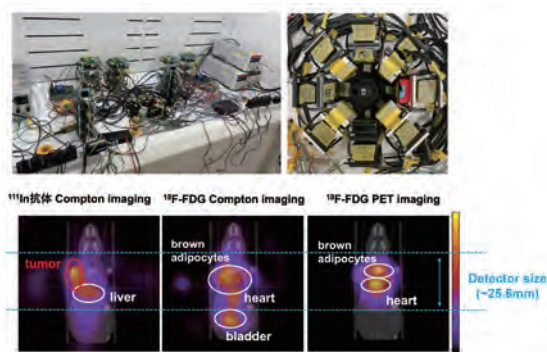
Mizuki UENOMACHI / Associate Professor

研究概要

目に見えない放射線を計測する基礎技術は、素粒子実験や天文学などの学術研究に加え、原子力、医療、産業、エネルギーなど幅広い分野でも活用されています。本研究室では、数十 μm のピクセルサイズを有する超微細シリコン検出器や放射線信号処理回路などの基礎開発研究から、それらの技術を応用した次世代核医学イメージング技術の開発を行なっています。核医学診断では、放射性核種を標識した薬剤を投与し、X線やガンマ線を計測することで薬剤の体内分布を画像として可視化します。従来技術では困難であった複数薬剤を同時に可視化するシステムの開発実証や、薬剤の集積とともに核スピンを介して体内 pH などの局所的な生体情報を抽出する新しい量子診断技術の開発を進めています。

Outline of Research

The fundamental technologies for detecting invisible radiation are used in not only particle physics and astronomy, but also in nuclear power, medicine, industry, and energy. In our laboratory, we conduct basic research on fine-pitch silicon pixel detectors with several tens of micrometers and radiation signal processing circuits. We also apply these technologies to develop next-generation nuclear medicine imaging systems. In nuclear medicine, a radiopharmaceutical is administered and the distribution of the drug in the body is visualized by detecting emitted X-rays and gamma-rays. We have proposed and developed new simultaneous multi-nuclide imaging systems, and novel quantum diagnostic technologies to extract localized biological information such as pH via nuclear spin interactions.



開発した複数放射性薬剤の同時イメージングシステム（上段）と担癌マウスに投与した ^{111}In 抗体と ^{18}F -FDG の生体内イメージング結果（下段）
Custom-developed system for simultaneous imaging of multiple radiopharmaceuticals (top), and simultaneous in-vivo imaging results of ^{111}In -labeled antibody and ^{18}F -FDG in tumor-bearing mice (bottom)



中性子原子核反応の研究 - 原子力、宇宙、そして医療 Study on neutron nuclear reaction for nuclear energy, astrophysics and medicine

准教授 片渕 竜也

Tatsuya KATABUCHI / Associate Professor

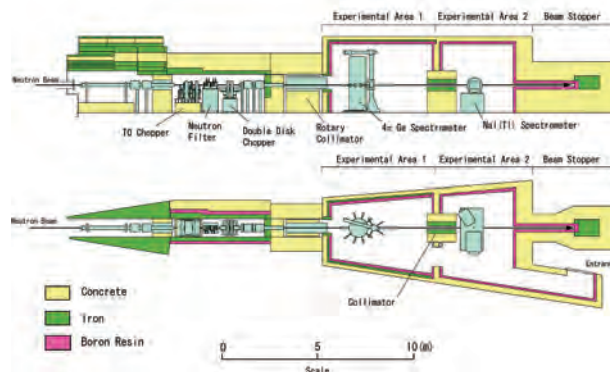


研究概要

原子力などの工学分野および宇宙物理などの基礎理学分野で必要とされる中性子核反応データの測定を行っている。核廃棄物中の長寿命核種の核変換処理や宇宙元素合成解明に必要な中性子捕獲断面積の高精度化研究を行っている。測定には本研究所のペレトロン加速器および大強度陽子加速器施設（J-PARC）を用いている。また、中性子核データ測定で培った技術を生かし、ホウ素中性子捕捉療法（BNCT）のための線量イメージングシステムを開発している。今まで実測できなかった、治療中の吸収線量が個々の患者について測定可能となり、BNCT 照射条件の決定や BNCT 治療効果の評価精度向上に貢献できる。

Outline of Research

We measure neutron nuclear data, especially, neutron capture cross sections, which are important for design of a nuclear transmutation system and understanding of nucleosynthesis. Measurements are performed in the Laboratory for Zero-Carbon Energy and the Japan Proton Accelerator Research Complex (J-PARC). In addition, we are developing an imaging system for dosimetry during treatment in boron neutron capture therapy. This system allows for evaluating the absorbed dose of each patient online, thereby improving determination of irradiation parameters and evaluation of treatment efficacy.



J-PARC の中性子核反応測定装置 ANNRI
Accurate Neutron Nucleus Reaction Measurement Instrument (ANNRI) of J-PARC



原子力熱流動と廃炉・復興学ゼロカーボンエネルギー研究 Nuclear Thermal Hydraulics and Decommissioning /Fukushima Revitalizics Zero Carbon Energy Research

准教授 木倉 宏成

Hiroshige KIKURA / Associate Professor



研究概要

原子炉の高度化と安全性向上に資する研究を推進するとともに、超音波・レーザー・カメラ・電気特性等を利用した新たな原子炉内流動計測手法の開発を行い、近年では、小型モジュール原子炉等の次世代原子炉開発に関わる研究を行っています。また、東日本大震災・原子力災害の被災地に赴いて復興活動を行い、復興学によるゼロカーボン社会の実現に向けたトランスチャレンジ研究の基盤構築を目指して、産業振興技術の開発や廃炉研究・ゼロカーボンエネルギー研究を推進しています。

Outline of Research

We are researching on the development of new flow measurement methods for nuclear reactors using ultrasound, laser, camera, and electrical characteristics, and on the development of next-generation reactors such as Small Modular Reactors (SMR). We are visiting the areas damaged by the Great East Japan Earthquake and the nuclear disaster to conduct Revitalizics activities. In addition, we also promote the development of industrial promotion technologies, decommissioning research, and zero-carbon energy research.



原子力熱流動と廃炉・復興学ゼロカーボンエネルギー研究の概要
Summary of Nuclear Thermal Hydraulics and Decommissioning / Fukushima Revitalizics Zero Carbon Energy Research



核融合炉や加速器駆動型未臨界炉の液体金属冷却システム Liquid metal cooling systems for fusion reactors and accelerator-driven systems

准教授 近藤 正聡

Masatoshi KONDO / Associate Professor

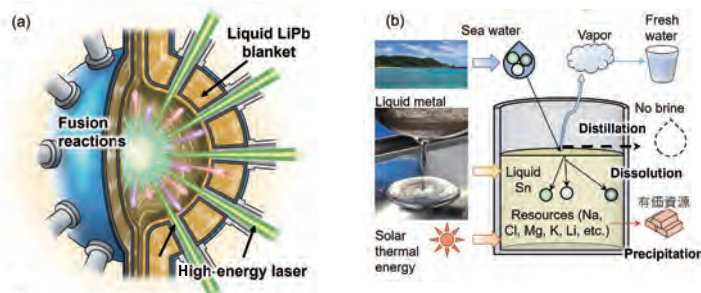


研究概要

磁場閉じ込め方式ならびに慣性閉じ込め方式のフュージョンリアクターや高レベル放射性廃棄物の有害度を低減する加速器駆動型未臨界炉などを対象にして、液体金属式冷却システムに関する研究を実施しています。原子力プラントのエネルギー変換や物質変換に適した新たな液体合金を自分たちで合成し、その熱流動性能や化学的挙動を実験と数値計算により調べています。高温の液体金属冷却システムの課題として、候補構造材料との化学的共存性が挙げられます。液体金属の化学的特性制御と候補構造材料の開発の両方の観点から取り組んでいます。また、液体金属を海水淡水化技術や深宇宙探査のための低融点金属鏡に応用する研究も積極的に実施しています。

Outline of Research

We are studying the liquid metal coolant systems for fusion reactors and accelerator driven systems. We synthesize new liquid alloys which have suitable thermo-fluid properties and chemical characteristics as coolants of nuclear reactors. The chemical compatibility of high-temperature liquid metals with candidate structural materials is one of the important issues to be addressed. The study on the chemical compatibility has been performed from the viewpoints of the chemical control of liquid metals and the development of advanced structural materials. Interdisciplinary studies are also performed for the development of liquid metal direct contact type seawater desalination system and low melting point metal mirrors for deep-space exploration.



(a) レーザー核融合炉の液体 LiPb ブランケットシステムと (b) 液体金属直接接点式海水淡水化システム
(a) Liquid LiPb blanket type laser commercial reactors and (b) liquid metal direct contact type seawater desalination system



錯体化学・溶液化学に基づく核燃料サイクル先進基盤研究 Fundamental Coordination and Solution Chemistry of Actinides and Related Elements for Advanced Nuclear Fuel Cycle

准教授 鷹尾 康一郎

Koichiro TAKAO / Associate Professor



研究概要

核燃料サイクルの実現は、循環型原子力システムの構築に不可欠である。N-アルキル-2-ピロリドン等の環状アミド化合物との錯形成により使用済み核燃料を溶解した硝酸水溶液からウランやプルトニウムが選択的に沈殿する現象に基づき、簡易・高汎用次世代再処理基盤技術となりうる核燃料物質選択的沈殿法 (NUMAP 法) の原理構築および強化を進めている。圧倒的埋蔵量を誇る海水ウラン資源化を目指し、錯体化学に基づいて海水中溶存ウランを強力かつ特異的に捕捉するリガンドおよび新規海水ウラン吸着材を開発している。同位体効果がほとんど見られないウランの化学的特性を応用することで、同位体組成から「核燃料にならないウラン」の新規有効活用法を開拓している。

Outline of Research

Based on selective and efficient precipitation of U and Pu from $\text{HNO}_3(\text{aq})$, we have proposed NUClear fuel Material selective Precipitation (NUMAP) method as an advanced reprocessing technology for spent nuclear fuels. To utilize U present in seawater, which is overwhelmingly more abundant compared with its terrestrial stock, we have designed ligand molecules strongly and selectively capturing U in seawater based on our cutting-edge coordination chemistry, and are developing chemically-decorated polymer resins as novel adsorbents for U harvesting from seawater. During nuclear fuel fabrication, depleted U has to be generated, which has no utilities to date. We are pioneering new avenues for effective utilization of such “U unusable for nuclear energy” in chemical directions in which any isotopic effects are almost ignorable.



