

# Advanced Science Research Center

## 先端基礎研究センター

---

国立研究開発法人  
日本原子力研究開発機構  
Japan Atomic Energy Agency



## 私たちが目指していること

### Our Objectives

原子力科学の  
未踏領域の開拓

Explore Frontiers of  
Nuclear Science

物質の新原理・  
新現象の発見

Discover New Principles and  
Phenomena of Matter

新物質・新材料の  
創製・開発

Invent and Develop  
New Materials

革新的技術の  
創出

Create Innovative  
Technologies

## 真理とは役に立つものである

### Truth is Something Useful

国立研究開発法人「日本原子力研究開発機構」(JAEA)は、我が国で唯一の原子力に関する総合的研究開発機関であり、日本原子力研究所と核燃料サイクル機構の統合により2005年に発足しました。

「先端基礎研究センター」は、原子力研究開発の課題に対して原理、現象の根源に立ち返ってこれを解決するとともに、一般の基礎科学との協調により、原子力の発展のみならず他の分野の開発をも先導する研究の発展を図ることを目的として、1993年に日本原子力研究所内に設立されました。その後JAEAの発足や量子科学技術研究開発機構の分離独立などの組織改編がありました。30年近い月日を経た今も、本センターの設立理念は変わっていないと考えています。

標題の「真理とは役に立つものである」とは、日本のコンピュータサイエンスの草分けである高橋秀俊先生が残された言葉です。統計物理学の泰斗である久保亮五先生は、この言葉の対偶を取って「役に立たないものは真理ではない」と言い、「基礎的研究ほど実用的なものはない」と喝破しています。基礎研究とは、より根源的な原理を探ろうとすることです。実用に至るまでに時間はかかるかもしれませんが、赤い花にも白い花にも青い花にもなり得る、その根本となる芽を見出すことです。19世紀にファラデーが、電磁誘導の法則の発見に対してそれが何に役立つのかと聞かれたときに、生まれたての赤ん坊がどんな役に立つのでしょうかと答えたことは、基礎研究の立ち位置をよく表しています。JAEAには、本センターが生み出した赤ん坊を、社会に役立つ立派な大人に育てていく環境があります。

本センターでは、必ずしも従来の原子力技術にとらわれず、原子力科学の未踏領域を開拓することで、さまざまな原子や原子核が有するポテンシャルを最大限に引き出し、活用する根本原理を追究していきます。それこそが、JAEAのビジョン「『ニュークリア×リニューアブル』で拓く新しい未来」につながると考えています。

皆様のご支援、ご鞭撻を賜りますよう、お願い申し上げます。

日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター長  
Director General, Advanced Science Research Center, Japan Atomic Energy Agency

高梨弘毅 | Koki TAKANASHI

The Japan Atomic Energy Agency (JAEA) is the unique, integrated organization for nuclear energy research and development in Japan. It was established in 2005 by merging the Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI) and the Japan Nuclear Cycle Development Institute (JNC).

The Advanced Science Research Center (ASRC) was established within the JAERI in 1993 with the aims of solving the problems of nuclear research and development by going back to the origins of principles and phenomena and advancing research that leads the development of not only nuclear energy but also other fields, through collaboration with the basic sciences. I believe that the ASRC's founding principles have not changed over the past 30 years, despite reorganization, such as the establishment of the JAEA and the separation to the National Institutes for Quantum Science and Technology (QST).

"Truth is something useful" is a quote by Prof. Hidetoshi Takahashi, a pioneer in computer science in Japan. Taking the contraposition of this quote, Prof. Ryogo Kubo, a leading authority on statistical physics, said "What is not useful is not truth," and he declared that there was nothing more useful than fundamental research, which is an attempt to explore more basic principles. In other words, its goal is to discover the origin of root buds that can grow into red, white, blue, or any colored flowers though it may take some time before being of practical use. In the 19th century, when Michael Faraday was asked what use the discovery of the laws of electromagnetic induction would be, he posed a question in response: "What good is a newborn baby?" His reply gives a good indication of the position of fundamental research. I think the JAEA has an excellent environment where newborn babies at the ASRC can grow into adults who benefit the society.

The ASRC will pursue the fundamental principles to make maximum use of the potential of different atoms and nuclei by studying unexplored fields beyond the conventional atomic and nuclear sciences. We believe that we will lead the way to JAEA's vision of "Exploration of a New Future with the Synergy of Nuclear and Renewables."

We ask for your continued support and encouragement.

# 先端基礎研究センターの組織図

Organization Chart of Advanced Science Research Center



\* 'Dawn' in Japanese

# 原子力科学の 未踏領域をめざして

## Exploring the Frontiers of Nuclear Science

量子コンピューター  
Quantum computer

スピン三重項  
Spin-triplet

超伝導  
Superconductivity

リニアモーターカー  
Maglev train

水素  
エネルギー  
Hydrogen  
energy

表面・界面  
Surface / Interface

2次元物質  
2D materials

先端電子デバイス  
Advanced  
electronic devices

使用済核燃料の崩壊熱を  
活用した創エネルギー材料  
Energy harvesting from waste  
heat of spent nuclear fuels

自立型センサー  
Free-standing  
sensor

磁気回転効果測定装置  
Gyromagnetic effect  
measurement system

スピン-エネルギー科学  
Spin-energy Science

## エネルギーの未来を「スピン」でつくる Creating the Future of Energy with "Spin"

世界最小の回転、電子や原子核のスピンから  
エネルギーを取り出す技術を追求め、  
次世代産業の「種」を生む

Pursue technology to harvest energies with the world's  
smallest rotation, the spin of electrons and nuclei,  
and create the "seeds" of next-generation industries

スピン基礎物性の開拓  
Exploration of  
fundamental spin physics

省エネルギー磁気メモリ  
Energy-saving magnetic memory

核スピンジャイロ  
Nuclear spin gyro

長寿命・高出力バッテリー  
Long-life, high-output battery

## 原子力 先端 材料科学

Advanced Nuclear  
Materials Science

耐環境性機能材料科学  
Sustainable Functional Materials Science

## 様々な環境に耐えて 機能する新材料を創る

Creating New Materials that Can Withstand and  
Function in Various Environments

高温、放射線照射などの過酷な環境下で  
高い機能を維持する材料、逆にその環境を  
活用して機能を発揮する材料の開発を目指す  
Developing materials that maintain  
high functionality in severe environments such as  
high temperature and radiation exposure,  
and conversely, materials that take advantage of  
such an environment to perform their functions

環境保全  
Environmental preservation

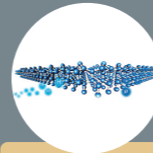
表面界面科学  
Surface and Interface Science

## 材料の「表面」を制し、 新たな機能を引き出す

Controlling the "Surface" of  
Materials to Develop Novel Functionalities

材料の特性を左右する表面・界面の現象を詳細に  
理解することで、社会に役立つ機能を開拓する

Exploring novel functionalities that are useful  
for society by understanding in detail  
the surface and interface phenomena of materials



