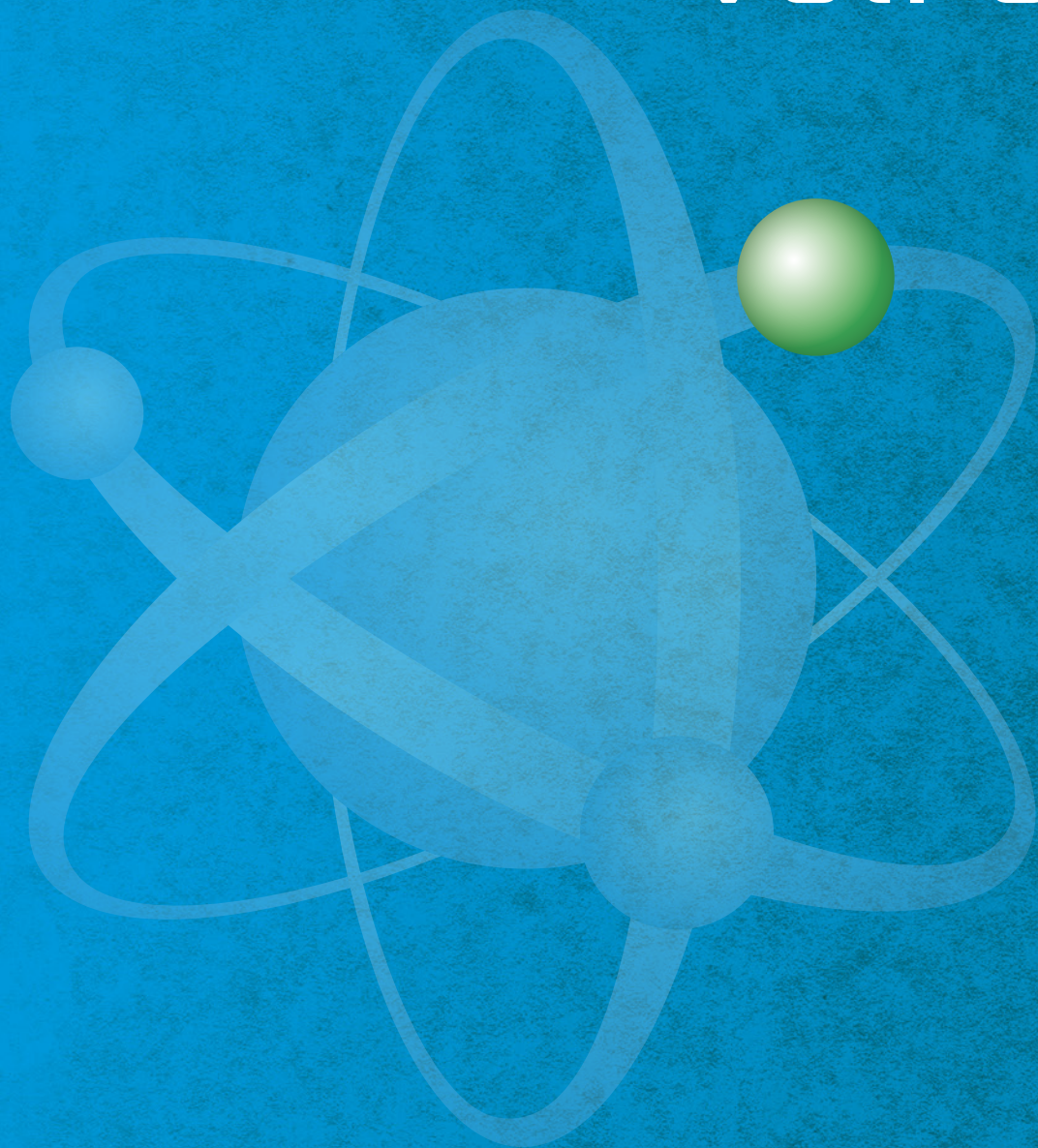


OVERVIEW of LANE

Vol. 3



国立大学法人東京工業大学
科学技術創成研究院
先導原子力研究所

要覧 | 第 3 号

Laboratory for Advanced Nuclear Energy(LANE)
Institute of Innovative Research
Tokyo Institute of Technology



LANE

2020



Director Kenji TAKESHITA, Dr. Eng.

所長 教授 工学博士 竹下 健二

平成30年4月より先導原子力研究所長を拝命することになりました。先導原子力研究所の前身である原子炉工学研究所は、「原子炉工学に関する学理及びその応用の研究」を設置目的として昭和31年4月に研究施設として産声をあげ、昭和39年4月に附置研究所に昇格し、平成16年4月の大学法人化以降は大学の附属研究所としての役割を果たしてきました。さらに、本学の組織改革に伴い、平成28年4月より原子炉工学研究所は「科学技術創成研究院 先導原子力研究所」として新たに出発し、今日を迎えております。本研究所は規模が小さいにもかかわらず、設立時から原子力と放射線応用の分野において多くの優れた研究成果を挙げてきました。そして今なお、原子力分野において重要な役割を担っております。

平成23年3月11日に発生した東日本大震災と、東京電力福島第一原子力発電所の炉心溶融に至った過酷事故は、甚大な被害を及ぼし、今もって多くの人々が避難生活を余儀なくされています。マグニチュード9.0という史上まれに見る大規模な地震とそれに伴う巨大津波により、2万人近くの尊い命が失われました。被災された方々やその関係者には、心よりお見舞い申し上げます。巨大地震およびそれに伴う巨大津波という自然の猛威には、容易にはなすすべを見つけれませんが、地殻変動の特に激しい、それゆえに山河、温泉などの自然が美しい日本に住む国民として、大自然の災禍は必然的に背負わなければならないリスクであります。しかしながら、“想定を超える”津波による原子力発電所の炉心溶融事故は、防ぐことはできなかったのでしょうか？“想定される事象”に対応する安全対策は優先して行われていたはずであり、それは地震により原子炉が正常に停止したことから分かりますが、“最悪の状況”を意識的あるいは無意識的に除外していたように思います。原子力研究を使命とする研究所に身を

Director's Message

Director: Kenji TAKESHITA, Dr. Eng.

INTRODUCTION

In April 2018, I assumed office as a Director of the Laboratory for Advanced Nuclear Energy (LANE) of the Tokyo Institute of Technology. The Research Laboratory for Nuclear Reactors (RLNR), the predecessor of the LANE, had initially been funded as a research facility in April 1956 with the purpose to formulate research scientific principles and applications of nuclear engineering and then, it had been upgraded to a research laboratory attached to the Institute. Subsequently, it became an institute-affiliated research laboratory “RLNR”, since national universities were being turned into independent administrative entities in April 2004. The RLNR, in April 2016, restarted as a brand-new “the LANE”, as a part of the Institute of Innovative Research, according to the reformation of the Tokyo Institute of Technology. Although the LANE is a small research laboratory in size as a university institute, many excellent research activities on nuclear energy and radiation applications have been conducted since its foundation. And even now, it has assumed a great role in the field of nuclear energy.