核燃料サイクル実現に基づく循環型原子力システム
Circular Economical Nuclear Energy System Based on Nuclear Fuel Cycles



強磁場の活用：核融合と超伝導磁気エネルギー貯蔵 Application of Strong Magnetic Field: Nuclear Fusion & SMES

准教授 筒井 広明

Hiroaki TSUTSUI / Associate Professor



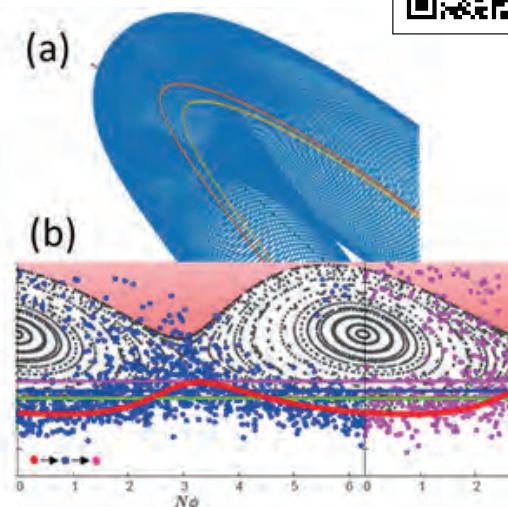
研究概要

磁場閉じ込め核融合の実現を目指して、プラズマ閉じ込め、平衡、安定性、制御に関する基礎的研究を、数値解析、およびデータ科学の手法を用いて行っている。超伝導磁気エネルギー貯蔵 (SMES) は電力負荷平準化の有力な候補であるが、エネルギー蓄積にともなう大きな電磁力が深刻な問題である。この問題に対処するために、我々は磁場と応力の関係を表す「Virial 定理」に基づくビリアル限界コイルの概念を提案し実証した。

Outline of Research

Fundamental studies on plasma confinement, equilibrium, stability, and control are investigated using numerical analysis and data science methods with the aim of realizing magnetic confinement fusion.

Superconducting magnetic energy storage (SMES) is a promising candidate for power load leveling, but the large electromagnetic forces associated with energy storage are a serious problem. To cope with this problem, we proposed and demonstrated the concept of virial limit coils based on the “Virial Theorem,” which describes the relationship between magnetic field and stress.



(a) バナナチップ点付近の粒子軌道と、その巡回中心、及び、巡回中心近似軌道
(b) α 粒子位置の位相空間上での時間変化。
(a) Trajectories of a particle and its guiding center, and a trajectory by guiding center approximation near a banana tip.
(b) Time evolution of α particle positions in a Poincaré map.



サイクル統合化と新しい原子力システム構築に向けて Toward the establishment of the innovative Nuclear Energy System

准教授 中瀬 正彦

Masahiko NAKASE / Associate Professor

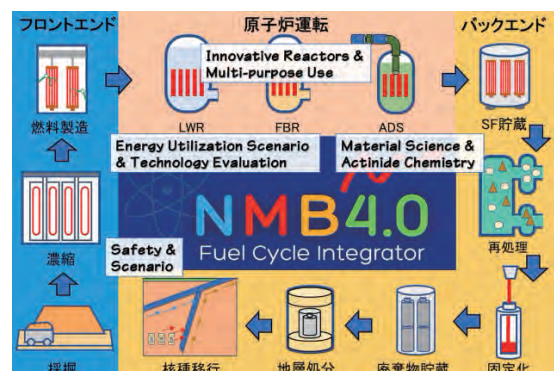


研究概要

カーボンニュートラル達成の鍵である原子力の多目的利用に対し、再処理（アクチノイド、有価金属回収）、廃棄物処分を含めた原子力システム研究を展開している。開発している Nuclear Material Balance (NMB) code の機能強化により、エネルギー利用シナリオ、革新炉導入効果、分離プロセス評価、廃棄物量削減と処分場面積の低減といった合理化を目指している。福島第一原子力発電所で発生した多様な廃棄物の分析、処理、保管、処分戦略を物質科学や安全評価を駆使して結節させ、廃棄物システム研究として展開している。他分野における分離化学、分析化学の他、原子力の様々な場面で登場するアクチノイドのキレート剤探索も機械学習を用いて進めている。

Outline of Research

Achieving carbon neutrality hinges on the multipurpose use of nuclear energy. Our research encompasses nuclear systems, including reprocessing for actinide and valuable metal recovery and waste management. By enhancing our Nuclear Material Balance code, we aim to optimize energy utilization scenarios, explore innovative reactor impacts, assess separation processes, and minimize waste volume and disposal site areas. We integrate strategies for the analysis, processing, storage, and disposal of diverse waste from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station by materials science and safety assessments as part of our waste system research. Beyond separation and analytical chemistry, we are exploring chelating agents for Actinium utilized for medical purposes, using machine learning to advance their applications in nuclear energy.



核燃料サイクルシミュレーター NMB を用いたサイクル統合化研究
Cycle integration study using nuclear fuel cycle simulator, NMB



プラズマ・量子ビーム技術を基盤とする先進加速器・核融合工学の探求

Exploring advanced accelerators and nuclear fusion engineering based on plasma and quantum beam technology

准教授 長谷川 純

Jun HASEGAWA / Associate Professor

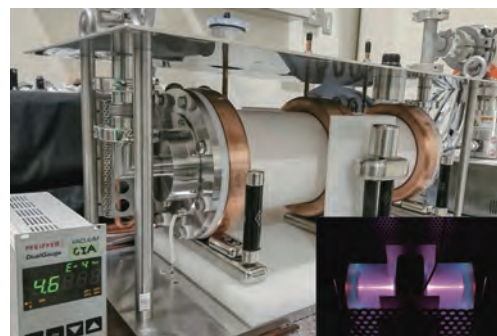


研究概要

高強度レーザーや高電圧放電による高温高密度プラズマの発生・制御技術の高度化を探索しながら、先進加速器工学や先進核融合工学への貢献を目指している。次世代重粒子がん治療用加速器のためのクライオ標的を用いた長寿命レーザーイオン源、重イオン慣性核融合のための磁気ノズルを用いた高輝度レーザーイオン源、レーザー生成ドリフトプラズマを用いたプラズマイオン注入による表面改質技術、高電圧グロー放電を用いた核融合中性子源、自由電子レーザーや核融合プラズマ加熱用粒子加速器のため直流誘導加速装置の開発などに取り組んでいる。

Outline of Research

We aim to contribute to advanced accelerator engineering and advanced nuclear fusion engineering while exploring the sophistication of generation and control technology for high-temperature, high-density plasma produced by high-intensity lasers and high-voltage discharges. We are working on the development of a long-life laser ion source using a cryogenic target for next-generation heavy particle accelerators for cancer treatment, a high-brightness laser ion source using a magnetic nozzle for heavy ion inertial confinement fusion, surface modification technology by plasma based ion implantation using laser-produced drift plasma, a nuclear fusion neutron source using high-voltage glow discharge, and a DC induction acceleration cell for particle accelerators for free electron lasers and nuclear fusion plasma heating.



放電型小型核融合中性子源
A compact fusion neutron source using high-voltage glow discharge



エネルギー、電子材料の開発 Development of Energy Storage and Electronic Materials

准教授 安井 伸太郎

Shintaro YASUI / Associate Professor

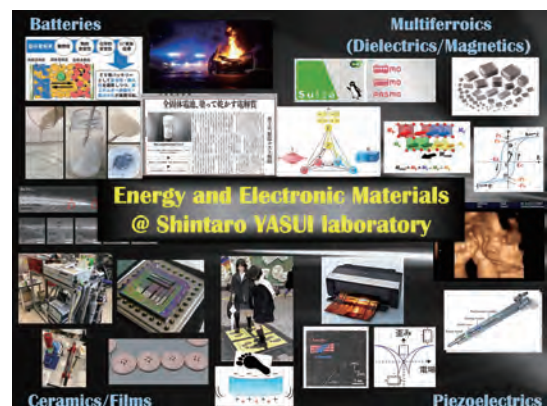


研究概要

蓄電池は我々の生活には欠かせない重要な役割を果たしています。現在は液系リチウムイオン電池が主に利用されていますが、安全性や性能、リサイクルの観点より、より優れた蓄電池の開発が求められています。我々は、より安全な材料の開発のために、水を使った新しいリチウムイオン・非リチウムイオン電池の開発に取り組んでいます。電子材料は身の回りに多く存在し、我々の生活を豊かにしています。電子デバイスを動かすためにはエネルギーが必要ですが、そのエネルギーは限りある資源から生み出されているために、電子デバイスをより省エネルギーで駆動させることは非常に重要なことです。材料学の視点から、今までにない新しい物性を求め、未踏材料の開発を行っています。

Outline of Research

Rechargeable batteries play an important and indispensable role in our daily lives. Currently, liquid-based lithium-ion batteries are mainly used. Better rechargeable batteries are required from the standpoint of safety, performance, and recycling. We are working to develop new water-based lithium-ion and non-lithium-ion batteries to develop safe-use materials. Electronic materials are all around us and enrich our lives. Energy is one of the key issues in operating electronic devices, and since this energy is generated from limited resources, it is very important to make electronic devices more energy efficient. From the viewpoint of materials science, we seek novel physical properties that have never existed before and develop unexplored materials.



イオン線形加速器の開発と高度化研究 Development of ion linear accelerator

助教 池田 翔太

Shota IKEDA / Assistant Professor

研究概要

粒子加速器に関する研究・開発をおこなっています。粒子加速器は、イオンや電子等を電場や磁場により高エネルギーにする装置であり、高エネルギー物理実験や放射線医療、産業用分析装置における放射線発生装置として利用されています。その中でも私は、イオンビームを生成するイオン源や、初段加速器である高周波四重極(RFQ)線形加速器、後段のドリフトチューブ(DT)線形加速器に関する研究を中心にこなしています。現在は、イオンビームを数 MeV (～光の速さの 10 % 程度) まで高効率に加速するため、RFQ 線形加速器と DT 線形加速器の加速構造を単一の加速空洞に組み込んだ新しい線形加速器の研究開発をおこなっています。

Outline of Research

Particle accelerator accelerates charged particles (ion, electron, etc.) by electromagnetic field. They are used for many applications (Radiation therapy, Radioisotope production, High-energy physics experiment, etc.). Our research focuses on ion source, radiofrequency quadrupole (RFQ) linear accelerator, and drift tube linear accelerator, which are applied to an injector for heavy ion cancer therapy and boron neutron capture therapy (BNCT) system. We have currently developed a new linear accelerator that incorporates the accelerating structures of the RFQ linear accelerator and the DT linear accelerator in a single cavity to accelerate ion beams to several MeV (about 10% of the speed of light) with high efficiency.