水素ダイナミクス  
Hydrogen dynamics

## 物質の 新原理を 発見し、 技術を 革新する

Discovering Matter's  
Principles and  
Revolutionizing  
Technology

「原子力科学」とは、物質やその構成単位である原子および原子核から、エネルギーを生み出す可能性を探る研究分野です。

私たちは、周期表上の原子や、まだこの世に存在しない原子を対象に、その成り立ちや構造、あらゆる環境下でのふるまいを理解しようとしています。新たな「物質」、「原子」そして「原子核」をエネルギー源として安全に活用するためには、その性質を深く理解することが不可欠だからです。私たちは世界でも有数の原子力研究機関であるJAEAの実験環境と多様な分野の知見を活かし、まだ誰も見出していない新しい原理を追求していきます。

Nuclear science explores the potential of producing energy from matter, its elemental unit the atom, and the atomic nucleus. We try to understand both atoms on the periodic table and those that do not yet exist: their origins, structures, and behaviors in all kinds of environments. A deep understanding of the properties of new substances, atoms, and atomic nuclei is essential for safely utilizing them as energy sources. We're pursuing undiscovered principles by taking advantage of the experiment infrastructure at the JAEA, one of the leading nuclear science research institutes in the world, and our knowledge in diverse research fields.

## 原子力 先端 核科学

Advanced Actinides  
Nuclear Science

強相関アクチノイド科学  
Strongly Correlated Actinide Science

## 核分裂だけじゃない、 ウランと超ウランのユニークな科学

Unique Uranium and Transuranium Science, not just Nuclear Fission

重元素であるアクチノイドの化合物にしか現れない、  
新しい磁性や超伝導現象を発見し、そのメカニズムを解明する  
Discover new magnetic and superconducting phenomena  
that appear only in actinide compounds, including heavy elements,  
and elucidate their mechanisms

ハドロン原子核物理  
Hadron Nuclear Physics

## 物質の根源である原子核が なぜ存在するのか

Why Can the Nuclei, the Origin of the Matter, Exist?

原子核を形作る「核力」を  
素粒子「クォーク」によって解き明かす

Elucidate "the nuclear force" that forms  
the nuclei with the elementary particles "quarks"

純良単結晶  
High-quality  
single crystal

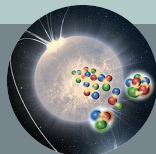


トポロジカル物性  
Topological physical properties

物性科学に基づく  
新原理・新物質の発見  
Discovery of new principles  
and new materials  
based on condensed matter science

原子核のデザインにより  
原子力の新たな知見を得る  
Atomic nucleus design  
for obtaining new knowledge  
of nuclear power

宇宙で最高の密度を持つ「中性子星物質」  
を人工的に創る  
Artificially create  
"neutron star matter,"  
which has the highest  
density in the universe



元素の起源  
Origin of elements

超重原子核の殻構造  
Shell structure of  
superheavy nuclei

極限重元素核科学  
Exotic Heavy-Element Nuclear Science

## 未知の元素と 原子核を開拓する

Quest for Unknown Elements and Atomic Nuclei

超重元素の化学的なふるまいと  
原子核の未知の性質を探求する

Exploring the chemical behaviour of superheavy  
elements and unknown properties of nuclei



タンDEM加速器  
施設の活用  
Utilization of  
the tandem accelerator

安定の島の発見  
Discovery of islands of stability

原子の相対論的効果  
Relativistic effects in atoms

大規模数値  
シミュレーション  
Large-scale  
numerical simulation



先端理論物理  
Advanced Theoretical Physics

## 分野を貫く 普遍的な物理法則を 見つけ出す

Discover Interdisciplinary  
Universal Laws of Physics

先端研で進められている  
多様な研究に共通の物理法則を見出し、  
基礎物理学の進展と  
実験研究への還元を目指す

Exploring fundamental physics  
and stimulating experimental research,  
by discovering the laws of physics  
that are common in the diverse research  
conducted at ASRC

サブアトムク  
量子多体系を扱う理論  
Theory dealing  
with subatomic quantum  
many-body systems

量子多体系の基礎と普遍性の追求  
Fundamentals and universality of  
quantum many-body systems

新たな  
エネルギー活用を  
可能にする  
基礎と応用の理論研究  
Basic and applied theoretical  
research that enables  
new energy utilization

耐照射性、耐熱性、耐腐食性機能材料  
Irradiation resistance, heat resistance,  
corrosion resistance functional materials

耐放射線センサー  
Radiation resistant sensor

高効率蓄熱 /  
高性能触媒 高性能磁石  
高耐熱・高強度・耐食合金

Highly efficient heat storage /  
High-performance catalyst /  
High-performance magnet /  
High-heat-resistance, high-strength,  
corrosion-resistant alloy

## 極限重元素核科学研究グループ

Research Group for Exotic Heavy-Element Nuclear Science

# 極限にある 原子核と元素のふるまい

Behavior of Elements and Nuclei  
at the Limits of Existence

最も重い元素は何か、これら元素は化学的にどう振るまうか。私たちは、これら人類共通の興味を理解することを究極の目的とした研究を進めます。原子核の安定性は、これを構成する陽子や中性子の数と関係し、閉殻になると安定する傾向を持ちます。超重元素とよばれる領域(■)にも閉殻となる原子核が存在すると考えられ、「安定の島」と呼ばれています。このため、元素の存在限界が広げられ、かつ多くの原子核が存在できるはずですが、未到達のまま残っています。

私たちは重い原子核どうしの衝突で起こる多核子移行反応により、図に示すように「安定の島」に向かい、中性子数の多いアクチノイド・超重元素同位体の生成を目指します。等高線の計算のように、未開拓の原子核を生成できることがわかります。

生成された原子核を図に示す装置を用いて分離します。着目する領域の原子核は、自発核分裂で崩壊する核種が数多くあり、ユニークな核分裂様式の発見が期待されます。また、寿命も数時間と長いものが存在すると考えられます。これは、元素の化学的性質を調べる様々な実験手法の適用を可能にするもので、電子の相対論効果を明らかにして超重元素の周期表の構築を目指します。

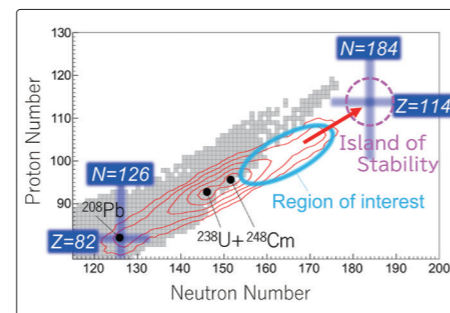
Our group shares the common research interest of finding the limit of existence of the heaviest elements and their chemical properties. Toward this goal, we pursue research programs dedicated to the study of heavy and superheavy elements.

The production of elements in the region of superheavy nuclei is regulated by a region of closed-shell nuclei, called the "Island of Stability (IoS)," which remains unexplored.