BACKGROUND

In the middle of the 21st century, rapid population increases in the developing countries and improved living standards in those areas will give sharp increases in world energy consumption. Therefore, fears of a great global environmental problem may have taken place as well as of problems in energy, food and water. Among those, it is particularly well known that an increase in atmospheric CO₂ (carbon dioxide) concentration is a factor that causes global warming and abnormal weather. To reduce emission of greenhouse (heat-trapping) gases while securing energy necessary for our life is a great challenge for all human survival on the earth into the future. In this regard, there were great expectations for nuclear energy.

However, the most dangerous aspect of nuclear energy had been revealed to the public by the severe nuclear accident of the Fukushima Daiichi nuclear power plant. Reverting to the original position as a scientist, I sincerely think that we must humbly recognize the risks involved in the release of the enormous energy from the atomic nucleus, and then, reconstruct a safer nuclear system than ever before, in light of the important lessons from the nuclear accident.

置く研究者・技術者として悔しい思いをするとともに、本当に申し訳なく思います。本研究所は所員が一丸となり、原子力災害の終息と一日も早い復旧に向けた課題に取り組んでいく所存であります。

国立大学法人となった際に、研究所として中期目標・計画を策定し、現在は第三期に入っております。現在の中期目標・中期計画では、ミッション主導型研究として「革新的原子力システム研究」「アクチノイド・マネジメント研究」「グローバル原子力セキュリティ研究」および「高度放射線医療研究」を推進すると共に、それらの基礎基盤となる研究を推進しております。福島原発事故以降は、除染をはじめ、復興に向けた取り組みにも努めております。さらにこれらミッションに加えて、将来の分散型エネルギーシステム構築のために小型モジュール炉とそれに付設する燃料サイクルを一体化した次世代原子力システムを専門分野の枠を超えて所員一丸となって研究をしてまいります。こうした原子力システムが社会実装されれば、再生可能エネルギーとコラボレーションすることでパリ協定で要求されているCO₂放出量の大幅削減が期待できます。

先導原子力研究所と環境・社会理工学院融合理工学系を中心とした複合系の教育コースである原子核工学コースは、表裏一体の運営をしております。原子核工学コースでは、平成20～22年度には大学院教育改革支援プログラム(大学院GP)において、「個性を磨く原子力大学院教育システム」が採択され、主として修士課程の教育改革が実施されました。平成23年度からは博士課程教育リーディングプログラムにより「グローバル原子力安全・セキュリティ・エージェンツ養成」がオンリーワン型として原子核工学コース単独の運営により7年計画でスタートし、原子力の安全を基幹として博士課程に新しい教育課程が設置されました。平成26年度に文部科学省「国家課題対応型研究開発推進事業(廃止措置等基盤研究・人材育成プログラム委託費)」に「廃止措置工学高度人材育成と基盤研究の深化」が採択され、5年間のプログラムを成功裏に終えました。このように、一貫して最高レベルの原子核工学教育を実施する体制が確立されております。これらの取り組みを通して、これからの原子力を背負っていく若者の育成に研究所を挙げて取り組んでいく所存であります。

21世紀は、開発途上国における人口の急激な増加と、そ

MISSIONS

On the occasion that the Tokyo Institute of Technology turned from a national university into an independent administrative entity in 2004, the RLNR formulated its medium-term objectives and plans as a research laboratory. Now the LANE has entered into its third-term of the plan. In the current medium-term phase of the plan, “Innovative nuclear energy system study”, “Actinide management study”, “Global nuclear security study” and “Advanced radiation application for medical treatment study” have been promoted as mission-driven studies. At the same time, the basic requisite infrastructure studies, necessary for those studies, have been promoted. We have a high degree of confidence that these new studies will be integral in the next medium-term plans, generated out of the basic infrastructure study.

By the way, the Tohoku (the northeastern region of Japan) earthquake and the severe nuclear accident, which led to the reactor core melt-down, occurred on March 11, 2011, inflicted enormous damage to a wide-spread area of Japan. Even now, a great number of people continue to suffer by this natural disaster and accident, and have been forced to live in shelters as evacuees. The precious lives of nearly twenty-thousand people were lost and a great number of residential buildings and houses were destroyed by a massive earthquake of 9.0-magnitude --- one of greatest quake in history, followed by a devastating tsunami. In this regard, we would like to express our heartfelt sympathy to the victims and related persons involved. Although it is not easy to find counter measures against the forces of nature, such as massive earthquake and giant tsunamis, I think that we must accept the great risks faced from the forces of nature, as a natural flow of things for the people of Japan, living along the “ring of fire” of active movements at the earth’s crust, producing such beautiful mountains, rivers, seashores and hot-spa areas. However, why could we not have anticipated and prevented the accidental melt-down of the reactor core at the nuclear power station by a giant tsunami that exceeded “the assumption scope” at the nuclear power station? In response to the “assured events”, preferred safety measures must have been carried out, and that is clearly evident from the fact that all the reactors at the Fukushima Daiichi nuclear power plant automatically stopped just after the quake. But I think that everyone involved did consciously or subconsciously rule out the “worst-case scenario”. In the position of a nuclear scientist and researcher in the research laboratory, entrusted with the mission of nuclear research and study, I was extremely upset / frustrated, and at the same time I was very sorry that I could not have prevented such an occurrence. At the LANE, all staff, including a director, professors and all employees, is intending to work together to accomplish the end of the nuclear disaster and at the earliest time Japan’s restoration / recovery from it.

EDUCATIONAL ACTIVITIES

The LANE and the Nuclear Engineering Major (“Major” corresponding to former “Department”), an interdisciplinary Major mainly arranged in the Department of Transdisciplinary Science and Engineering, School of Environment and Society, and also spread over the School of Engineering and School of Materials & Chemical Technology, have operated and developed as “two sides of the same coin”. During the fiscal years 2008 – 2010, the department-proposed program “Nuclear Engineering Course Graduate Education System for Letting One’s Personality Shine” had been adopted in the graduate education reform support program

れら地域の生活水準の向上が重なり合って、世界のエネルギー消費を急激に増加させ、食糧・水問題と共に大きな地球環境問題を引き起こすことが危惧されております。そのなかでも特に化石燃料の大量消費に伴う大気中の二酸化炭素濃度の上昇は、地球温暖化や異常気象を引き起こす要因であることが知られています。必要なエネルギーを確保しつつCO₂排出を削減することは、将来にわたり人類が地球に生き続けるための大きな課題です。近年政府の発表した第5次エネルギー基本計画でもCO₂を放出しないエネルギー源である原子力の利用が再検討されております。しかしながら、福島第一原発の過酷事故により、原子力の最も危険な面をさらけ出してしまいました。科学者としての原点に立ち戻り、原子核に閉じ込められていたエネルギーを解放するという所作に内在する危険性を謙虚に認識し、より安全性の高い原子力システムを再構築しなければならないと思います。まずは、専門家として一日も早い復興への課題に取り組むことが責務であり、さらに過酷事故の経験から多くを学び、原子力への信頼を取り戻すべく、研究・教育活動を続けていきたいと思っております。歴史的に見れば、日本は過去に開国や関東大震災、第二次世界大戦の敗戦等と何度も国の存亡に係わる危機に直面し、それを乗り越えることにより発展してきました。その度に、より強い、より良い国になってきたと思います。今回の震災も必ずや乗り越えられると信じております。良心を持った科学者として、公正・論理的に判断し、国民に伝えていくことが重要と思っております。