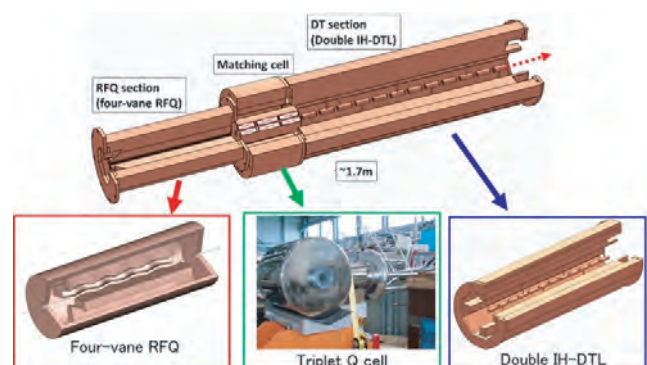


図 1 TE211 型複合加速構造単空洞リニアック

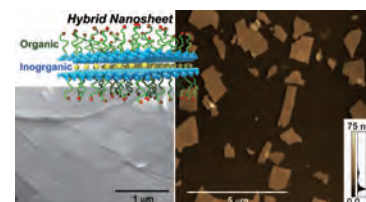
Fig. 1 TE211-mode single hybrid cavity linear accelerator



有機 - 無機ハイブリッドによる機能性ナノ材料の開発 Development of Functional Nanomaterials Based on Organic/Inorganic Hybrids

助教 井戸田 直和

Naokazu IDOTA / Assistant Professor



ポリマー修飾無機ナノシートの顕微鏡像
Microscopic images of polymer-grafted inorganic nanosheets

研究概要

無機ナノ材料表面への有機修飾を制御することにより、最小限の有機・無機成分で最大限の機能を発揮する有機-無機ハイブリッド材料を開発しています。ナノ材料と有機分子の特性を活かし、外部環境の変化によって機能を变化させる核種吸着剤や放射線医療用ナノキャリア、ナノシート固体電解質、自己修復材料、等のカーボンニュートラルの実現に繋がる機能性ナノ材料への応用を目指しています。

Outline of Research

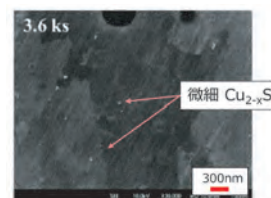
We have developed organic-inorganic hybrid materials that exhibit maximum functionalities with a minimum amount of organic and inorganic components by controlling the organically surface modification of inorganic nanomaterials. Taking advantages of intrinsic properties for organic molecules and inorganic nanomaterials, we are challenging to create functional nanomaterials that lead to realizing a carbon neutral society, such as nuclide adsorbents in respond to external environments, nanocarriers for radiation therapy, nanosheet solid electrolytes, self-healing materials.



カーボンニュートラル社会における材料製造プロセス創生 Creation of material production processes in carbon neutral society.

助教 浦田 健太郎

Kentaro URATA / Assistant Professor



鋼中の不純物銅の形態（析出）制御
Morphology (precipitation) control of impurity copper in steel

研究概要

金属材料は我々の生活を支える必要不可欠な材料であり、カーボンニュートラル社会でも安定して持続的に生産し続けられる材料製造プロセスを創生することが当研究の目的です。当研究では CO ガスによる鉄鉱石の熔融還元法と排出 CO₂ ガスを再度 CO に還元する技術と組合せたカーボンニュートラル製鉄プロセスの研究開発を行っています。また、今後需要が増加する老廃スクラップを材料源として再活用するために、老廃スクラップ原料に含まれる不純物の除去や無害化に関する研究を行っています。現在では、老廃スクラップ鉄中の不純物元素である銅を製鋼プロセス上で形態制御することで無害化する研究を行っています。

Outline of Research

Metallic materials are essential materials that support our daily lives. Hence, our research aims to create a materials production process that can continue to produce materials in a stable and sustainable manner even in carbon-neutral society. We study and develop the carbon-neutral ironmaking process where the direct iron ore smelting reduction by using CO gas is collaborated with a technology for reducing CO₂ gas back into CO. We also study removal and harmlessness of impurities in scrap materials to recycle, for which demand is expected to increase in the future, as material resources. Currently, we study the harmlessness method for copper, an impurity element in low-grade scrap iron, by controlling its morphology in steelmaking processes.



社会・環境リスクを低減した革新的原子炉の開発と「核鑑識」による RN 物質のトレーサビリティ向上研究

Development of innovative nuclear reactors reducing social and environmental risks and study on improvement of traceability of RN materials by “nuclear forensics”

助教 木村 祥紀

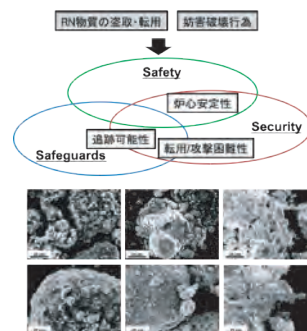
Yoshiaki KIMURA / Assistant Professor

研究概要

安全性や核セキュリティ特性を強化することで社会・環境リスクを低減した革新的原子炉に関する研究に取り組んでいます。悪意ある人為的行為を想定した異常事象に対するリスク評価に基づき固有の安全・核セキュリティ特性の向上方策を検討し、核物質防護や安全保護といった外在的措置を含めた原子炉の最適化設計手法の検討を進めています。さらに、原子力利用に対する社会的信頼の確保と透明性向上を図る研究として、核物質や放射性同位元素（RN 物質）の来歴を特定する「核鑑識」に関する分析手法の高度化や低コストで信頼性の高い分析技術を開発するため、深層学習モデルなどの先進的なアプローチの適用、RN 物質のトレーサビリティ向上に資する概念構築にも取り組んでいます。

Outline of Research

Our research focuses on the innovative nuclear reactors reducing social and environmental risks by enhancing nuclear safety and security (2S) features. We are working to improve intrinsic 2S features based on risk assessment for abnormal incidents assuming malicious human acts, and reactor design optimizations that include external measures such as physical protection and safety protection. As research to ensure public confidence in the nuclear energy and improve its transparency, we are also working on the application of novel approaches such as deep learning, for advanced, low-cost, and more confident analytical techniques for “nuclear forensics” to identify the history of nuclear materials and radioisotopes (RN materials), and the establishment of concepts that contribute to enhancing traceability of the RN materials.



研究の概要と核鑑識のための電子顕微鏡分析の例
Research outline and an example of microscope analysis for nuclear forensics



水系準固体電解質と直接リサイクルが拓く 高安全・循環型蓄電池

High-Safety Circular Batteries Enabled by Aqueous Quasi-Solid Electrolytes and Direct Recycling

特任教授 白鳥 洋介

Yosuke SHIRATORI / Specially Appointed Professor

研究概要

蓄電池の安全性・低コスト化・リサイクル性の向上は、持続可能な社会の実現に向けた重要課題です。私は、活物質の直接回収により実現される循環型電池コンセプトを、水系準固体電解質「3D-SLISE」を基盤として創出し、その社会実装に向けた研究を推進しています。3D-SLISE は、不燃性と高いイオン伝導性を両立し、電解質・電極界面・製造プロセスを統合的に再設計することで、従来の電池システムに新たな設計指針を提示します。現在、私たちは、材料創製からデバイス設計、さらにはリサイクルまでを包含した一貫研究を通じて、安全性と資源循環性に優れた革新的蓄電池の実現を目指しています。

Outline of Research

Enhancing the safety, cost-effectiveness, and recyclability of batteries is a key challenge toward a sustainable society. I developed a circular battery concept enabled by the direct recycling of active materials, built on “3D-SLISE (Three-Dimensional Slime Interface Quasi-Solid Electrolyte),” and am advancing its research toward practical implementation. 3D-SLISE simultaneously achieves non-flammability and high ionic conductivity, offering a new design paradigm for battery systems through the integrated redesign of electrolytes, electrode interfaces, and manufacturing processes. We are now pursuing an integrated research approach spanning materials design, device engineering, and recycling, aiming to realize innovative batteries with enhanced safety and circularity.

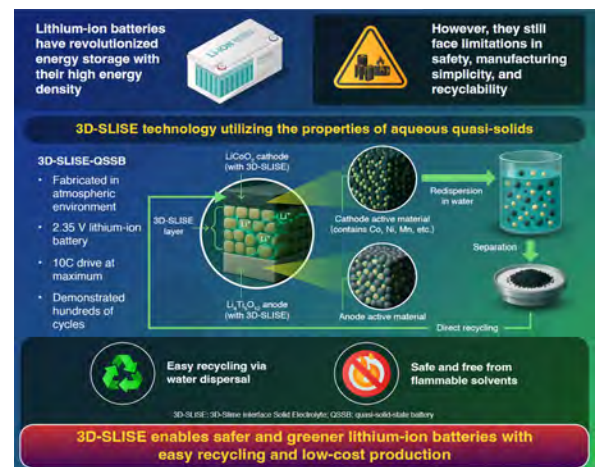


図1 3D-SLISE による循環型リチウムイオン電池のコンセプト図
Fig.1 Concept of 3D-SLISE-enabled circular lithium-ion batteries.