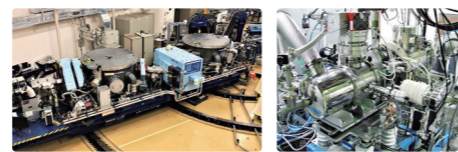
We aim to study neutron-rich actinides and superheavy nuclei using multinucleon transfer (MNT) reaction, a process by which several neutrons and protons are exchanged between colliding nuclei. In the example calculations shown in the Figure, many neutron-rich nuclei towards the IoS are produced by MNT. As a foundation, we study the mechanism of MNT reactions, which are essential to establish the optimal conditions to produce these nuclei. We use dedicated apparatus (see Figure) to separate the desired product nuclei from the primary beams and other reaction products. Many of the produced nuclei decay by spontaneous fission, which may result in the discovery of a new type of fission. As many isotopes have a long half-life (~approximately several hours), we can conduct many types of chemistry studies to elucidate relativistic atomic effects, which are important to extend the periodic table to the heaviest elements.



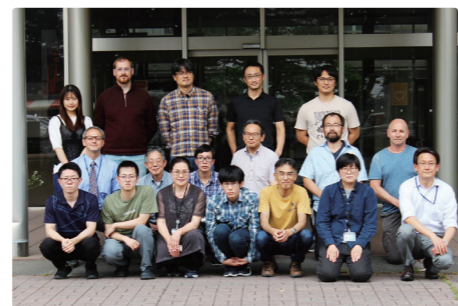
西尾勝久  
Katsuhisa NISHIO



重元素および超重元素領域の核図表。安定の島の位置が示されています。等高線は、 $^{238}\text{U}+^{248}\text{Cm}$  の多核子移動反応で生成された原子核の収量の計算値です。Nuclei in the heavy- and superheavy-element region. The location of the Island of Stability is shown. The contour plot shows the calculated yields of nuclei produced in the  $^{238}\text{U}+^{248}\text{Cm}$  multi-nucleon transfer reaction.



東海タンデム加速器施設に設置されている(左)反跳生成核分離装置と(右)オンライン同位体分離装置 (ISOL) (Left) Recoil Mass Separator and (Right) Isotope Separator On-Line (ISOL) at the JAEA tandem accelerator facility



## ハドロン原子核物理研究グループ

Research Group for Hadron Nuclear Physics

# 多彩なフレーバーを含む ハドロンと原子核の研究

Study of Hadrons and Nuclei with Various  
Flavors and Densities

大強度陽子加速器 J-PARC において、地球上に存在しない重いクォークを持つ粒子と原子核に関する研究を推進しています。J-PARC において世界最高強度の  $\pi$ 、K 中間子や陽子ビームを用いて、ストレンジクォークやチャームクォークを含む未知のハドロン(強い相互作用をする粒子)や原子核を探索してその構造や相互作用を調べ、クォーク-ハドロン-原子核の階層構造を明らかにしようとしています。そのため、特に大強度ビームに対応した粒子検出器の開発によって、6個のクォークを持つ新しい粒子「Hダイバリオン」の探索、3つのクォークを持つ重粒子(バリオン)の励起状態の研究、ストレンジクォークを2個持つ重粒子( $\Xi$ )や、K中間子を軌道にもつ原子の研究、さらには、陽子-原子核衝突によって  $\phi$ 中間子の原子核密度における質量変化の研究を行っています。また J-PARC の将来計画 (J-PARC-HI) として、重イオン入射器の導入によって重イオンビームを加速し、中性子星中心部に存在する原子核の5-10倍の宇宙最高密度の物質を生成して、その相転移現象や、ストレンジクォークを多数含む新たな粒子や原子核の生成の研究を目指しています。

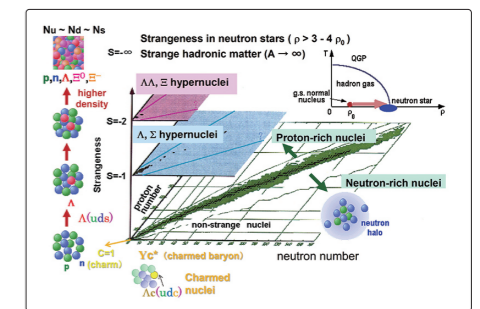
Our main research is to study particles and nuclei that have heavy quarks that do not exist on the Earth at the high-intensity proton beam facility J-PARC. We will study new hadrons and nuclei with strange and charm quarks to elucidate the hierarchical structures of quarks, hadrons, and nuclei, by using one of the most intense hadron beams in the world, such as the  $\pi$  and K mesons, and protons. In particular, by developing particle detectors for high-rate beams, we aim to discover a new six-quark-state particle "H-dibaryon," to study the excited states of three-quark particles (baryons), to study the structure of atoms with a baryon with two strange quarks ( $\Xi$ ) or a K meson in the orbit, and to study  $\phi$  meson mass modification in the nuclear density in proton-nucleus collisions. We are planning a project to accelerate heavy-ion beams (J-PARC-HI) that aims at creating the densest matter in the universe, which is 5-10 times as high as the nuclear density, existing in neutron stars, so that we can study the phase transition and search for new particles and nuclei with several strange quarks.



田村裕和  
Hirokazu TAMURA



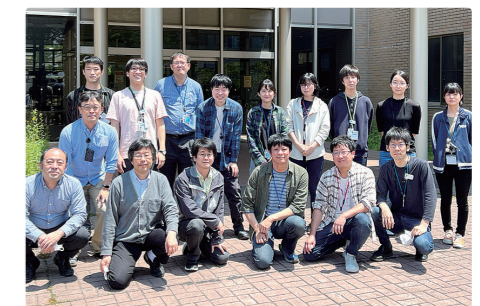
佐甲博之  
Hiroyuki SAKO



ストレンジネスを含む3次元核図表  
Three dimensional nuclear chart  
including strangeness



J-PARC ハドロン実験施設  
J-PARC Hadron Experimental Facility



## 強相関アクチノイド科学研究グループ

Research Group for Strongly Correlated Actinide Science

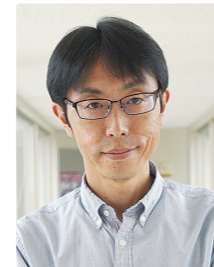
# 強相関アクチノイド物質で物性物理学の最先端に挑む

Explore the Frontier of Materials Science Using Strongly Correlated Actinide Systems

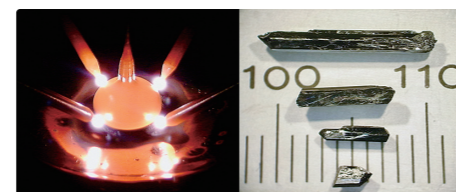
物質科学に基づく新原理・新物質の発見は、従来技術・原理の改良や延長を超えた、不連続の飛躍的な技術発展をもたらします。物質中にはアボガド数(10<sup>23</sup>個)程度の膨大な数の電子があり、それらが互いに強い相関を持ち集団として振る舞うとき、物質に新しい性質(物性)が生まれます。リニアモーターカーや医療用MRIに使われる超伝導は、まさにその典型例です。我々の生活に欠かせないコンピューターや携帯電話といったデバイスも、20世紀の物質科学のもたらした知識の集合体と言えるのです。

新しい機能を持つ新物質の探索は21世紀の現代も続けられています。その中で、アクチノイド元素が加わることで創発される新しい物性が数多く見つかっています。例えば、次世代量子コンピューターへの応用が期待されているスピン三重項超伝導や、超巨大な磁気熱電効果を示すトポロジカル半金属などです。アクチノイドは原子力への応用だけでなく、物質科学においても、他に類のない非常に魅力的な元素なのです。我々のグループは、世界有数のアクチノイド単結晶育成技術と、NMRや中性子散乱などの先端測定技術を駆使して、物質を理解するための最先端の研究に取り組んでいます。