先導原子力研究所は、エネルギー問題と地球規模の環境問題の解決を目指す原子力の基盤研究をプロジェクトの柱として実施し、放射線応用を含めた原子力分野のフロンティアを開拓できる拠点研究機関として、米国、欧州と旧ソ連諸国との連携のみではなく、インドネシア、ベトナム、タイ等の東南アジア諸国とも連携し、原子力・放射線応用のグローバルな連携拠点としての研究機関を目指す所存でおります。

任期中は、学内外の皆様からアドバイスをいただきながら、所員の協力を得て、社会が期待する研究所、そして所員や学生が研究や勉強、仕事に遣り甲斐のある研究所になるように努めていきたいと思っております。今後ともご支援の程、よろしくお願いいたします。

(so called "Graduate School GP). And the educational reform in the master's program had largely been conducted. Furthermore, the doctoral course education program for Leading Graduate Schools developed the "Global Human Resource Development Program for Nuclear Safety and Security". It has just started at the latter half of the fiscal year 2011, as a unique – the only one of its kind that meets the mission – 7 years program that has been solely operated by the Nuclear Engineering Major. In this way, a new educational program with essentially a focus on safety and security of nuclear energy has been established in the doctoral course. Recently, in 2014, a new educational program focused on human development for nuclear decommissioning was adopted, that is "Advanced Research and Education Program for Nuclear Decommissioning" from MEXT, for 5 years program.

And thus, the educational system that consistently implements the highest level of nuclear engineering education has been established. Through the above-mentioned efforts, the entire department activity addresses the development of young people who have the mission to continue nuclear energy into the future.

GLOBAL COLLABORATIONS

The LANE conducts scientific research of nuclear energy to seek practical solutions of the problems between energy and global environmental issues, as an important pillar of those projects, and works in cooperation not only with the people of the United States, European countries and former republics of the Soviet Union, but also with the people of the South-East Asian countries of Indonesia, Vietnam, Thailand, etc. As a hub research institution, it will be able to explore the frontiers in of nuclear energy, including various radiation applications, and accordingly, to strive to become a global cooperative scientific research institution for nuclear energy and radiation applications.

CHALLENGES

First of all, I would like to address the challenges for the earliest recovery from the nuclear accident. In order to carry out my responsibility, as an expert in the field, I would like to continue the researches and educational activities of the LANE and of the School to which I belong. Other challenges include regaining public confidence to nuclear energy, and learning well from the experiences of the severe nuclear accident.

Historically, Japan had very often faced crises of survival as a state, such as the opening of Japan at the end of Edo Period, the Great Kanto Earthquake, the Second World War, etc. and had developed by overcoming such difficulties. In this regard, I think Japan had become stronger and a better nation each time whenever overcoming crisis. I am sure that these cases also hold true in the case of the earthquake disaster of this time, where we must inevitably overcome the difficulties. I think that it is very important that I must make judgments fairly as a scientist of conscience, while conveying and explaining the results to the public.

DETERMINATION

While securing advice, understanding and support from people both within and outside the Institute, I will do my utmost to live up and maintain our laboratory (i.e. the LANE) that society in general has high expectations of, and with worthwhile research and study projects, involving our staff in cooperation with students. I sincerely hope and ask for your continued cooperation and support.

- | 明治14年(1881) — 東京職工学校設立
Establishment of The Tokyo Vocational School
- | 昭和4年(1929) — 東京工業大学に昇格
The school became a degree-conferring university, Tokyo Institute of Technology
- | 昭和31年(1956) — 東京工業大学理工学部附属原子炉研究施設発足(当初2部門、逐次設備後7部門体制)
Establishment of the Research Laboratory for Nuclear Reactors, the Faculty of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology (2-Division Organization at First, 7-Division Organization Later)
- | 昭和32年(1957) — 理工学研究科原子核工学専攻設置
Establishment of Department of Nuclear Engineering in Graduate School of Science and Engineering
- | 昭和34年(1959) — 原子科学研究室設置
Construction of Atomic Science Laboratory
- | 昭和35年(1960) — 天然ウラン-軽水系指数炉設置
Installation of Exponential Experiment Facility for Natural Uranium - Light Water System
- | 昭和36年(1961) — 核分裂実験装置研究室設置
Construction of Fission Experiment Facility Research Laboratory
- | 昭和37年(1962) — 放射性同位元素実験室設置
Construction of Radio Isotope Laboratory
- | 昭和38年(1963) — 研究施設本館建設
Construction of Main Building of the Research Laboratory
- | 昭和39年(1964) — 東京工業大学原子炉工学研究所発足(7部門体制)
Establishment of the Research Laboratory for Nuclear Reactors (7-Division Organization)
- | 昭和40年(1965) — 原子動力実験室設置
Construction of Nuclear Power Laboratory
- | 昭和42年(1967) — 同位体分離実験室設置(現: 同位体科学実験室)
原子炉設計理論部門増設(8部門体制)
Construction of Isotope Separation Laboratory (Present Name: Isotope Science Laboratory)
Establishment of Reactor Design Division (8-Division Organization)
- | 昭和45年(1970) — 高温核燃料要素実験室設置
原子炉燃料部門増設(9部門体制)
Construction of High-Temperature Nuclear Fuel Elements Laboratory
Establishment of Nuclear Fuel Division (9-Division Organization)
- | 昭和49年(1974) — 広領域線質放射線照射実験室設置
Construction of Multi-Purpose Irradiation Facilities Laboratory
- | 昭和50年(1975) — 放射線物理部門(改称、旧: 保健物理部門)
Radiation Physics Division (Renamed, Old Name: Health Physics Division)
- | 昭和53年(1978) — 原子炉安全性工学部門設置(10部門体制)
Establishment of Nuclear Reactor Safety Engineering Division (10-Division Organization)
- | 昭和55年(1980) — トリチウム化学部門設置(11部門体制)
Establishment of Tritium Chemistry Division (11-Division Organization)
- | 昭和60年(1985) — ブランケット安全工学部門設置(原子炉安全性工学部門の転換)
Establishment of Blanket Safety Engineering Division (Change of Nuclear Reactor Safety Engineering Division)
- | 平成2年(1990) — 原子炉工学研究所改組(3大部門体制)
Reorganization of Research Laboratory for Nuclear Reactors (3-Broad-Division Organization)
- | 平成7年(1995) — システム・安全工学部門 外国人客員教授設置
Establishment of a foreign visiting professor at System and Safety Engineering Division
- | 平成28年(2016) — 科学技術創成研究院先導原子力研究所発足
Laboratory for Advanced Nuclear Energy (LANE), Institute of Innovative Research
- | 平成30年(2018) — 放射線総合センターよりコバルト60照射施設を移管
Co-60 Gamma-ray Irradiation Facility was transferred from Radioisotope Research Center.