エネルギー社会の未来を予測する ～核燃料サイクル高度化の意義～ Prediction of Future Energy Society ～ Significance of Upgrading of Nuclear Fuel Cycle ～

特任教授 竹下 健二

Kenji TAKESHITA / Specially Appointed Professor

研究概要

核燃料サイクルは、原子炉を中心に、採掘、精錬、濃縮、燃料製造を含む前工程、使用済み燃料の再処理、ガラス固化、最終処分を含む後工程からなる。各工程間の物質収支を明らかにして、適切な条件設定をすることにより核燃料サイクル全体を定量評価することができる。本研究では、核燃料サイクルの動的シミュレーションコードを構築し、MOX 燃料利用、軽水炉マルチサイクル、高速炉サイクルの導入など数々の将来シナリオを解析する。原子力エネルギーの持続的利用を目指し、シナリオ解析の結果からバックエンドプロセスを起点にした核燃料サイクルの高度化について議論する。

Outline of Research

The nuclear fuel cycle consists of the front-end process including mining, refining, enrichment, and fuel production, and the back-end process including spent fuel reprocessing, vitrification, and final disposal, centering on nuclear reactors. By clarifying the material balance between processes and setting appropriate operation conditions of each process, it is possible to quantitatively evaluate the entire nuclear fuel cycle. In this study, we construct a dynamic simulation code for the nuclear fuel cycle and evaluate future scenarios, such as the use of MOX fuel, the introduction of LWR multi-cycle, and the introduction of fast reactor cycle. Aiming at the sustainable use of nuclear energy, we discuss the upgrading of the nuclear fuel cycle based on back-end processes from the results of scenario analysis.

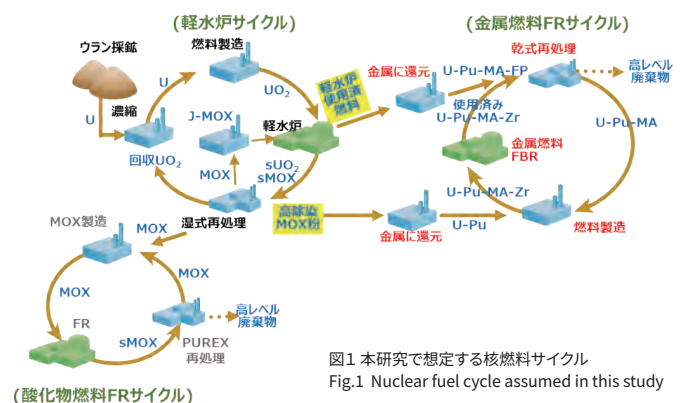


図1 本研究で想定する核燃料サイクル
Fig.1 Nuclear fuel cycle assumed in this study



グローバルに持続可能なエネルギーシステムのあり方に関する分析 Analyses on sustainable global energy systems

特任教授 秋元 圭吾

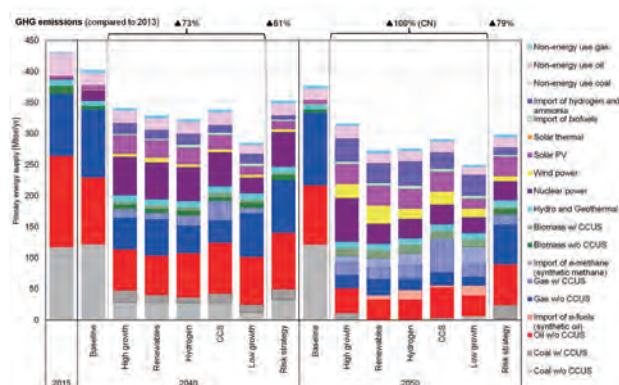
Keigo AKIMOTO / Specially Appointed Professor

研究概要

国連気候変動枠組条約では、気候変動への国際的な枠組みとしてパリ協定に合意し、産業革命以前比で 2°C を十分に下回り、さらに 1.5°C 未満の達成を目指すとしています。また、日本を含む多くの国が 2050 年頃の実質ゼロ排出の実現を目標としています。また、国連では持続可能開発目標としての SDGs も定めています。そして、国内のエネルギー政策では、エネルギー安全保障・安定供給、経済性、環境整合の 3E を目指すとしています。エネルギーは近代社会において、極めて重要な役割を担っていますが、これら多目的なグローバルな課題に対応するため、システム的な思考、システム的な分析を通して、学際的な視点から、将来のエネルギーシステムのあり方を提案していきます。

Outline of Research

The Paris Agreement of UN Framework Convention of Climate Change (UNFCCC) stated the long-term goals of restricting the rise in air temperature to 2 and 1.5 C above preindustrial levels, and my countries including Japan will achieve net-zero emissions by 2050. The UN also has the Sustainable Development Goals (SDGs), and the Government of Japan is planning energy policies meeting the balance of energy security, economy, and environment (3E). Energy is greatly important in our industrial societies, and we are seeking a better energy systems considering such multiple global agenda, through systematic consideration and systems analyses including energy systems and economic models from interdisciplinary viewpoints.



モデルを用いたシナリオ分析例：日本の一次エネルギー供給量
An example of scenario analysis using an energy systems model: primary energy supply in Japan



水素・アンモニア利用分散型エネルギーシステム (マイクログリッド) の設計 Design of a Hydrogen and Ammonia-Based Distributed Energy System (Microgrid)

特任教授 浅野 浩志

Hiroshi ASANO / Specially Appointed Professor

研究概要

産業用の高温プロセスなど再生可能エネルギーによる電化の困難な需要分野の脱炭素に不可欠な水素・アンモニアも利用するスマート工場などのエネルギーシステムを設計する。ハイブリッド蓄電システムを構成する蓄電池システム (BESS: Battery Energy Storage Systems) の出力、水素蓄電システム (HESS: Hydrogen Energy Storage Systems) の出力、系統との電力取引、ボイラーの出力を運用時の決定変数とする。マイクログリッドの需給運用計画と BESS, HESS, 自然変動電源の容量算出とを同時に最適化する手法を開発する。

Outline of Research

We design energy systems for smart factories that also utilize hydrogen and ammonia, which are indispensable for decarbonizing demand sectors that are difficult to electrify with renewable energy alone, such as high-temperature industrial processes. The operational decision variables include the output of the battery energy storage system (BESS: Battery Energy Storage System), the output of the hydrogen energy storage system (HESS: Hydrogen Energy Storage System), electricity trading with the grid, and the boiler output. We develop a method that simultaneously optimizes the supply-demand operation schedule of the microgrid and the capacity sizing of the BESS, HESS, and variable renewable energy sources.

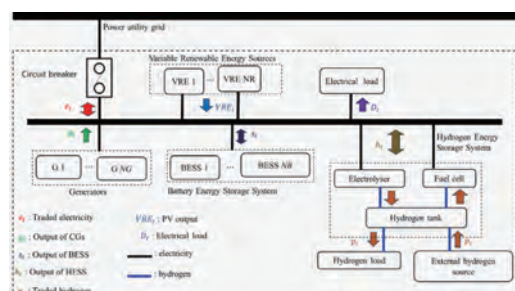


図1 ハイブリッドエネルギー貯蔵設備を有するマイクログリッドモデル
Fig. 1 Microgrid with hybrid energy storage system



熱利用を通じた次世代エネルギーシステムの開発 Development of Next Generation Energy Systems through Thermal Utilization

特任教授 岩城 智香子

Chikako IWAKI / Specially Appointed Professor

研究概要

熱利用技術について、工学的成立性と経済合理性の両立を図り、社会実装を見据えた研究開発に取り組んでいる。蓄熱発電は、余剰電力の活用による変動型再生可能エネルギーの導入促進に加え、これまで大量に未利用のまま廃棄されてきた排熱の有効利用にも貢献する技術である。本研究では、発電と熱利用を組み合わせた多様なエネルギー利用形態を対象とし、地域分散型需要への適用可能性を検討する。先進的な蓄熱材や熱媒体の特性を踏まえ、蓄熱、放熱、発電および熱利用プロセスにおける熱流動挙動を定量的に評価し、熱利用を通じたカーボンニュートラルの実現、地域創生、資源循環型社会の構築に資する分散型エネルギーシステムの設計指針の確立を目指す。

Outline of Research

We are conducting research and development on thermal utilization technologies to achieve engineering feasibility and economic rationality. Thermal energy storage power generation promotes the integration of highly variable renewable energy and enables the effective use of waste heat. In this research, we are examining diverse energy utilization models that combine power generation and thermal utilization, focusing on their applicability to distributed regional demand. Based on the properties of advanced thermal storage materials and heat transfer fluids, we quantitatively evaluate the thermal-fluid behavior in each process. Our goal is to establish design guidelines for distributed energy systems that support carbon neutrality, regional revitalization, and a resource-recycling society.

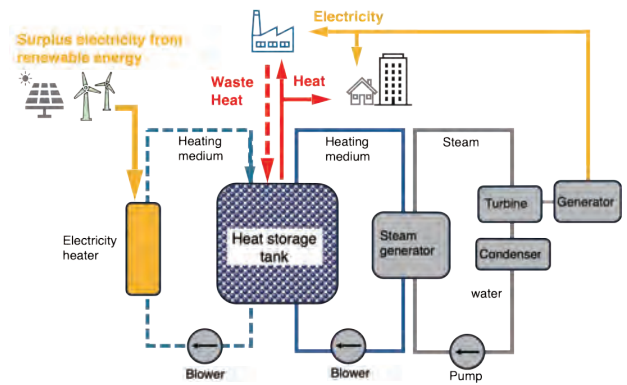


図1 蓄熱発電システム

Fig. 1 Thermal energy storage power generation system



将来目標や計画等策定の「脱炭素地域計画支援システム」の開発 Planning System toward Sustainable Decarbonizing-Cities and Regions

特任教授 藤田 壮

Tsuyoshi FUJITA / Specially Appointed Professor

研究概要

各地域における脱炭素化 (decarbonization) と都市転換 (re-urbanization) を統合的に推進するため、脱炭素化に係る複数の主要な政策分野を横断的に捉え、地方自治体等が地域の脱炭素化に向けた総合的な計画策定等のために活用できる汎用的な「脱炭素地域計画支援システム」を開発する。地域自律エネルギー、次世代交通、建設ストック等の脱炭素化に係る主要な政策分野における先導地域において、地域の大学、自治体、企業等と連携し、それぞれの政策分野における脱炭素化モデルを構築する。また、各政策分野の脱炭素化モデルの統合や市民等を巻き込んだ合意形成システムの開発等に係る研究を行う。

Outline of Research

Regional Planning Guideline systems are developed by analyzing and generalizing demonstrative practices of advanced cities and regions and the systems are implemented and verified through regional collaborative action research process among local governments, key business sectors and other related stakeholders. Based on the investigation of local characteristics, regional energy system, local transportation systems as well as built environment transition systems are interactively designed and shared in the decision making process with quantitative evidences.