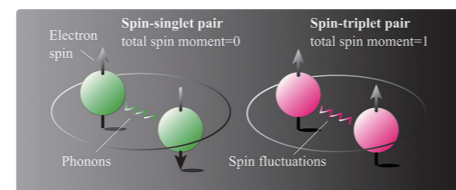
The discovery of new principles and materials based on materials science has led to discontinuous and dramatic technological developments beyond the improvement and extension of conventional techniques and principles. Materials contain an enormous number of electrons, approximately equal to the Avogadro's number (10<sup>23</sup>), and when these electrons correlate strongly with each other, they give rise to new physical properties. For example, computers and mobile phones, which are indispensable devices in modern life, can be regarded as an achievement made possible by a collection of knowledge brought about by materials science in the 20th century. New materials with new features are constantly being explored. Interestingly, many novel physical properties have been found in actinide materials, such as spin-triplet superconductivity and the super-giant magnetic thermoelectric effect. Therefore, actinides are essential elements not only in nuclear applications but also in materials science. Our group explores the frontier of materials science with actinides by fully using the world's leading single-crystal growth techniques and advanced measurement systems, such as NMR and neutron scattering.



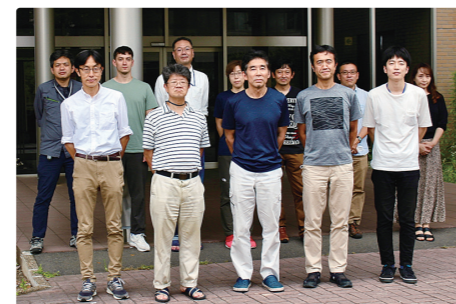
徳永 陽  
Yo TOKUNAGA



テトラアーク炉での単結晶育成とウラン化合物の単結晶  
Single crystal growth in tetra-arc furnace and the single crystals of uranium compounds



スピン一重項とスピン三重項超伝導対の概念図  
Schematic view of spin-singlet and spin-triplet superconducting pair



## スピン-エネルギー科学研究グループ

Research Group for Spin-energy Science

# スピン物理学を追求し、量子科学にイノベーションを

Toward Quantum Science Innovation by Exploring the Spin Physics

私たちは、スピントロニクス、マグノニクス、磁気回転効果、強相関効果、トポロジカル物性など、回転の量子である「スピン」を起点とした固体物性の研究を幅広く行っています。スピンの持つ本質的な整流性に着目し、次世代の省エネルギー技術および創エネルギー技術の基礎となる学術的イノベーション創出を目標として、理論・実験の両面からスピンの可能性を追求しています。

これまでに、液体金属の渦からスピン流を生成し発電する「スピン流体発電」、物質回転がスピンに及ぼす有効磁場を計測する「バーネット磁場測定装置」、スピン流により物質回転を引き起こす「スピンゼーベック機械力」などの実現で、世界初の成果を挙げてきました。理論研究でも、非平衡マグノン物性の開拓、スピン波や音波のトポロジカルな性質の解明、散逸を抑制した電氣的磁気制御法トポロジカルホールトルクの発見、負の値を持つ量子版インダクタンスの理論、スピンネマティック状態の量子伝導計算、強磁性ジョセフソン接合における半整数シャピロステップの解明などで当該分野をリードしています。

また、原子力機構特有の実験設備を活用した研究や原子核・ハドロン分野との連携も強みの一つです。

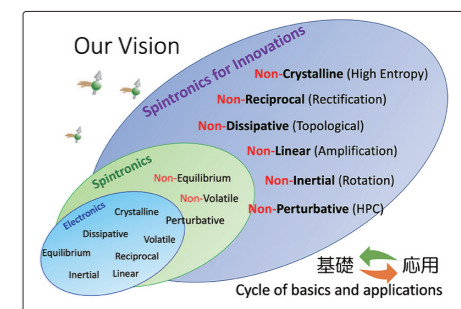
Our research targets solid-state physics stemming from “spin,” a quantum of angular momentum, i.e., spintronics, magnonics, gyromagnetics, strongly correlated systems, and topological physics. Exploiting the rectification nature of spin, we theoretically and experimentally pursue the potential of spin toward innovations in quantum science that will be the basis of the next-generation energy-saving and energy-creating technologies. So far, we have pioneered “spin-hydrodynamic generation” that creates spin current from the vortex of liquid metal to generate electric power, “Barnett magnetometry” that measures the effective magnetic field exerting on spin by material rotation, and “spin Seebeck mechanical force” that causes material twist by spin current. Our theoretical work covers nonequilibrium magnon phenomena, the topological origins of spin and acoustic waves, the discovery of topological Hall torque, the emergent inductance with negative values, the calculation of spin-nematic quantum transport, and the half-integer Shapiro steps in magnetic Josephson junctions.



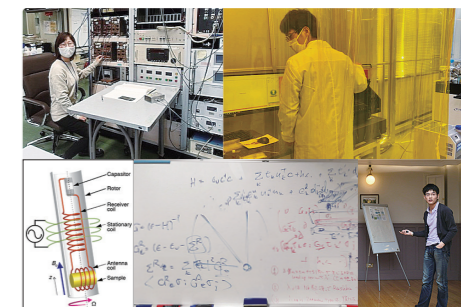
齊藤英治  
Eiji SAITOH



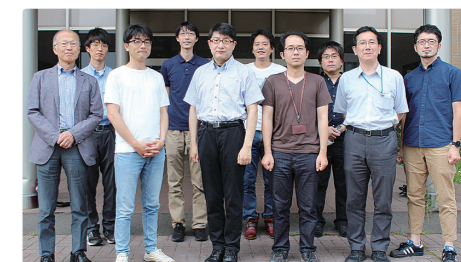
家田淳一  
Jun'ichi IEDA



研究ビジョンと課題  
Research vision and targets



実験・理論の両面からスピンを追求  
[(左上から時計回りに) 重イオン加速器実験、微細加工設備、国際会議発表、理論討論、核バーネットスピンドル]  
Endeavor spin with experiment and theory  
[(Clockwise from top left) Heavy ion accelerator experiments, microfabrication, international conferences, theory discussion, nuclear Barnett spindles]



## 表面界面科学研究グループ

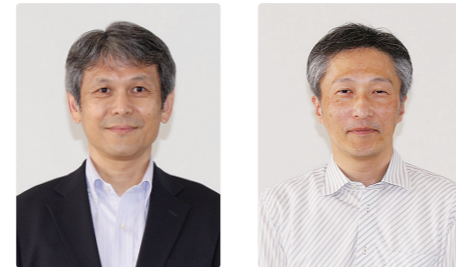
Research Group for Surface and Interface Science