平和で安全・安心な社会の構築と 世界の持続的発展のための原子力研究

国立大学法人となった際に、研究所として中期目標・計画を策定し、現在はその第三期に入っています。現在の中期計画では、ミッション主導型研究として、「革新的原子力システム研究」、「アクチノイド・マネジメント研究」、「グローバル原子力セキュリティ研究」、および「高度放射線医療研究」を推進しています。また、次期中期計画に向けての新しいテーマが生まれることを期待して、それら4つの基礎基盤となる研究も推進しています。さらに、2011年の福島原発事故以降は、除染をはじめ、福島復興に向けた取り組みに務めています。

先導原子力研究所は、エネルギー問題と地球規模の環境問題の解決を目指す原子力の基盤研究をプロジェクトの柱として実施し、放射線応用を含めた原子力分野のフロンティアを開拓できる拠点研究機関として、米国、欧州、旧ソ連諸国をはじめ、インドネシア、ベトナム、タイ等の東南アジア諸国とも連携し、原子力・放射線応用のグローバルな連携拠点を目指しています。

大学の附置研究所として、学生の教育は重要なミッションです。3学院(工学院、物質理工学院、環境・社会理工学院)、5系(機械系、電気電子系、材料系、応用化学系、融合理工学系)にまたがる複合系コースである原子核工学コースは本研の教員により運営され、次代を担う優れた学生を輩出するべく高度な教育を行っています(教育関係はコースガイドを参照)。

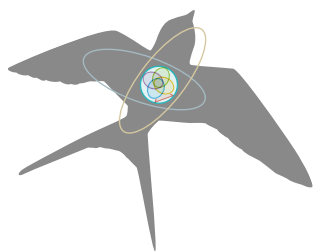
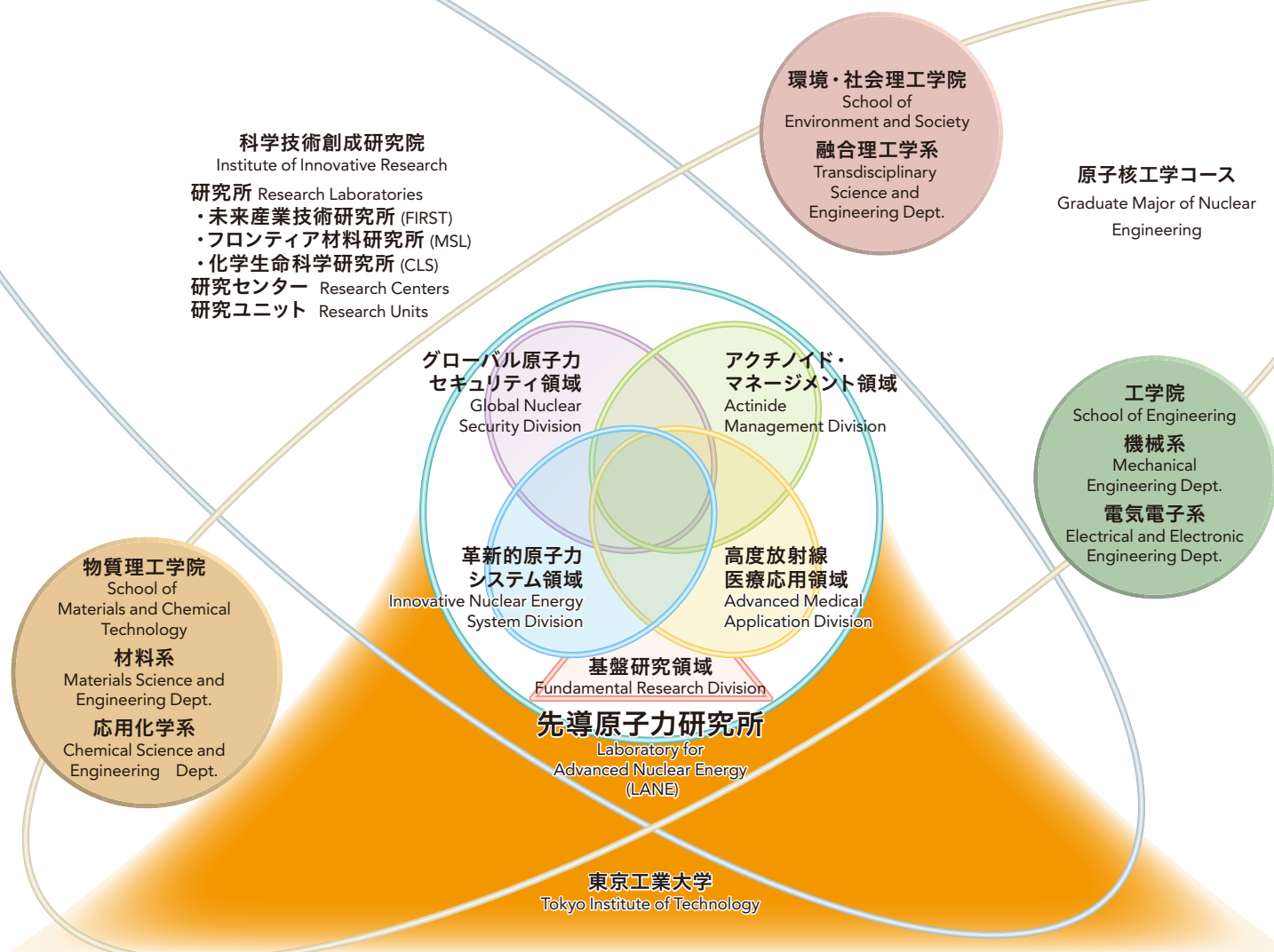
Nuclear energy research leading to a peaceful, safe, and secure society and to sustainable development of the world

When Tokyo Institute of Technology turned into an independent administrative entity in 2004, Laboratory for Advanced Nuclear Energy (LANE) formulated the medium-term objectives and plan. Now we have entered into the third-term of the plan, and promoted the current mission-driven research projects such as, "Innovative nuclear energy system study", "Actinide management study", "Global nuclear security study", and "Advanced radiation application for medical treatment study". At the same time, fundamental studies concerning the above four projects have been also promoted. Furthermore, after the Fukushima Dai-ichi nuclear plant accidents in 2011, we have been dedicated to study the decontamination of radioactive materials from the land/water or buildings/houses, decommission of the reactors, and disposal of damaged fuels.

LANE conducts scientific research of nuclear energy to seek for practical solutions of problems between energy and global environmental issues, and works in cooperation not only with the United States, European countries and former republics of the Soviet Union but also with South-East Asian countries such as Indonesia, Vietnam, Thailand, etc. We aim to be a global hub research institute leading to explore the frontiers in nuclear energy including various radiation applications.