図1 脱炭素地域インフラネットワークのイメージ

Fig. 1 Infrastructure Network Image for Decarbonizing Regions



エネルギー安全保障 Energy Security

特任教授 小山 堅

Ken KOYAMA / Specially Appointed Professor

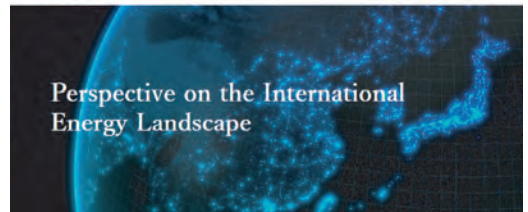


図1 小山 堅、国際エネルギー情勢を見る目、日本エネルギー研究所
Fig.1 Ken Koyama, The Institute of Energy Economics, Japan, Perspective on the International Energy Landscape

研究概要

国際エネルギー問題について、エネルギー安全保障、脱炭素化、エネルギー地政学などの観点から研究を実施。ZC 研においての具体的な研究活動として、2024 年 5 月 GXI セミナーでの講演、2025 年 3 月 GXI シンポジウムでの講演等を実施。

Outline of Research

I conducted research activities focused on global energy challenges from such viewpoints as energy security, decarbonization and geopolitics of energy. The examples of the concrete activities at Zero Carbon Institute, I made presentation/lectures at GXI seminar on May 2024 and GXI Symposium on March 2025.



CCUS / CDR にかかる包括的研究の推進 Comprehensive Research on CCUS/CDR

特任教授 中垣 隆雄

Takao NAKAGAKI / Specially Appointed Professor

研究概要

カーボンニュートラル達成のためには、集中排出源や大気中の CO₂ の直接的な分離回収と利用あるいは固定が不可欠です。分離回収では化学吸収法の性能評価法の標準化、CO₂ 吸収セラミックス、カーボンリサイクルでは鉄鋼スラグあるいは海水中のマグネシウム抽出による炭酸塩化とコンクリート製品への応用、固定では岩石風化促進技術を研究しています。この他、ゼオライトを用いた間接熱交換移動床型の蓄熱輸送技術と、SOFC による電気化学的部分酸化、カーボンリサイクル高炉の一貫製鉄所全体を境界としたプロセスシミュレーションによる研究も実施しています。

Outline of Research

To achieve carbon neutrality, the direct capture, utilization, or sequestration of CO₂ from concentrated emission sources and the atmosphere is essential. In the area of CO₂ capture and sequestration, we are conducting the following researches: the standardization of performance evaluation methods for chemical absorption processes, CO₂-absorbing ceramics, the carbonation of steel slag or magnesium extracted from seawater and its application in concrete products, and enhanced rock weathering. In addition, we are conducting research on indirect heat exchange moving-bed type thermal energy storage and transport system using zeolites, electrochemical partial oxidation using SOFCs, and process simulations encompassing the entire integrated steelworks, including the carbon recycling blast furnace.

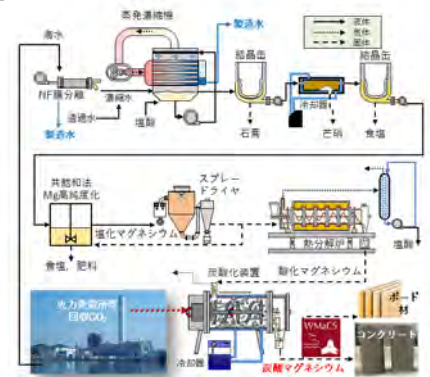


図1 海水を用いた有価物産生カーボンリサイクル技術
Fig.1 Carbon Recycling Technology for the Co-Production of Valuable Byproducts Using Seawater



鉄鋼業のカーボンニュートラル Carbon neutrality in the steel industry

特任教授 村上 英樹

Hideki MURAKAMI / Specially Appointed Professor

研究概要

長年、鉄鋼メーカーにおいて製鉄プロセスの技術開発に携わってきました。

GX 推進において最もインパクトの大きい産業のひとつであり、脱炭素化が困難な「Hard-to-Abate Sectors」と云われる鉄鋼業を中心に、その課題について検討しています。特に鉄鋼製造上流工程（鉄鉱石還元～溶融～精錬～ casting～圧延）におけるプロセスを、エネルギーと CO₂ の観点から最適化を研究します。個別プロセス・設備の高性能化はもちろん、新プロセス創成、製鉄所全体あるいはそれを包含する周辺産業全体の最適化施策についての研究開発を推進しています。

Outline of Research

For 40 years, I have been involved in technological development of the steelmaking process in a steel company. Steelmaking is one of the industries with the greatest impact in promoting GX, which is considered a “Hard-to-Abate Sector” where decarbonization is difficult. I research the optimization of processes in the upstream stages of steel production (iron ore reduction → melting → refining → casting → rolling) from the perspectives of energy and CO₂. In addition to improving the performance of individual processes and equipment, I also promote research and development on creating new processes and optimization measures for the entire steelworks or the surrounding industries that it encompasses.



半導体製造等で発生する排ガスのグリーン化システムの開発 Development of abatement system for semiconductor production exhaust gas

特任教授 森原 淳

Atsushi MORIHARA / Specially Appointed Professor

研究概要

半導体工場では、パーフルオロカーボンや塩素系のガスなどを使用しその多くが未使用な状態で排気されるので無害化や温暖化係数の低減などの処置が必要となります。その処理を、化石燃料の燃焼ではなく、電気のプラズマや洗浄槽（スクラバー）によって分解除去するシステムを開発しています。化石燃料を使用しないことで、地球温暖化の抑制をできることから、世界的にも電気による処理が増えてきています。今後は、化石燃料由来でない水素を活用した更に省エネな方式の開発も推進しています。

Outline of Research

Semiconductor factories use perfluorocarbon and chlorine-based gases, and most of them are exhausted in an unused state. We are developing a system that decomposes and removes it using electric plasma or a scrubber instead of burning fossil fuels.

Since global warming can be suppressed by not using fossil fuels, the use of electricity for processing is increasing worldwide. In the future, we will promote the development of even more energy-saving methods that utilize hydrogen that is not derived from fossil fuels.



図1 プラズマ除害装置
Fig. 1 Plasma abatement system

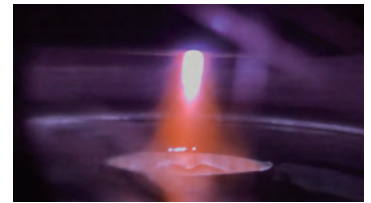


図2 プラズマ火炎
Fig. 2 Fire of plasma



セクター連携による再エネ利用の最大化・最適化 Maximize and optimize the renewable energies through sector coupling

特任教授 小田 拓也

Takuya ODA / Specially Appointed Professor

研究概要

カーボンニュートラルの実現に向けて、エネルギー・システムを俯瞰した全体最適化が求められている。本研究では再生可能エネルギーに起因する電力の供給変動に対応するため、電力などエネルギー転換部門、運輸部門、産業部門など複数のセクターを連携させることによって解決策を見出すセクターカップリングに着目する。特に、電気自動車（EV）の需給調整機能や、水素のエネルギー貯蔵機能に注目する。また電力市場などを含む様々な取引が、システムの効率性や安定性をどのように高めるのか、定量的に評価する。これにより再生可能エネルギーの導入促進と経済合理性の両立を目指し、持続可能なエネルギー社会の構築に資する知見を得る。

Outline of Research

To achieve carbon neutrality, it is necessary to optimize the energy system from a global perspective. This study focuses on the sector-coupling, which links multiple sectors such as energy conversion, transportation, and industry. With this approach, it will find solutions for electricity supply fluctuations caused by renewable energy sources. Particular attention will be paid to the supply-demand adjustment potentials of electric vehicles and the energy storage function of hydrogen. In addition, the impacts of electricity market transactions on the efficiency and stability will be evaluated. Through these efforts, it aims to achieve both the promotion of renewable energy introduction and economic efficiency. And we will contribute to the realization of a sustainable energy society.

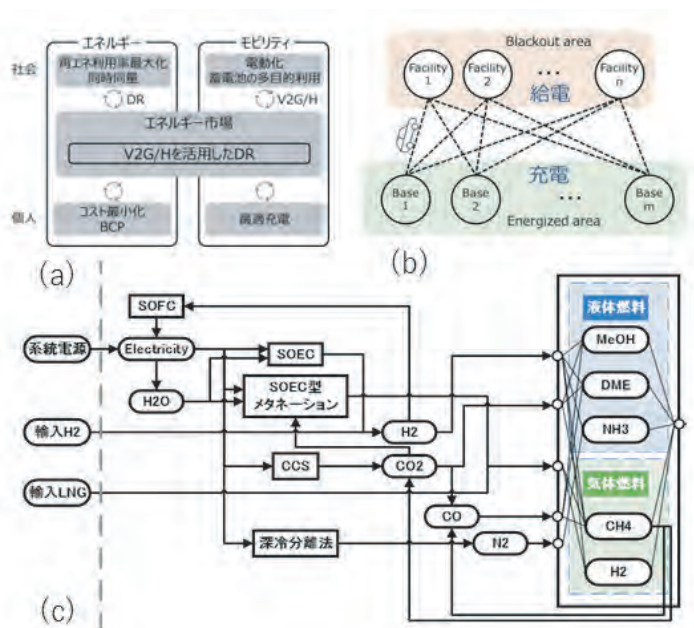


図 研究概要

(a) エネルギーシステムとセクターカップリング (b) EV を用いた停電時の配車給電計画

(c) エネルギー・物質変換の最適化モデル

Fig. Research Outline

(a) Overview of energy system and sector coupling (b) Power Supply Plan by EVs in Power Outages (c) Optimization model for energies and materials conversion



事故の痕跡を読み解き、未来の安全へつなぐ材料科学研究 From Accident Traces to Future Nuclear Safety: Materials Science Research