### 物質の表面界面で発現する 新たな機能の開拓を目指して

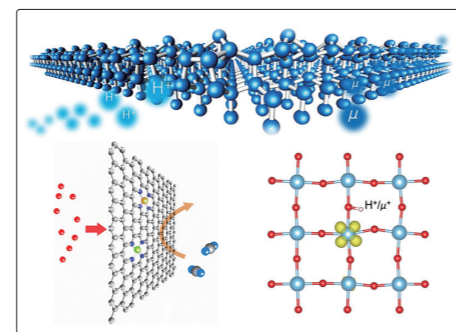
Towards the Development of Novel Functionalities  
at Surfaces and Interfaces

我々のグループでは、物質の表面界面で発現する新たな機能の開拓を目指して研究を行っています。先端量子ビームも活用し、新規2次元物質・表面の創製、水素ダイナミクスの解明やその応用研究に取り組んでいます。物質の表面(界面)では、表面垂直方向の対称性の消失により電子状態の縮退が解け、バルクとは異なった表面特有の電子状態が出現します。このため表面はバルクとは異なる新規物質とみなすことができます。近年の2次元物質は言わば表面のみで構成されている物質であり、ディラック状態・トポジカル表面状態など、新規物性開拓の舞台となっています。層状物質や低次元性を持つ物質では、バルクとしても対称性が低下しているため、新規物性発現が期待されます。一方、物質の表面は外界と物質・エネルギーを交換する場として極めて重要な役割を果たします。表面特有の電子状態に起因して、触媒活性やエネルギー変換機能を発現します。固体表面は機能発現の最前線であり、電子(スピン)、エネルギー、物質を制御する重要な舞台となります。

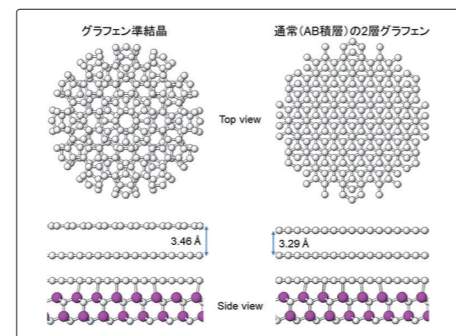
The objective of our group is to explore exotic two-dimensional (2D) materials/surfaces and hydrogen dynamics towards the development of novel functionalities at surfaces and interfaces by using advanced quantum beams. At the material surface (interface), electronic states peculiar to the surface appear because of the breaking of symmetry in the surface-normal direction. Thus, the surface can be regarded as a new material different from the bulk. The 2D materials are good platforms for developing new properties such as Dirac states and topological surface states, as well as bulk materials with broken symmetry and low-dimensionality, e.g., layered materials. The surface furthermore plays an extremely important role as a space for exchanging matter and energy with the external gas/liquid phase. Owing to the particular electronic states, surfaces often exhibit catalytic activity and energy conversion functionality. Surfaces are the important platforms not only for manifesting various functionalities but also for controlling electrons (spins), energy, and materials.



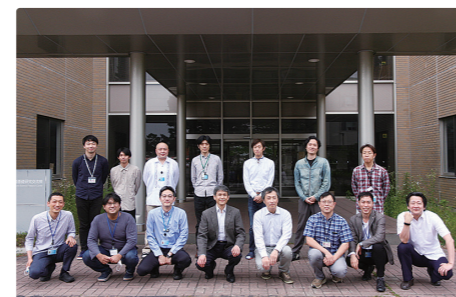
福谷克之 Katsuyuki FUKUTANI  
深谷有喜 Yuki FUKAYA



表面界面科学研究グループの概念図  
Conceptual diagram of our group



研究成果の一例(グラフェン準結晶の原子配置の解明)  
Example of research activity (graphene quasicrystal)



## 耐環境性機能材料科学研究グループ

Research Group for Sustainable Functional Materials Science

### 過酷環境下において 持続可能かつ高機能特性を 発現する新材料の開発

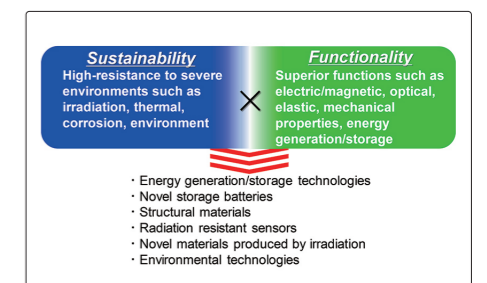
Development of New Materials  
with Sustainability and Functional Properties  
under Severe Environment

耐環境性機能材料科学研究グループは、2022年度から新材料創製を行うことを目的に先端基礎研究センターに発足された新しい研究グループです。過酷な使用環境下において高い耐性を有するという意味での「耐環境性」をキーワードに、物理的・化学的な作製手法を用いた新材料を創出するための基礎・応用研究を推進しています。特に磁性・光学特性・力学特性・電気化学特性・触媒特性などの高い機能性を有する材料に、放射線に対する耐照射性、高温環境下に対する耐熱性、腐食環境下での耐腐食性などの高い耐環境性が付加された新材料の創製を目指しています。本研究グループで研究を行う新材料の波及効果の裾野は広く、蓄電池や発電を始めとしたエネルギー技術、ロボットや建築物を構成する機能・構造材料、耐放射線センサー、自然環境の維持技術など、多岐にわたります。特に日本原子力研究開発機構が誇る研究炉やタンデム加速器、J-PARCや、SPring-8ビームラインなどの実験施設を積極活用し、新材料の創製-分析-解析-応用のサイクルを推進していくことにより、従来の原子力科学に留まらない独自の新材料を創製していくことが大きな特徴です。

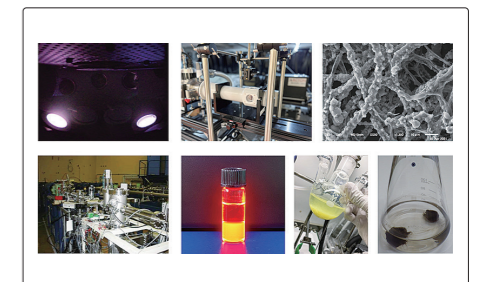
“Sustainable Functional Materials Science Research Group” is a new research group established in FY2022 for the purpose of creating new functional materials that can function in severe environments. We are working toward materials with high environmental resistances (e.g., radiation, thermal, and corrosion resistances) combined with high functional properties (particularly, magnetic, optical, mechanical, electrochemical, catalytic properties, etc). The ripple effects caused by the new materials studied in our group are expected to widely range from energy technologies, including storage batteries and power generation, to functional and structural materials for robots and buildings, resilient radiation-resistant sensors, and technologies for sustaining the natural environment. In particular, the main feature of this project is to create unique new materials by promoting the cycle “new materials creation → analysis → application” through the active use of the experimental facilities such as research reactors, the tandem accelerator, J-PARC, and SPring-8 beamlines of the JAEA.