Education of students is another important mission of the research laboratory attached to the university. Graduate Major in Nuclear Engineering is operating by the professors of the Laboratory, and high-level education for glowing-up students who are responsible to the next generation is pursuing (see Guide of the Graduate Major).





| 国名 Country | 連携(学術交流)先名称 Organization |
|-----------------------|--|
| 米国 U.S.A | マサチューセッツ工科大学先進原子力研究センター Massachusetts Institute of Technology (Center for Advanced Nuclear Energy Systems) |
| コンソーシアム consortium | 欧州委員会共同研究センター Joint Research Center (JRC), European Commission |
| イギリス England | ブリストル大学 サウス・ウエスト原子力ハブ University of Bristol (South West Nuclear Hub) |
| ドイツ Germany | ヘルムホルツ研究センター Helmholtz Zentrum Dresden-Rossendorf IPRESKA プロジェクト (ベッカーテクノロジー社) Integration of Pool scrubbing Research to Enhance Source-team Calculations |
| イタリア Italy | メッシーナ大学 電子化学工学専攻 University of Messina (Department of Electron Engineering, Chemistry and Industrial Engineering) |
| チェコ共和国 Czech | CVR 研究所 Research Centre REZ |
| フランス France | 原子力・新エネルギー庁 French Alternative Energies and Atomic Energy Commission |
| セルビア共和国 Serbia | ベオグラード大学ビンカ原子力科学研究所 University of Belgrade (Vinca Institute of Nuclear Sciences) |
| ロシア Russia | ボレスコフ触媒研究所 Boriskov Institute of Catalysis |
| インドネシア Indonesia | インドネシア原子力庁 Indonesian National Atomic Energy Agency |
| ベトナム Vietnam | ベトナム原子力委員会 Vietnam Atomic Energy Commission ハノイ大学理学部物理学科 Hanoi University of Science (Department of Physics) |
| モンゴル Mongolia | モンゴル国立大学原子核研究センター National University of Mongolia (Nuclear Research Center) |

教職員一覧 Members List of LANE

革新的原子力システム領域

| | |
|-----|--------|
| 教授 | 小原 徹 |
| 教授 | 加藤 之貴 |
| 教授 | 小林 能直 |
| 准教授 | 片渕 竜也 |
| 准教授 | 木倉 宏成 |
| 准教授 | 近藤 正聡 |
| 助教 | 西山 潤 |
| 助教 | 高須 大輝 |
| 助教 | 高橋 秀治 |
| 助教 | 安井 伸太郎 |

Innovative Nuclear Energy System Division

| | |
|---------------------|--------------------|
| Professor | Toru Obara |
| Professor | Yukitaka Kato |
| Professor | Yoshinao Kobayashi |
| Associate Professor | Tatsuya Katabuchi |
| Associate Professor | Hiroshige Kikura |
| Associate Professor | Masatoshi Kondo |
| Assistant Professor | Jun Nishiyama |
| Assistant Professor | Hiroki Takasu |
| Assistant Professor | Hideharu Takahashi |
| Assistant Professor | Shintaro Yasui |

アクチノイド・マネージメント領域

| | |
|-----|--------|
| 教授 | 竹下 健二* |
| 准教授 | 鷹尾 康一郎 |
| 准教授 | 塚原 剛彦 |
| 助教 | 中瀬 正彦* |
| 助教 | 井戸田 直和 |

Actinide Management Division

| | |
|---------------------|--------------------|
| Professor | Kenji Takeshita* |
| Associate Professor | Koichiro Takao |
| Associate Professor | Takehiko Tsukahara |
| Assistant Professor | Masahiko Nakase* |
| Assistant Professor | Naokazu Idota |

グローバル原子力セキュリティ領域

| | |
|-----|-----------------|
| 准教授 | 相樂 洋 |
| 准教授 | 吉田 克己 |
| 助教 | 澤田 哲生 |
| 助教 | Anna Gubarevich |

Global Nuclear Security Division

| | |
|---------------------|-----------------|
| Associate Professor | Hiroshi Sagara |
| Associate Professor | Katsumi Yoshida |
| Assistant Professor | Tetsuo Sawada |
| Assistant Professor | Anna Gubarevich |

高度放射線医療応用領域

| | |
|-----|-------|
| 教授 | 小栗 慶之 |
| 教授 | 林崎 規託 |
| 准教授 | 松本 義久 |
| 准教授 | 長谷川 純 |
| 助教 | 島田 幹男 |

Advanced Medical Application Division

| | |
|---------------------|----------------------|
| Professor | Yoshiyuki Oguri |
| Professor | Noriyosu Hayashizaki |
| Associate Professor | Yoshihisa Matsumoto |
| Associate Professor | Jun Hasegawa |
| Assistant Professor | Mikio Shimada |

基盤研究領域

| | |
|-----|--------|
| 教授 | 飯尾 俊二 |
| 教授 | 千葉 敏 |
| 准教授 | 赤塚 洋 |
| 准教授 | 筒井 広明 |
| 助教 | 石塚 知香子 |

Fundamental Research Division

| | |
|---------------------|------------------|
| Professor | Shunji Iio |
| Professor | Satoshi Chiba |
| Associate Professor | Hiroshi Akatsuka |
| Associate Professor | Hiroaki Tsutsui |
| Assistant Professor | Chikako Ishizuka |

※福島復興・再生研究ユニット

※Fukushima Reconstruction and Revitalization Unit





Development of Back-end Technology of Nuclear Fuel Cycle

原子燃料サイクルのバックエンド技術開発

Kenji TAKESHITA, Prof.
教授 竹下 健二

✉ takeshita@lane.iir.titech.ac.jp
☎ 03-5734-3845

原子燃料サイクル研究

軽水炉燃料サイクルの安全性確保と使用済み燃料の安全な処理処分を目的に、バックエンド関連の課題を研究している。分離科学及び機能性分子設計などの基礎研究を活かして、「ガラスへの再処理廃棄物の封じ込め技術」、「再処理工程で発生する高レベル放射性廃液(HLW)の分離変換技術」、「HLWに含まれる有価物回収技術」等の開発研究を行っている。

環境保全研究

福島第一原子力発電所事故では放出された放射性物質によって原発周囲の環境が汚染され、原子力の安全性への国民の信頼を大きく損なう結果となった。研究室では原子力の信頼回復のために原子力サイト内の汚染水処理技術、植物体、土壌、汚泥からの放射性核種の回収技術などを国の支援の下で研究している。

Nuclear Fuel Cycle Study

For promoting the security of nuclear fuel cycle and the safety disposal of high-level wastes, we are studying R&D subjects on back-end technology. Based on fundamental studies such as separation science and functional molecule design, we are developing the vitrification process for stable containment of HLW, the PT (partition and transmutation) of long-lived elements from HLW and the recovery of valuable metals from HLW.

Environmental Protection Study

The environment in the nuclear power plant and its surrounding area were contaminated by the release of large amounts of radioactive elements by Fukushima nuclear disaster and the public confidence in the nuclear safety was lost. For recovering the trust of nuclear technology, we are developing the decontamination technology of polluted water in the nuclear site and the removal technology of radioactive materials from polluted plants, soil and sludge.