特任准教授 伊藤 あゆみ

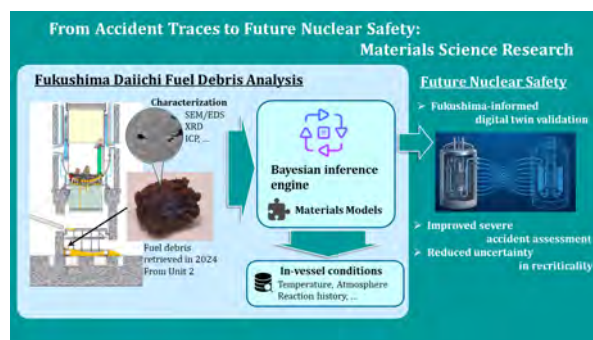
Ayumi ITOH / Specially Appointed Associate Professor

研究概要

福島第一原発の廃炉から次世代炉の安全までを、材料科学でつなぐ研究です。事故の痕跡から得た知見を、将来の原子力システムのより確かな安全性評価へと着実につなげます。福島第一原発から取り出された燃料デブリの分析結果を手がかりに、材料学モデルとベイズ推定を組み合わせ、燃料デブリがどのような温度・雰囲気・反応履歴で生じたのか、事故時の炉内で何が起きていたのかを逆推定します。さらに、次世代原子炉の安全性評価に向け、燃料溶融時における中性子吸収材の高温反応や分配挙動を明らかにし、過酷事故時の再臨界評価の不確かさを減らします。事故後の理解と未来の安全を、材料科学から支えます。解析と実験を往復し、現場に根ざした安全基盤を着実に築きます。

Outline of Research

My research connects the decommissioning of Fukushima Daiichi with the safety of next-generation reactors through materials science. By analyzing fuel debris retrieved from Fukushima Daiichi, I integrate materials modeling and Bayesian inference to reconstruct in-vessel conditions during the accident, including temperature, atmosphere, and reaction history. In parallel, I examine the high-temperature reactions and partitioning behavior of neutron-absorbing materials under fuel-melting conditions, thereby reducing uncertainties in recriticality assessment. Through the integration of experiment and computation, this work deepens understanding of severe accident phenomena and strengthens the scientific basis for both Fukushima Daiichi decommissioning and the advancement of safer nuclear systems.



福島第一原発の燃料デブリ分析から事故時炉内条件を逆推定し、その知見を過酷事故デジタルツインや将来の原子力安全評価へ展開する研究の概念図

Schematic overview of research that reconstructs accident in-vessel conditions from Fukushima Daiichi fuel debris analyses and extends the resulting knowledge to severe accident digital twins and future nuclear safety assessment.



革新的セラミックプロセッシング：核廃棄物固化から次世代材料開発まで

Innovative ceramic processing: From nuclear waste solidification to next-generation material development

特任准教授 グバレビッチ アンナ

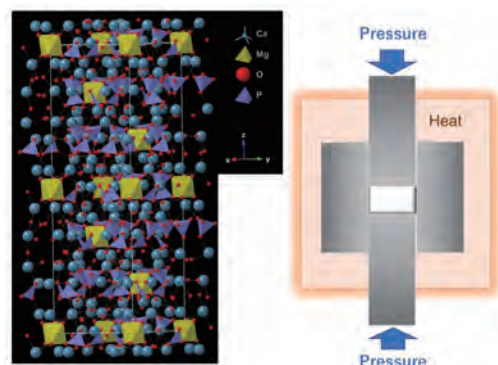
Anna GUBAREVICH / Specially Appointed Associate Professor

研究概要

福島第一原子力発電所の安全な廃炉に不可欠な、多核種除去設備（ALPS）沈殿廃棄物の安定固化に焦点を当て研究を行っています。高い耐放射線性と耐久性で知られるウィットロカイトリン酸塩セラミックスと、低温プロセスであるコールドシンタリングを組み合わせた新しい処理技術を開発しています（図1）。また、環境への影響が少なく、二酸化炭素の排出を最小限に抑えることを重視した、革新的なセラミック加工技術も開拓しています。発熱化学反応や電磁場アシストによって駆動される迅速な非平衡プロセスを利用して、ナノカーボン、MAX 相や高温半導体等の新材料合成と焼結のための次世代手法を研究しています。

Outline of Research

Stable solidification of ALPS sediment wastes is crucial for the safe decommissioning of the Fukushima Daiichi nuclear power plant. We are developing a novel method using whitlockite phosphate ceramics cold sintering (Fig. 1), which provides efficient immobilization of radioactive elements, minimizing environmental risks while reducing energy consumption and processing time. In addition to cold sintering, we are pioneering other innovative ceramic processing techniques with low environmental impact and minimal carbon dioxide emissions. Utilizing rapid non-equilibrium processes driven by highly exothermic chemical reactions and electromagnetic field assistance, we are advancing next-generation methods for the synthesis and sintering of novel materials, such as nanocarbons, MAX phases, and high-temperature semiconductors.



核廃棄物固化概念図
Nuclear waste solidification method



大規模電力貯蔵用蓄電池の研究 Study on rechargeable batteries for large-scale energy storage

教授 荒井 創

Hajime ARAI / Professor



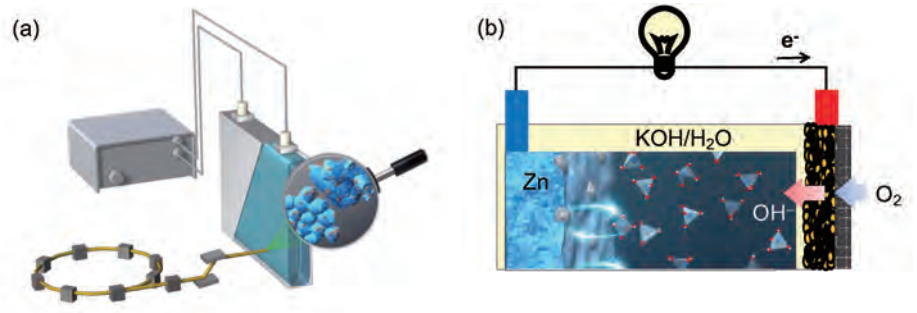
研究概要

世界中で製造されている電動車用リチウムイオン電池を、社会インフラストラクチャーに相当するエネルギー貯蔵システムとして活用可能するために、その寿命診断技術および長寿命運転法の開発を進めている。また、亜鉛空気電池を始めとする、安全・安価で資源豊富な材料で構成される水系電池に注目し、その場解析を適用して特性改善を進めている。

Outline of Research

We develop lifetime diagnosis and life extension management of lithium ion batteries that are produced worldwide for electric vehicle applications and can be utilized as large-scale energy storage systems as social infrastructure.

Furthermore, we focus on safe, low-cost and material-abundant aqueous battery systems such as zinc-air, and improve their performance by using operando analysis.



(a) 電池寿命診断 および (b) 亜鉛空気電池
(a) State of health diagnosis of batteries and (b) Zinc-air batteries



表面処理・元素分析・環境浄化のための大気圧プラズマ工学 Atmospheric plasma engineering for surface treatment, elemental analysis and environmental purification

教授 沖野 晃俊

Akitoshi OKINO / Professor

新しい大気圧プラズマ装置の開発

沖野研究室では、零下から数 1,000℃、100 ミクロンから 1 メートルまでの、様々な放電方式のプラズマ装置を開発し、それらの基礎特性の評価を行っています。

表面処理・元素分析・環境浄化への応用

それぞれの応用に適したプラズマ発生方式、プラズマ生成ガス、プラズマ温度、形状のプラズマ装置を用いて、接着強度向上などの材料表面処理、単一細胞などの元素分析、環境浄化などの応用研究を行っています。

Development of brand new atmospheric plasma sources

In Okino lab., we have developed brand new plasma devices with various discharge methods from below zero to several thousand degrees Celsius, from 100 microns to 1 meter and are evaluating their basic characteristics.

Applications for surface treatment, elemental analysis and environmental purification

Using plasma devices with plasma generation methods, plasma-producing gases, plasma temperatures and plasma shapes suitable for each application, we are conducting applied research on surface treatment to improve adhesion strength, elemental analysis in single cells, environmental purification, etc.

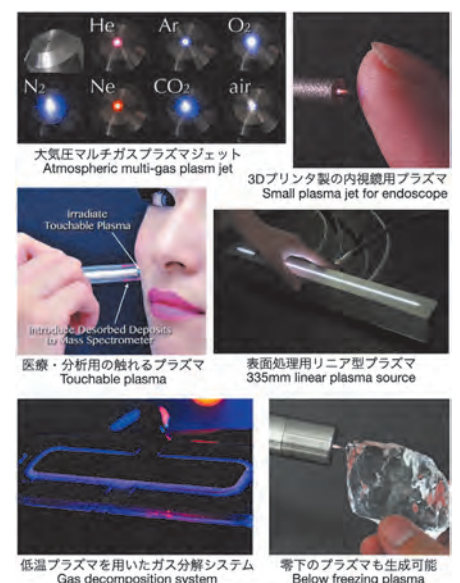


図1 開発した様々な大気圧プラズマ装置
Fig. 1 Various atmospheric plasma sources developed



環境要因を考慮した総合的生産効率性分析の研究 Research on comprehensive productive efficiency analysis considering environmental factors

教授 後藤 美香

Mika GOTO / Professor

研究概要

持続可能な社会に向けて、経済効率性や成長の視点に加え、気候変動対策や環境問題解決の視点が重要になってきています。企業経営においては、ESG 投資に関連する非財務情報の開示が求められるようになってきました。そのような中、経済や社会の生産効率性の評価体系においては、投入要素、生産物から成る産出物最大化や費用最小化に依拠する従来の生産性、生産効率性の体系から、環境要因など新たな要素を取り入れた、総合的・包括的な体系に移行していく必要があります。本研究室では、企業や地域・マクロ経済などを対象に、生産性、生産効率性の評価分析において、自然資源や文化資源、さまざまな環境要因などを取り入れて考察するための手法を、計量経済学や数理モデルの応用により提案するとともに、各種データを用いた実証分析から研究しています。

Outline of Research

Toward a sustainable society, climate change countermeasures and environmental problem-solving perspectives are becoming increasingly important along with economic efficiency and growth perspectives. In corporate management, disclosure of non-financial information related to ESG investment has been encouraged in recent years. Under such circumstances, it is necessary to shift from the conventional productivity and productive efficiency evaluation system, which relies on output maximization and cost minimization consisting of input factors and outputs, to a comprehensive and inclusive system that incorporates new factors such as environmental factors. This laboratory is proposing methods to incorporate natural and cultural resources and various environmental factors in the evaluation and analysis of productivity and productive efficiency for companies, regions, macro-economies, etc., by applying econometrics and mathematical models, and is conducting research through empirical analysis using various types of data.