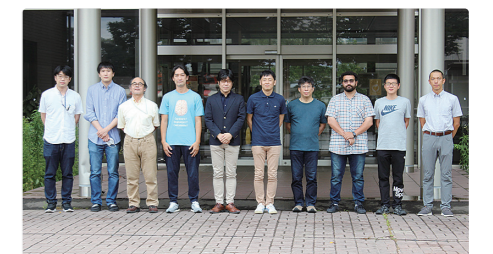
市坪 哲 Tetsu ICHITSUBO  
田中万也 Kazuya TANAKA



研究概要  
Overview of our research



耐環境性機能材料の作製・評価装置、および新材料  
Experimental equipments and new materials



## 先端理論物理研究グループ

Research Group for Advanced Theoretical Physics

# 量子多体系の構造： 相関と平均場

Structure of Quantum Many-Body Systems:  
Correlations and Mean Fields

先端基礎研究センターでは、ハドロン物理、原子核物理、物性物理や材料科学と、GeV( $10^9$  eV)からmeV( $10^{-3}$  eV)まで広範にわたるエネルギースケールの科学を研究しています。これらは全く異なる科学に見えますが、量子多体問題という観点からは、相関と平均場の概念をはじめ多くの共通点があります。本研究グループは、こうしたエネルギースケールによらない普遍的な理論物理を追求し、センターの諸々の研究テーマを貫く、横串の役割を果たすことを目指します。

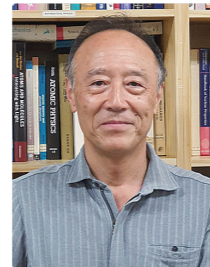
2019年のグループ発足当初はハドロン物理と原子核物理を中心に活動してきましたが、その後冷却原子系およびソフトマター物理の研究者がメンバーとして加わり、様々な分野間の交流が活発になっています。ハドロン物理ではなじみの深い反粒子の概念を物性物理の近藤効果に導入するなど、新しい視点からの研究も始まっています。

こうしたユニークな視点を育てるため、ステップアップ分野融合セミナーと題し、毎月、各分野の第一線で活躍している研究者によるレクチャーを開催しています。得られた学際的な研究成果をJ-PARCやタンデム加速器を用いた実験研究へと還元することも本グループの重要なミッションです。

The research subjects in the ASRC cover a wide range of energy scales: from GeV ( $10^9$  eV) to meV ( $10^{-3}$  eV). Although these studies appear quite different, they have many similarities in terms of quantum many-body physics, including correlation and mean fields. We are pursuing such universal theoretical physics, thus playing the role of complementing and facilitating cross-functional collaboration within the ASRC.

The group has recently invited researchers from cold-atom and soft-matter physics, in addition to the original members from hadron and nuclear physics in 2019. This diversity stimulates fruitful discussions among the fields and produces new viewpoints. One of the recent examples is the Kondo effect with antiparticles investigated by our members.

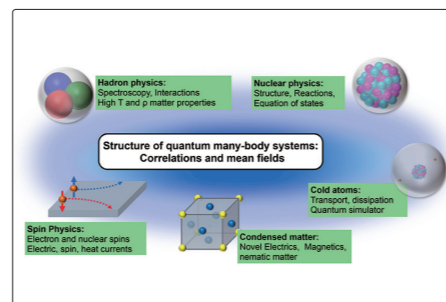
To develop these unique viewpoints, we are organizing a series of seminars entitled "Step-up multidisciplinary seminars" once a month. The knowledge obtained in these activities also helps drive experimental researches using large-scale facilities in the JAEA, such as J-PARC and the tandem accelerator.



保坂 淳  
Atsushi HOSAKA



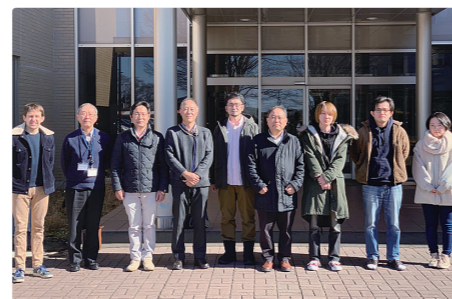
宇都野 稯  
Yutaka UTSUNO



普遍的な物理を探求するグループの研究対象  
Our research subjects of universal physics



黒板、ホワイトボード、パソコン、ワークステーション、スーパーコンピュータなどを使って理論研究を進めています  
How we perform theoretical research: Our tools are blackboards, whiteboards, personal computers, workstations, and supercomputers



## 黎明研究制度

The REIMEI\* Research Program

[\*REIMEI: 'Dawn' in Japanese]

「黎明研究」とは国際的視野での新たな発想に基づく斬新な研究テーマの発掘を目的とし、国内外の研究者からアイデアを募集し、日本原子力研究開発機構先端基礎研究センターと共同で研究を進める制度です。

原子力科学の分野で革新的な原理や現象の発見を目指す先端基礎研究で、独創性、新規性、発展性、挑戦性などに富み、既存の科学・技術のパラダイムシフトや将来の原子力の革新に発展する可能性を秘めた研究テーマを募集対象としています。

The REIMEI Research Program was established with the aim of cultivating frontier research in diverse fields such as atomic energy and related disciplines worldwide, as well as to promote research collaboration with the ASRC.

The ASRC seeks research themes that explore novel principles and phenomena in the field of atomic energy, and related themes that are expected to change the paradigm of the existing science and technology, and seeks to develop the future of innovation in atomic energy. Inventive, expandable, and challenging ideas are welcome.

## 国内外に広く開かれた共同研究

International Collaborative Research

12年間(2010年-2021年)の参加研究機関:

7カ国26機関35相手先(79件)

Collaborative Organizations in 12 years (2010-2021):  
35 groups in 26 institutions, 7 countries (79 projects)

## 新たな研究グループの立ち上げ

Starting New Research Groups

### 2015年-2021年 界面反応場化学研究グループ

2013-2014の黎明研究の代表B. グランボウ氏 (SUBATECH)を新リーダーとして招聘

Interfacial Reaction Field Chemistry Gr.

Prof. B. Grambow (SUBATECH), a PI of a REIMEI program in 2013-2014, was invited as a group leader of a new research group.



B. GRAMBOW  
SUBATECH (France)

### 2015年-2021年 重元素核科学研究グループ

2011-2012の黎明研究の代表A. アンドレイエフ (Univ.York)を新リーダーとして招聘

Heavy Element Nuclear Science Gr.

Prof. A. Andreyev (Univ. York), a PI of a REIMEI program in 2011-2012, was invited as a group leader of a new research group.



A. ANDREYEV  
Univ. York, (UK)

### 2018年- 先端理論物理研究グループ

2015年の黎明研究「Hadron Physics in Extreme Conditions at J-PARC」を契機に

Advanced Theoretical Physics Gr.

Triggered by a REIMEI program "Hadron Physics in Extreme Conditions at J-PARC" in 2015

## プレス発表

Press Releases

### 2017黎明プログラム(東京大学との共同研究)

→2022年9月27日プレス発表

「水に溶けたラジウムの姿を世界で初めて分子レベルで観測—キュリー夫妻による発見から124年、ラジウムの分子レベル研究の幕開け—」

### 2017 REIMEI program

(Joint research with Univ. of Tokyo)

Press release on Sept. 27, 2022, as "The first determination of the Ra hydration structure-The beginning of molecular level research on Ra-"

### 2019黎明プログラム(米国オハイオ大学との共同研究)

→2019年2月26日プレス発表

「新種の超原子核(二重ラムダ核)を発見—中性子星の内部構造の謎に迫る—「美濃イベント」と命名」

他1件

### 2019 REIMEI program

(Joint research with Ohio Univ.)