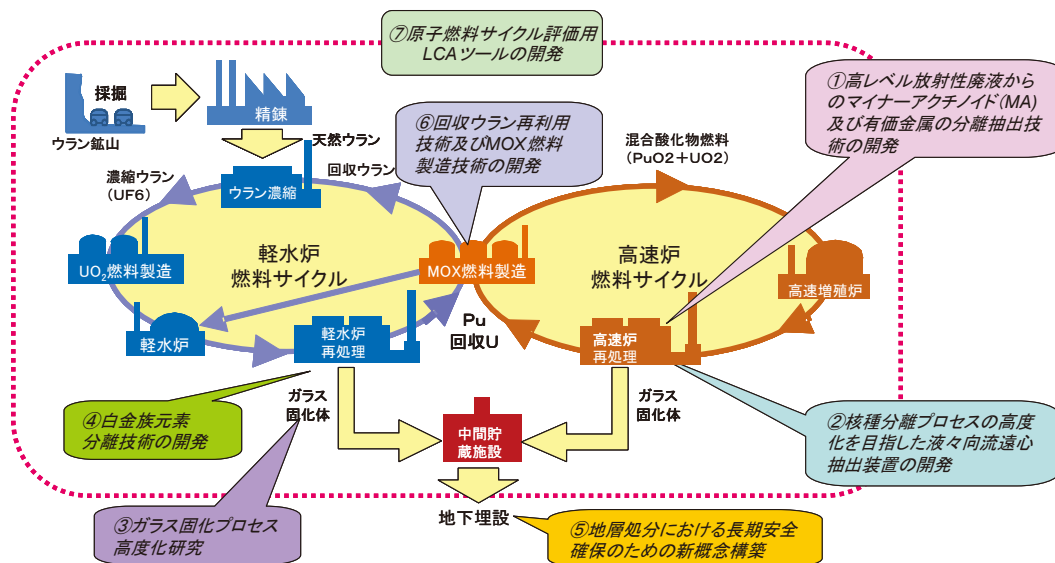


図1 原子燃料サイクル研究の主要な研究テーマ

Fig.1 Research subjects promoted in the nuclear fuel cycle study

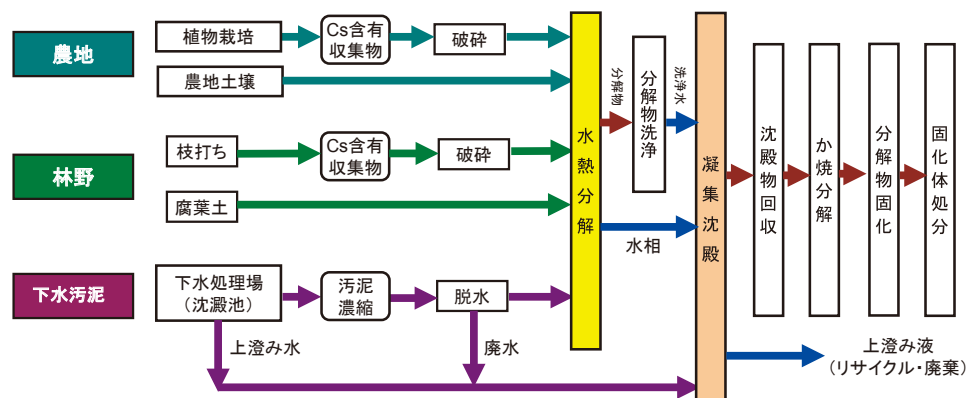


図2 Cs汚染した森林、農地、下水汚泥の処理システム

Fig.2 Decontamination processes of soil, forest and sewage sludge polluted by radioactive cesium



Development of high-precision nuclear data and its applications

核分裂機構に基づく高精度核データが切り開く未来

Satoshi CHIBA, Prof.
教授 千葉 敏✉ chiba.satoshi@lane.iir.titech.ac.jp
☎ 03-5734-3066

核反応基礎工学

原子力は中性子が媒介して生起する核反応を制御して物質の質量をエネルギーに変換する技術ですが、原子燃料となるウランやトリウムは宇宙で起きる中性子核反応です。我々は原子力を核反応基礎工学と捉え、その基礎となる原子核反応を理解し、それにより原子力の安全性を高め、新しい応用の可能性を探り、さらに自然を理解するための研究を理工融合の視点の下で行います。

核反応機構の解明

核分裂のメカニズムは発見から80年経った現在でも完全には解明されていません。ウラン以外の核種では圧倒的に実験データも不足しています。そこで主として理論核物理の計算科学的な手法を用いて核分裂機構の解明に挑戦しています。また最近では核融合による重元素生成の機構の研究にも取り組んでいます。研究テーマに応じて原子力機構グループとの協力による核分裂性核種を取り扱う高度な物理実験も視野に含みます。

高精度核データの構築とその応用

当研究室では核反応機構の研究から得られる知見を独自の核データに集約し、汎用粒子線輸送シミュレーションコードPHITSや連続エネルギーモンテカルロ計算コードMVPを用いて廃止措置における放射化放射能生成量の厳密な評価や長寿命核分裂生成物の低減のための高速炉による核変換の研究を行っています。

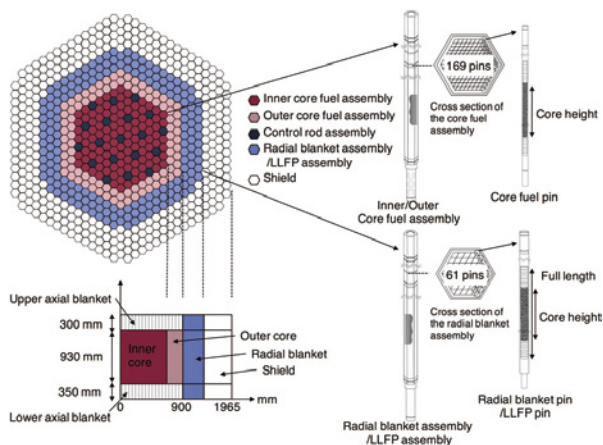


図1 長寿命核分裂生成物の核変換のための高速炉レイアウト; *Scientific Reports* 7 : 13961 doi: 10.1038/s41598-017-14319-7 (2017)より転載

Fig.1 Core layout of the fast spectrum reactor for LLFP transmutation; Reprinting of *Scientific Reports* 7 : 13961 doi: 10.1038/s41598-017-14319-7 (2017).

The whole process of nuclear data evaluation from the nuclear fission to its applications

We study nuclear reactions as a fundamental process underlying nuclear energy. Neutron-induced reaction is the source of energy in nuclear reactors, while it serves as origin of elements such as Uranium and Thorium in the cosmos. Understanding of nuclear reactions is, therefore, basis for safe usage of nuclear energy as well as comprehending nature itself. In our laboratory, you can learn the whole process of nuclear data evaluation from the nuclear fission to its applications.

Mechanism of nuclear fissions

A Complete understanding of nuclear fission mechanism is a big challenge even though more than eighty years have passed since the discovery of nuclear fissions. Experimental fission data except for uranium is still insufficient. Then, we have studied the fundamental mechanism of nuclear fissions and fusions, mainly based on theoretical nuclear physics and computational scientific approaches. We also have a close connection with JAEA for sophisticated experimental activities involving fissionable nuclei.

High-precision nuclear data and its applications

We have developed an original fission nuclear-data based on our fundamental research of fission mechanism. We also have applied our nuclear data to evaluation of a new transmutation system for long-lived fission products, and that of for decommissioning of nuclear facilities, by Particle and Heavy Ion Transport code System (PHITS) or continuous-energy Monte Carlo codes (MVP).