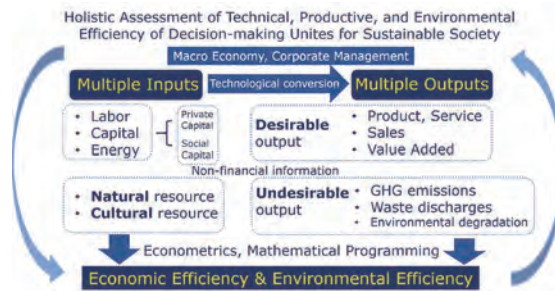
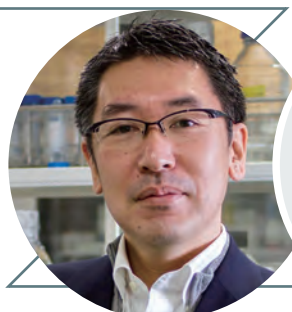


図 1 総合的生産効率性分析の概念

Fig. 1 Concept of Comprehensive Productive Efficiency Analysis



エネルギーと物質代謝からの細胞制御の理解と応用 Understanding and application of the cell system based on energy and biosynthesis

教授 田中 寛

Kan TANAKA / Professor

光合成を基盤とした細胞活動の基本構築

全ての生物は細胞から成り立っており、細胞システムの基本的作動原理の解明は生命科学に共通した目標です。細胞システムの基盤には、光合成や呼吸に代表される生体エネルギーの獲得系があり、それに支えられた生合成により細胞は成長し、さらに細胞は複製されて細胞増殖が起こります。当研究室では、生体エネルギーを基盤としたこれらの緒プロセスがどのように統合され、生きた細胞システムを構築しているかの研究を進めています。さらに、生物の実際の生育環境は常に変化しており、生きた細胞システムがそのような変動にどのように対処しているかについての考察を進めています。光合成微生物における細胞制御・環境応答の包括的理解、そこから藻類バイオマス生産の応用などはその具体的な研究例です。

Basic architect of photosynthetic cells

All living things are made up of cells, and elucidation of the basic operating principle of the cell system is a common goal in life science. At the foundation of the cell system is a bioenergy acquisition system represented by photosynthesis and respiration, and cells grow by biosynthesis supported by it, and cells are further replicated to cause cell proliferation. In our laboratory, we are conducting research on how these bioenergy-based processes are integrated to build a living cell system. In addition, the actual habitat of living organisms is constantly changing, and we are considering how living cellular systems cope with such fluctuations. Comprehensive understanding of cell control and environmental response in photosynthetic microorganisms and application for algal biomass production are specific research examples.

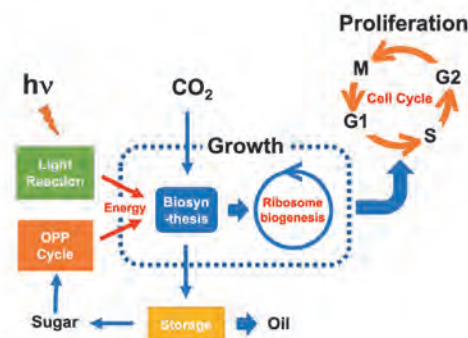


図 1 光合成細胞の基本構築

Fig. 1 Basic architect of photosynthetic cells



低温アンモニア合成 Low temperature ammonia synthesis

教授 原 亨和

Michikazu HARA / Professor

低温アンモニア合成

150℃以下でNH₃平衡収率(数MPaの加圧で80%以上のNH₃収率:図1)を達成する新しい鉄系触媒 Haber-Bosch 法プロセスを開発し、CO₂フリーエネルギーによるNH₃製造を社会実装することによってCO₂総排出量を2~3%以上削減する。

NH₃製造を一手に担うHaber-Bosch (HB)法は、NH₃収率の向上を100年来の課題としている。このプロセスで使われてきた鉄系触媒の稼働温度は400℃以上の高温であるため、当該触媒でNH₃収率を高めるには反応系を加圧しなければならない。従って、既存鉄系触媒を使用する限り、高温・高圧の維持に大きなエネルギーを投入したとしても、NH₃収率は30~40%に過ぎない(図1)。例えば、HB法で既存鉄系触媒を450℃、5MPaで稼働した場合、最大NH₃収率は17%であり、0.86MPa相当のNH₃しか得られない。しかし、100℃で平衡収率(1MPaで93%)を達成する触媒があれば、1MPaの加圧で0.94MPaのNH₃が得られる(図1)。即ち、450℃、5MPaでの稼働に投入したエネルギーを70~80%削減しても、同等量以上のNH₃を製造できる。これは150℃以下でNH₃平衡収率を達成できる触媒がHB法の効率を飛躍的に高めることを意味する。しかし、従来のHB法では150℃以下で作動する触媒すら存在しない。

このような背景の中、当グループは:150℃以下でNH₃平衡収率を達成する新しい鉄系触媒 Haber-Bosch 法プロセスを開発する。

Low temperature ammonia synthesis

Conventional ammonia production based on the Haber-Bosch (HB) process using hydrogen derived from natural gas and coal is currently required to reduce the large global CO₂ emissions. Any catalyst that can allow the operating temperature to be decreased below 100–150℃ would reduce the energy consumed for the HB process by 70 to 80%. While we have also discovered a unique Ru-based heterogeneous catalyst to synthesize ammonia from H₂ and N₂, even below 100℃, we have again focused on iron used as the reaction sites since the beginning of the HB process. Iron has been regarded as a classical transition metal that is inferior to other transition metals for ammonia synthesis. However, iron is suitable for low temperature ammonia synthesis. The use of ubiquitous, abundant, and inexpensive iron is also a significant advantage with respect to the environment and economy.

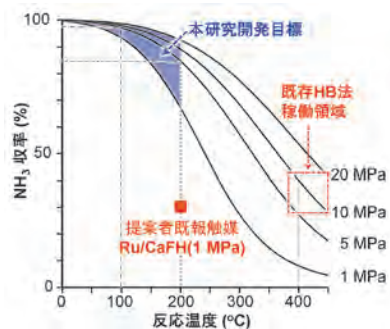


図1 HB法の反応温度とNH₃収率の関係

Fig. 1 Correlation of ammonia yield with temperature



水素貯蔵複合圧力容器の損傷監視システムと健全性保証法の開発

Development of Damage Monitoring System and Integrity Assurance Method for Hydrogen Storage Composite Pressure Vessels

教授 水谷 義弘

Yoshihiro MIZUTANI / Professor



研究概要

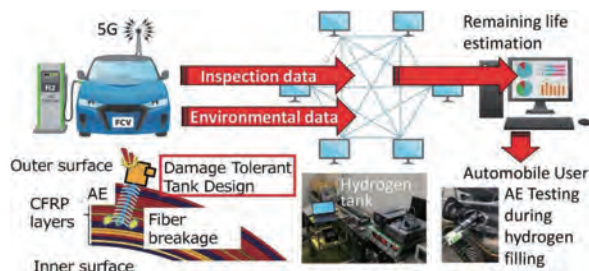
水素貯蔵複合圧力容器の損傷監視システム: 燃料電池自動車の普及を促進するために、水素貯蔵複合圧力容器の損傷監視システムの研究をしています。燃料電池自動車と水素ステーション向けの水素貯蔵容器の低価格化と、容器を寿命ぎりぎりまで使い切ることを可能とする技術です。

複合圧力容器の破損確率モデルの構築: 複合圧力容器の積層構成、寸法、炭素繊維強度のばらつき、充填履歴等から容器の破損確率を計算するモデルを開発しています。このモデルが開発できると、使用環境に応じて容器の安全率を適切に設定できるようになります。

Outline of Research

Damage Monitoring for Composite Hydrogen Pressure Vessels: To promote fuel cell vehicle adoption, we are developing a damage monitoring system for composite hydrogen vessels. This innovative technology substantially reduces vessel costs for fuel cell vehicles and hydrogen stations. Real-time monitoring allows precise damage assessment, enabling safe use of vessels until the end of their actual lifespan.

Probabilistic Failure Modeling for Composite Vessels: We are developing a probabilistic model to predict rupture probabilities of composite vessels. This model considers stacking sequences, vessel dimensions, carbon fiber strength variability, and pressure history. Applying this model allows setting appropriate safety factors tailored to vessel operating conditions, optimizing safety and cost efficiency.



損傷監視システムを用いた燃料電池自動車用水素貯蔵容器の健全性保証システム
Integrity Assurance System for Hydrogen Storage Containers for Fuel Cell Vehicles Using Damage Monitoring System



熱デバイス、熱物性計測、熱解析・シミュレーション Thermal device, Instrumentation of thermophysical properties, Thermal analysis & simulation

教授 森川 淳子

Junko MORIKAWA / Professor

研究概要

熱に関する計測・解析技術は、環境や新エネルギー開発の観点から、幅広い分野で重要性を増しています。なかでも、熱に関する機能をもつ物質・プロセスの開発は、加速するデジタルトランスフォーメーション社会を担うエネルギー有効利用を支える基盤技術として、さらなる飛躍を求められています。私たちの研究グループでは、熱物理現象のサイエンス (Thermal Science) の探究を、最新の熱デバイス・計測技術を駆使した熱設計インフォマティクスとの融合を含めて加速することで、次世代社会の構築に向けた、環境や新エネルギー開発の課題に、幅広い視点で挑戦しています。

新エネルギーシステムのミクロ伝熱や放熱・断熱・蓄熱・輻射などの熱物性に注目して、精密測定法や材料設計を行い、最新のグリーン・イノベーションへの応用を目指します。

開発した新規な熱解析技術は、測定法として国際標準として産業技術の基盤にも貢献しています。

Outline of Research

Thermal technology has become increasingly important in a wide range of fields from the perspective of the environment and new energy development. In particular, the development of materials and processes with thermal functions is required to make further progress as a fundamental technology to support the effective use of energy in an accelerating digital transformation society. Our research group accelerates the exploration of the science of thermophysical phenomena (Thermal Science), including the fusion of thermal design informatics with the latest thermal device and measurement technologies, to meet the challenges of environmental and new energy development from a broad perspective for the construction of a next-generation society. The aim of this project is to develop new thermophysical properties such as heat transfer, heat dissipation, thermal insulation, heat storage and radiation in new energy systems, and to apply them to the latest green innovations by using precision measurement methods and material design. The new thermal analysis techniques we have developed are contributing to the foundation of industrial technology as international standards for measurement methods.