Press release on Feb. 26, 2019, as "Observation of a Be double-Lambda hypernucleus in an experiment at J-PARC," and 1 other.

### 2012黎明プログラム

(ドイツマインツ大学との共同研究)

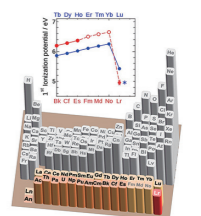
→2015年4月9日プレス発表

「103番元素が解く、周期表のパスル—ローレンシウム(Lr)のイオン化エネルギー測定に成功—」

### 2012 REIMEI program

(Joint research with JG University Mainz)

Press release on Apr. 9, 2015, as "Measurement of the first ionization potential of lawrencium, element 103"



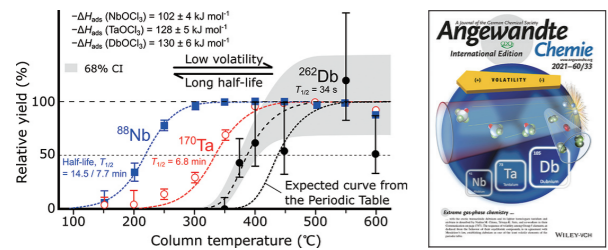
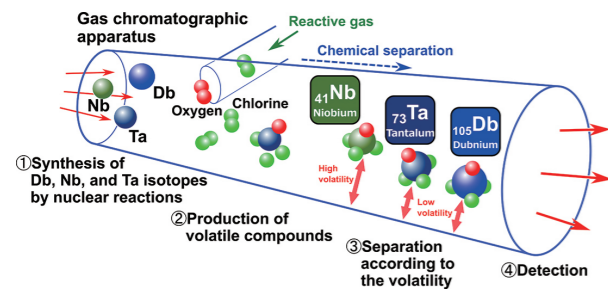


## 最近の成果

Recent Research Highlights

### 元素周期表の極限の元素に 周期律の「ほころび」を発見

Chemical Characterization of a Volatile Dubnium Compound,  $\text{DbOCl}_3$



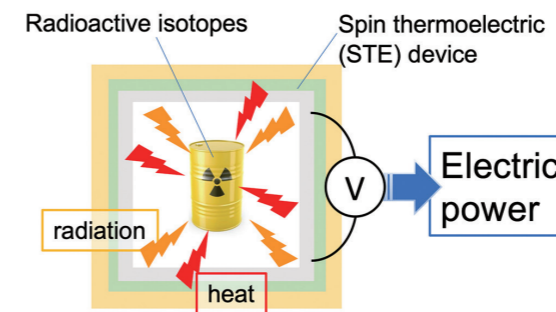
105番元素「ドブニウム(Db)」の純粋な揮発性化合物の合成と分離に成功し、ドブニウム化合物を形成する化学結合が周期表の予想から変化していることを見出しました。本成果によって、105番元素ドブニウム化合物の化学的性質に「周期表からのずれ」があることが明らかになりました。超重元素であるドブニウムの化学的性質は、実験が非常に困難であるために発見以来50年間ほとんど調べられていませんでした。今後、周期表の極限領域の元素の性質がさらに明らかになることで、元素周期表全体の理解へとつながることが期待されます。

We successfully synthesized and separated individual atoms of dubnium (Db, element 105) in the form of its volatile oxychloride. In our study, dubnium compounds were found to be more volatile than expected from comparison with the lighter Group-5 homologues. The thermochemical data for Db compounds were derived from the obtained experimental results. The present study provides a better understanding of the properties of elements in the extreme region of the Periodic Table.

N. M. Chiera, T. K. Sato et al., *Angew. Chem. Int. Ed.* 60, 17871 (2021)  
DOI : 10.1002/anie.202102808

### スピン熱電素子が重イオン線に 高耐性を持つことを実証

Tolerance of Spin-Seebeck Thermoelectricity Against Irradiation by Swift Heavy Ions



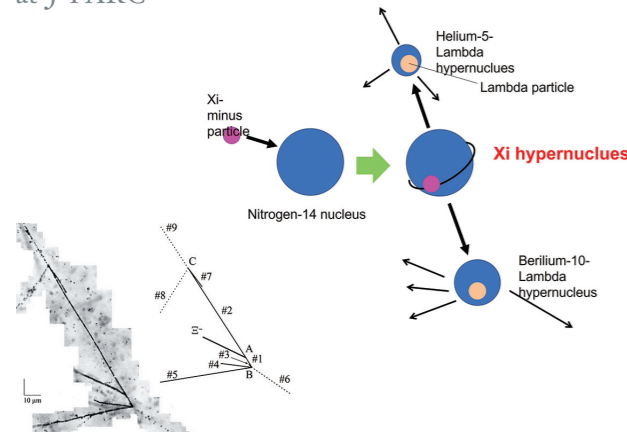
S. Okayasu et al., *J. Appl. Phys.* 128, 083902 (2020)  
DOI : <https://doi.org/10.1063/5.0014229>

日本原子力研究開発機構タンDEM加速器の重イオンビーム照射実験により、熱から電気を生む「スピン熱電素子」が使用済み核燃料における放射線環境下でも数百年にわたり放射線耐性を示すことを実証しました。「スピン熱電素子」とは近年開発されている電子スピンを利用した素子ですが、設計自由度、低環境負荷、経済性の観点で既存技術を凌駕すると期待されています。今回の成果で特に放射線にも強いことが実証され、放射性同位体発電など、放射線環境下での技術開発に展望が開けます。

We demonstrated through experiments with the JAEA Tokai tandem accelerator that “spin thermoelectric (STE) devices,” which generate electricity from heat, have a very high radiation tolerance and that their performance does not deteriorate for several centuries even if spent nuclear fuel is used as a heat source. STE devices relying on electron spins have been developed in recent years and are expected to outperform the existing technologies in terms of flexibility of design, low environmental impact, and economic efficiency. In particular, this achievement opens up future prospects for the development of new technologies in radiation environments, including radioisotope power generation.

### J-PARCにおける ダブルハイパー核の生成

Double Hyper Nuclei at J-PARC



大強度陽子加速器施設(J-PARC)で、グザイマイナスと呼ばれる、ストレンジクォークを2つ持つ粒子を含む「グザイ核」を新たに観測し、「伊吹事象(IBUKI event)」(岐阜県伊吹山にちなむ)と命名しました。物質を構成する素粒子「クォーク」から物質が形成される仕組みの理解に繋がる成果になるとともに、巨大な原子核と言われる中性子星の内部構造の解明に一步迫る成果を得ました。

We observed the decay of a  $\Xi^-$  particle in a nuclear emulsion at J-PARC, Tokai, Japan. This nucleus contains two strange quarks, and this observed event is named “IBUKI” after Ibuki Mountain in Gifu Prefecture. This result is expected to contribute to the understanding of how matter was formed from quarks, the elementary particles, and what is the structure of the interior of neutron stars, which are often described as giant nuclei.