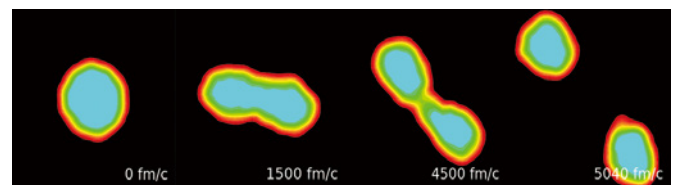


図2 微視的核反応モデルを用いた²³⁶U核分裂の模擬計算
Fig.2 Simulation of ²³⁶U fission using a microscopic reaction model



Toward solution for the issues of tokamak fusion reactors

トカマク型核融合炉の課題解決に向けて

Shunji IIO, Prof.
教授 飯尾 俊二

✉ siio@lane.iir.titech.ac.jp
☎ 03-5734-3377

簡易ヘリカル磁場によるディスラプション抑制

トカマク型核融合装置の突発的放電停止に至るディスラプションを、プラズマ位置の安定作用のある図1に示すような簡易ヘリカル形状コイルを用いた受動的制御により抑制できることを実証するために、小型トカマク装置(図2)を製作し、実験(図3)を行っている。

プラズマの接触による第一壁の損傷を回避し、計画外の点検・保守を無くしてトカマク型核融合炉の稼働率を高めることを狙う。トカマク装置に共通の課題であるディスラプションがヘリカル装置で発生しないのは、ヘリカル磁場配位ではプラズマ位置安定性がよいため、熱消滅が生じて放電停止に至らないとする仮説の検証にもなる。

核融合炉に適用可能な磁気計測

長時間放電かつ低誘導放射能の磁性体を用いる核融合炉において、プラズマの位置・形状制御に不可欠な電流・磁場計測に課題がある。電磁誘導による起電力を積分する従来の方式は、デジタル積分を行ってもドリフトにより1時間程度以下しか精度を保てない。そこで、瞬間計測が可能な光ファイバを用いた電流・磁場計測法を評価している。また、ポロイダル磁束と矛盾しないように磁化表面電流を求めて磁性体の影響補正を行う数値解析法も開発している。

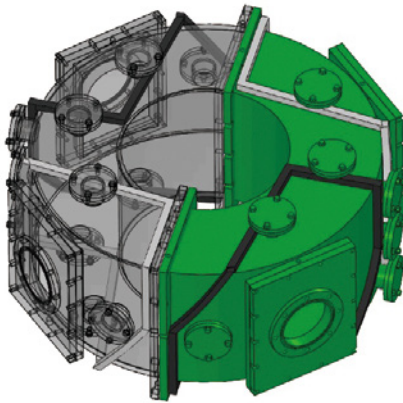


図1 簡易ヘリカル磁場を生成する展開図では平行四辺形のコイル例の鳥瞰図
Fig.1 Illustration of example coils installed on the vacuum vessel to generate simplified helical fields

Suppression of disruptions with simplified helical fields

To demonstrate the suppression of disruptions, which lead to abrupt termination of tokamak discharges, by passive stabilization of plasma position with simplified helical coils as shown in Fig.1, we have fabricated a small tokamak device, PHiX (Fig.2) and have been conducting experiments (Fig.3). The availability of tokamak-type fusion reactors will be raised with simplified helical coils

Magnetic diagnostics for fusion reactors

There are issues to be resolved in magnetic diagnostics on fusion reactors, which will be operated as long pulses. We have evaluated the current and magnetic field measurements with optical fibers to avoid integration drift of conventional magnetics. And we are developing numerical scheme to correct the effects of magnetic materials installed inside the vacuum vessel to reduce induced radioactivity on magnetic measurements.

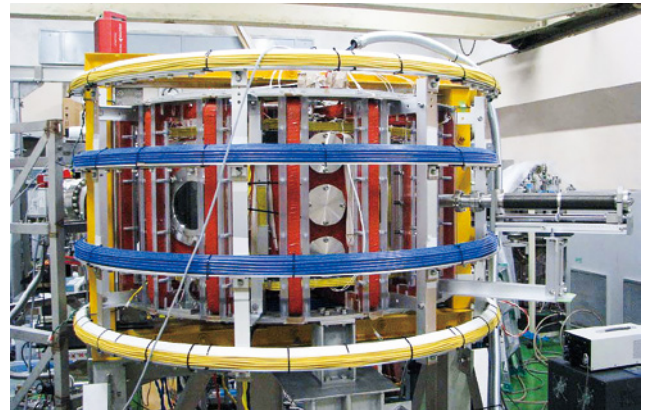


図2 小型トカマク装置PHiXの外観写真
Fig.2 Photo of a small tokamak device, PHiX

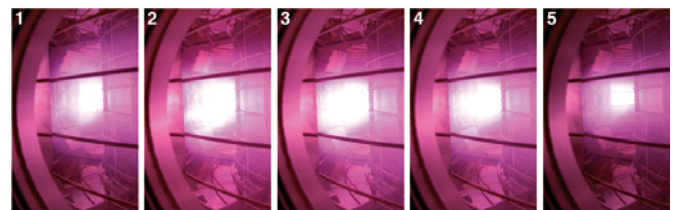


図3 フィードバック位置制御を行ったプラズマの1ms間隔の接線TV映像
Fig.3 Tangential 1-ms interval TV-images of plasma sustained by feedback position control.



MeV Ion beams: Technology towards the future

未来を拓く MeV イオンビーム技術

Yoshiyuki OGURI, Prof.
教授 小栗 慶之

✉ yoguri@lane.iir.titech.ac.jp
☎ 03-5734-3071

高温標的と重イオンビームの相互作用

重イオン慣性核融合の基礎研究の一環として、プラズマや原子に解離した高温ガス標的と重イオンビームとの相互作用、特に標的へのエネルギー付与を調べる実験を進めている(図1)。

イオンビームを用いた精密分析技術の開発

PIXE(荷電粒子励起X線放出)、PIXRF(陽子線励起X線蛍光分析)、RBS(ラザフォード後方散乱)等のイオンビーム分析法を用いて、環境科学等への応用に向けた高感度精密分析技術の開発を行っている(図2)。

陽子線励起準単色X線の医学利用

陽子線励起X線の高い単色性を利用した診断用高コントラスト透視撮影技術や、副作用の少ない深部ガン放射線治療の基礎研究を行っている(図3)。

Interaction between high-temperature targets and heavy-ion beams

As a part of heavy-ion inertial fusion studies, interaction of heavy ions with plasma or dissociated hot gas targets, particularly projectile energy deposition to the target, is experimentally investigated (Fig.1).

Development of ion-beam-based microanalytical techniques

High-sensitivity microanalytical techniques for environmental sciences are studied based on ion-beam analyses such as PIXE (Particle-Induced X-ray Emission), PIXRF (Proton-Induced X-ray Fluorescence) and RBS (Rutherford Backscattering) (Fig.2).

Medical application of proton-induced quasi-monochromatic X-rays

High-contrast clinical radiography and deep-seated cancer therapy with few side effects are being developed through the use of high monochromaticity of proton-induced quasi-monochromatic X-rays (Fig.3).