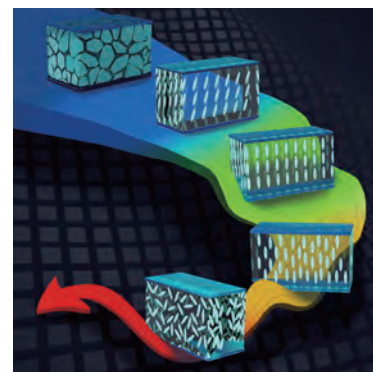


図1 分子配向制御と熱伝導制御 (ACS より許可を得て掲載)

Fig.1 Heat transfer controlled by using the anisotropic molecular orientation (Reproduced with permission from ACS)



エネルギー材料およびデバイスの設計・開発 Design and development of energy materials and devices

教授 山口 猛央

Takeo YAMAGUCHI / Professor

燃料電池および水電解に関する材料およびシステムの設計・開発

地球環境化問題、エネルギー・資源枯渇問題など地球規模の問題の解決には、新しい材料およびデバイスの開発が必要不可欠です。水電解および燃料電池などのエネルギー材料・デバイスを開発しています。電解質膜および電気化学触媒、さらにそれらを繋げた膜電極接合体として、分子から地球までを繋げて考え、実験と計算の両方を駆使して、最適な材料およびデバイスを設計・開発します。

Design and development of fuel cell and water electrolysis materials and systems

The renewable energy can be converted into hydrogen or hydrogen carriers by water electrolysis, and stored and transported, and used as electricity by fuel cells or hydrogen turbines at the required time and place. Water electrolysis using anion exchange membranes can efficiently produce hydrogen without using precious metals, and development of highly durable anion exchange membranes are key to achieve the technology. For polymer electrolyte fuel cells, high temperature and low humidity operation is required, and the electrolyte membrane development is important. We are developing those new membranes, electrocatalysts, membrane-electrode assemblies, and the design strategies.

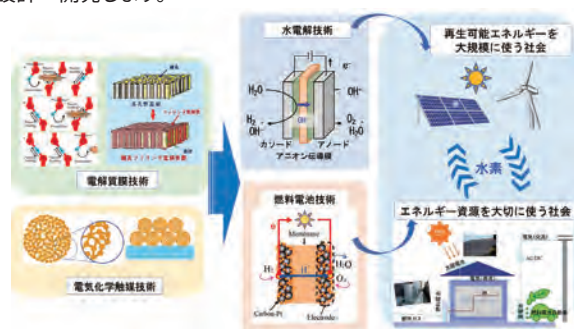


図1 分子レベルから電解質膜および電気化学触媒、膜電極接合体、デバイス、さらに、持続発展可能社会へつなぐエネルギー材料・デバイス技術

Fig.1 Energy material and device technologies that connect from molecular level to electrolyte membranes and electrocatalysts, membrane electrode assemblies, devices, and a sustainable society



次世代カーボンニュートラルサイクルの確立を目指して Challenges to the next generation carbon neutral cycle

准教授 原田 琢也

Takuya HARADA / Associate Professor

高効率 CO₂ 分離回収法

低コストで高効率の CO₂ 分離回収法の確立は、持続可能なゼロカーボン社会の実現に必要な不可欠です。本研究室では、コアシェル型ナノ粒子クラスターや熔融イオン液体などの新しい機能性材料を用いた、革新的な CO₂ 分離プロセスの技術追求を行っています。

低エネルギー電気化学的 CO₂ 変換

CO₂ をカーボン資源として再利用することは、次世代の安定な低炭素エネルギーシステムの実現に不可欠です。本研究室では、CO₂ を再生可能エネルギー、そして原子力エネルギーを使って有益な化学物質へ変換する、新たな低エネルギー電気化学的 CO₂ 変換法について研究しています。

Advanced CO₂ capture process

The establishment of high efficiency CO₂ capture system is a crucial challenge toward the future sustainable zero-carbon society. We explore the advanced low-cost CO₂ capture processes based on the new class of functional materials, such as the core-shell type nanoparticle clusters and molten ionic oxides.

Low energy cost electrochemical CO₂ conversion

The utilization of CO₂ as a new carbon source plays an important role in the future low-carbon energy systems. We perform the researches on the advanced low-energy electrochemical CO₂ conversion processes to produce useful chemical materials by the sustainable and atomic energies.

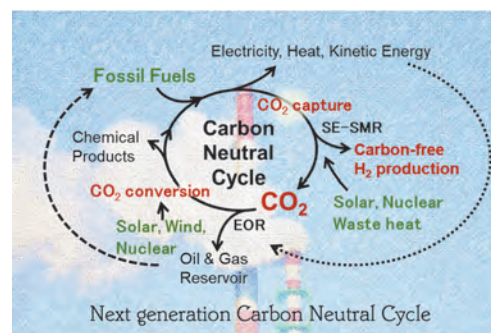


図1 次世代カーボンニュートラルサイクルの概念図

Fig. 1 Schematic illustration of next generation carbon neutral cycle



新しい熱発電技術でエネルギー問題を解決する： 半導体増感型熱利用発電

New Thermal Energy Conversion Technology: Semiconductor-Sensitized Thermal Cell

准教授 松下 祥子

Sachiko MATSUSHITA / Associate Professor

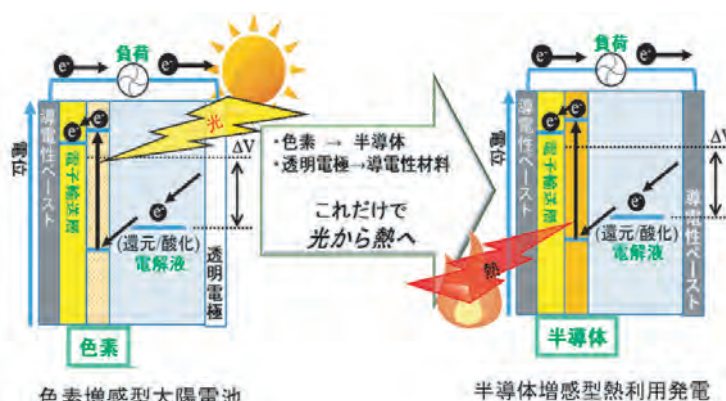


研究概要

半導体増感型熱利用発電 (semiconductor-sensitized thermal cell, STC) は、半導体内の熱励起電荷により電解質イオンの酸化還元反応を行い電力を得る、新しい熱エネルギー変換技術です。設置温度で化学平衡に到達すると放電が終了しますが、スイッチを切り、別の平衡へ移行することで、再度放電が可能となります (公開総説: Chem. Commun. 2025, 61, 5556.)。我々はこの STC の学理構築を通じ、ゼロカーボンエネルギー社会の実現に貢献していきます。

Outline of Research

A semiconductor-sensitized thermal cell (STC) is a new thermal energy conversion technology that uses thermally excited charges in a semiconductor to generate electricity through a redox reaction of electrolyte ions. The discharge is terminated when chemical equilibrium is reached at the installation temperature, but can be switched off to another equilibrium to discharge again (published review: Chem. Commun. 2025, 61, 5556.) We will contribute to the realization of a zero-carbon energy society through the establishment of this STC theory.



STC 模式図
STC's schematic image.

アクセス / Access



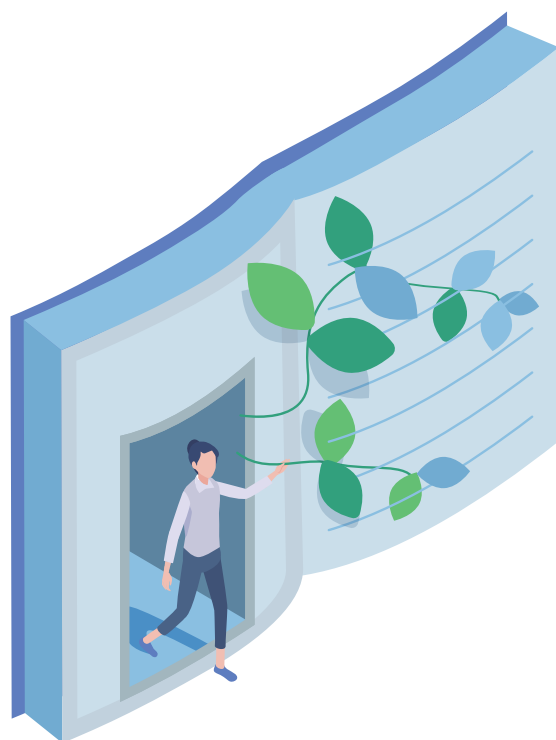
大岡山キャンパス Ookayama Campus

東急大井町線・目黒線
(大岡山駅下車 徒歩 1分)
The Main Gate is a 1-minute walk from Ookayama Station on the Tokyu Oimachi and Tokyu Meguro Lines.

東急大井町線
(緑が丘駅下車徒歩1分)
The Midorigaoka Gate is a 1-minute walk from Midorigaoka Station on the Tokyu Oimachi Line.

ゼロカーボンエネルギー研究所 Laboratory for Zero-Carbon Energy





国立大学法人東京科学大学
総合研究院
ゼロカーボンエネルギー研究所

〒152-8550
東京都目黒区大岡山 2-12-1 N1-16
TEL:03-5734-3052 FAX:03-5734-3749

Laboratory for Zero-Carbon Energy (ZC)
Institute of Integrated Research
Institute of Science Tokyo

N1-16,2-12-1,Ookayama,Meguro-ku
Tokyo 152-8550 JAPAN
TEL:+81-3-5734-3052 FAX:+81-3-5734-3749

URL <https://www.zc.iir.isct.ac.jp>