S. H. Hayakawa et al., *Phys. Rev. Lett.* 126, 062501 (2021)  
DOI : 10.1103/PhysRevLett.126.062501

### 核図表を用いた 教育普及活動

Educational Activities Using Nuclear Chart



原子核を陽子と中性子の数で地図状に表したものを「核図表」と呼び、原子力機構では1976年から紙版の核図表を作成し、有用なツールとして原子核・放射線研究者の間で広く利用されていました。これを教育現場への普及を目指し、2020年にクラウドファンディングを実施しました。いただいた支援をもとに、全国スーパーサイエンスハイスクール(284校)、茨城県(98校)、福島県(128校)の高等学校、および全国の高等専門学校(57校)に日本語の解説を加えた核図表を配布しました。今後も出張講義などを行い、核図表を用いた教育活動を進めていきます。

The JAEA has published a paper-based nuclear chart every four years since 1976. We distribute them to (mainly) researchers in nuclear science. In 2020, we successfully started a crowdfunding project to deliver the nuclear chart to high schools in Japan. We generated 1,200 sheets of the chart in Japanese and distributed them among 284 science-programmed high schools, namely super science high schools (SSHs) approved by the Ministry for Education throughout Japan. This included 122 high schools in Fukushima Prefecture, 98 high schools in Ibaraki Prefecture, and 57 colleges of National Institute of Technology. We will continue our educational activities with the nuclear chart.

## 国際共同研究

### International Collaborative Research

10研究機関と協定、2機関と協力覚書(MoC)を結び国際共同研究を行っています

We conduct international joint research based on joint research arrangements with 10 institutions and memorandum of cooperation (MoC) with 2 institutions



No.	Institution	City	Country
1	Johannes Gutenberg University Mainz	Mainz	Germany
2	Columbia University	New York	USA
3	Technische Universität Darmstadt	Darmstadt	Germany
4	University of Cambridge	Cambridge	United Kingdom
5	Ohio University	Athens	USA
6	Yonsei University	Seoul	Korea
7	Delft University of Technology	Delft	The Netherlands
8	Institut Laue Langevin	Grenoble	France
9	French Alternative Energies and Atomic Energy Commission (CEA)	Paris / Grenoble	France
10	Charles University	Prague	Czech
11	European Centre for Theoretical Studies in Nuclear Physics and Related Areas (ECT*)	Trento	Italy
12	Vinca Institute of Nuclear Science, University of Belgrade	Belgrade	Serbia

その他、以下の研究機関とも研究協力を行っています  
We also collaborate with many institutions as follows

**USA:** National Lab.: Los Alamos (LANL), Oak Ridge (ORNL), Brookhaven (BNL)/ Univ.: Florida State University (FSU)  
**Germany:** GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung (GSI) | **France:** Laboratoire National des Champs Magnétiques Intenses (LNCMI)  
**Switzerland:** Paul Scherrer Institut (PSI) | **The Netherlands:** Leiden University

[2023年1月現在 As of January 2023]

## 沿革

### History

1993 (平成5)年4月

特殊法人日本原子力研究所に  
先端基礎研究センター発足  
初代伊達宗行センター長

1999 (平成11)年4月

第2代安岡弘志センター長就任

1999 (平成11)年6月

先端基礎研究交流棟完成

2005 (平成17)年10月

独立行政法人 日本原子力研究開発機構発足

2005 (平成17)年10月

第3代旗野嘉彦センター長就任

2010 (平成22)年4月

第4代前川禎通センター長就任

2015 (平成27)年4月

国立研究開発法人  
日本原子力研究開発機構に名称変更

2018 (平成30)年4月

第5代岡眞センター長就任

2022 (令和4)年4月

第6代高梨弘毅センター長就任

1993 April

The Advanced Science Research Center was established in the Japan Atomic Energy Research Institute. Prof. Muneyuki DATE was appointed as the 1st director general.

1999 April

Prof. Hiroshi YASUOKA was appointed as the 2nd director general.

1999 June

The construction of the ASRC building was completed.

2005 October

The Japan Atomic Energy Agency launched from JAERI.

2005 October

Prof. Yoshihiko HATANNO was appointed as the 3rd director general.

2010 April

Prof. Sadamichi MAEKAWA was appointed as the 4th director general.

2015 April

The JAEA changed the types of governmental agency from an Incorporated Administrative Agency to the National Research and Development Agency.

2018 April

Prof. Makoto OKA was appointed as the 5th director general.

2022 April

Prof. Koki TAKANASHI was appointed as the 6th director general.

## 所在地

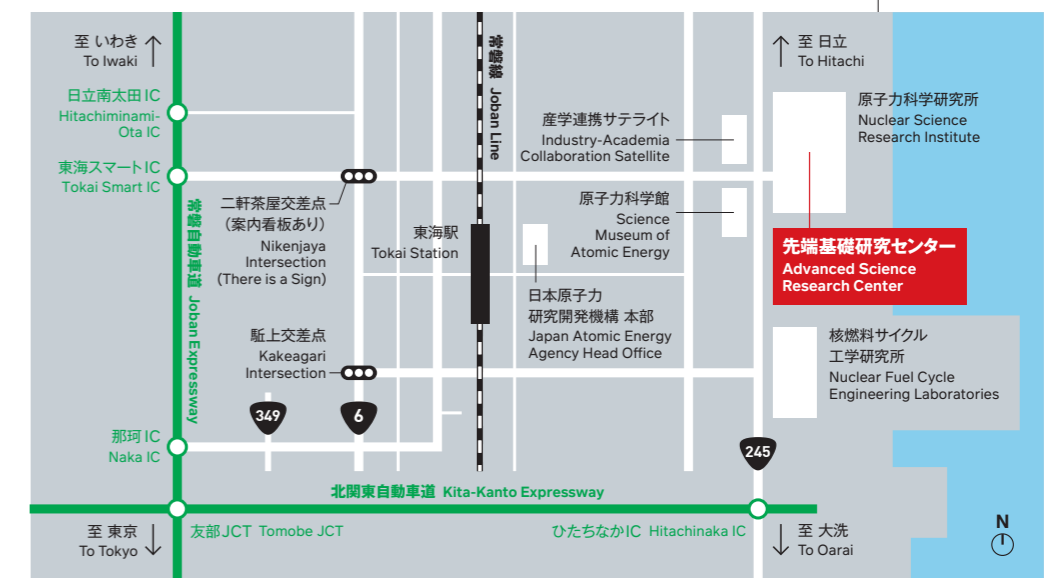
### Location

国立研究開発法人  
日本原子力研究開発機構  
原子力科学研究所  
先端基礎研究センター

Advanced Science Research Center,  
Nuclear Science Research Institute,  
Japan Atomic Energy Agency

〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方2番地4

2-4 Shirakata, Tokai-mura,  
Naka-gun, Ibaraki 319-1195, Japan



国立研究開発法人  
日本原子力研究開発機構  
先端基礎研究センター

〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方2番地4

Tel: 029-282-6980 / Fax: 029-282-5927

website: <http://asrc.jaea.go.jp/>

---

**Advanced Science Research Center**  
Japan Atomic Energy Agency

2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1195, Japan

Tel: +81-(0)29-282-6980 / Fax: +81-(0)29-282-5927

website: [http://asrc.jaea.go.jp/asr\\_eng](http://asrc.jaea.go.jp/asr_eng)