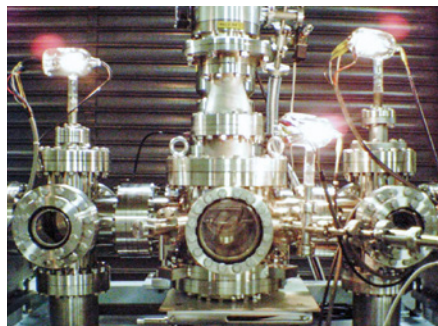
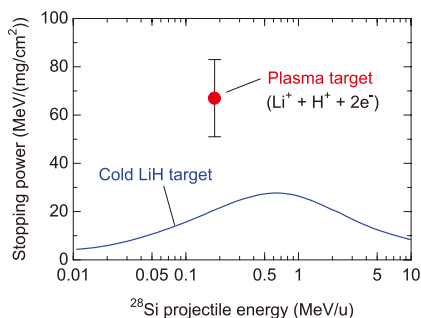


図1 (左)レーザー生成リチウム+水素プラズマ標的中のSiイオンビームの阻止能の測定結果; (右)開発中の衝撃波駆動解離水素ガス標的

Fig.1 (Left) Experimental result on the stopping power of Si ions in a laser-produced Li + H plasma; (Right) Shock-driven dissociated hydrogen gas target under development.

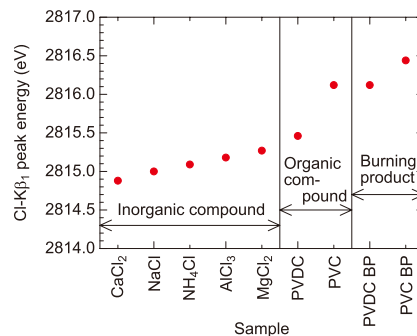
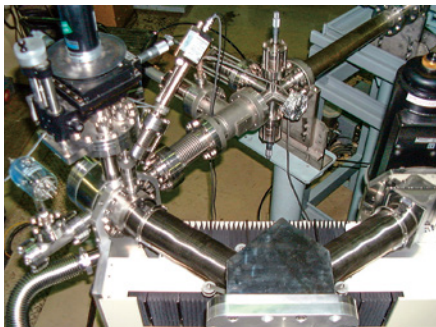


図2 (左)波長分散型PIXE分析装置; (右)環境中塩素の化学状態分析に向けた標準試料及び燃焼生成物中の塩素のKβ₁X線の化学シフトの測定結果("BP": 燃焼生成物)。

Fig.2 (Left) Wavelength-dispersive PIXE system; (Right) Chemical shift of chlorine Kβ₁X-rays measured for standard samples and burning products for chemical speciation of chlorine in environmental samples ("BP": Burning Product).

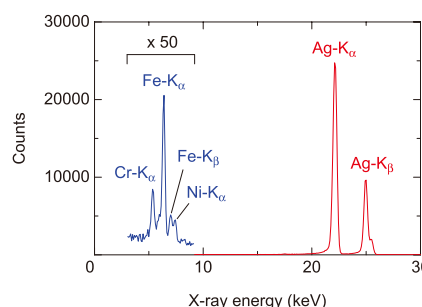
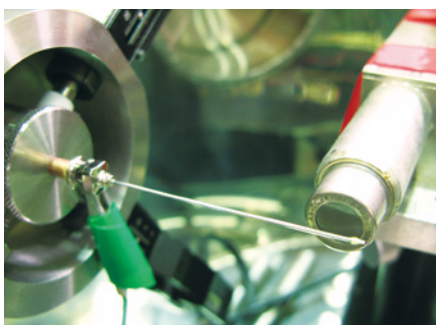


図3 (左)深部ガン治療用注射針型陽子線励起準単色X線源と半導体X線検出器; (右)銀標的を内蔵した注射針から発生したX線のエネルギースペクトル

Fig.3 (Left) Syringe-needle type proton-induced quasimonochromatic X-ray source for deep-seated cancer therapy and a semiconductor X-ray detector; (Right) Measured spectrum of the X-rays from a needle with a silver target.

革新的原子炉概念の追及と臨界安全解析の高度化

Toru OBARA, Prof.
教授 小原 徹✉ tobara@lane.iir.titech.ac.jp
☎ 03-5734-2380

ブリードバーン型高速炉概念研究

低炭素社会の実現には安全で廃棄物発生が少ない革新的な原子炉の開発が必要不可欠である。この研究では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モジュール型のブリードバーン型高速炉の開発を進めている。

福島原子力発電所廃止措置時の臨界安全

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。

空間依存動特性解析手法の高度化

福島第一原子力発電所での燃料デブリの取り出しや核燃料製造施設、再処理工場等での臨界事故時の安全対策を検討するためには、様々な体系で動特性解析を行う必要がある。本研究では、従来解析が困難であった領域間が核的に弱く結合している体系の空間依存の動特性解析手法の開発を行っている。

Study on Breed and Burn Fast Reactor

Development of innovative nuclear reactor with safe and less nuclear waste is necessary to realize low carbon society. In the study, the development of a modular type breed and burn fast reactor 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.

Criticality Safety in the Decommissioning of Fukushima Daiichi NPS

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.

Improvement of Space Dependent Kinetic Analysis Method

It is necessary to perform kinetic analysis for various geometries to establish measures for the criticality accidents in fuel debris removal in Fukushima Daiichi NPS, nuclear fuel fabrication facilities, and reprocessing facilities. Development of kinetic analysis method is in progress for weakly coupled systems, which are difficult to analyze by conventional method.

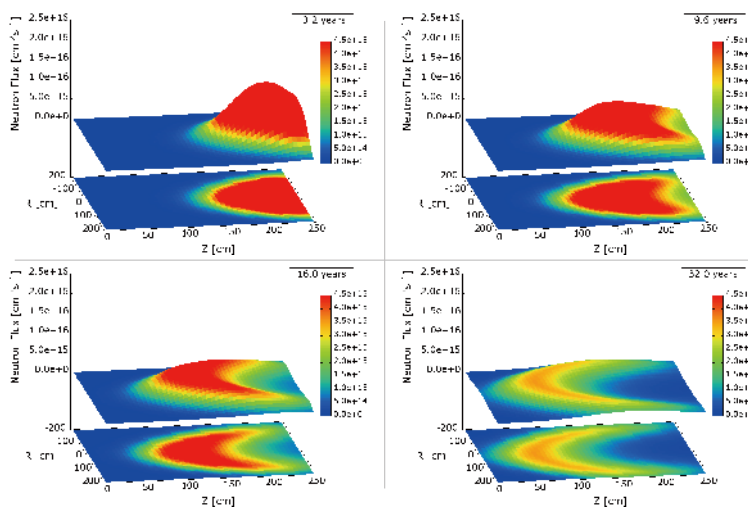


図1 ブリードバーン型の炉心内を移動する中性子束の波
Fig.1 Neutron flux wave traveling in the core of Breed and Burn reactor

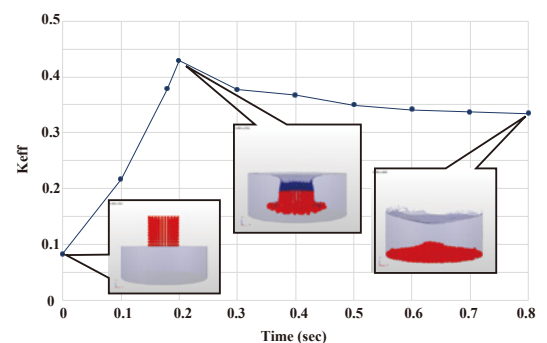


図2 水中に燃料デブリ片が落下した時の実効増倍率の変化
Fig.2 Change of effective multiplication factor during sedimentation of pieces of fuel debris in water.

核熱の有効利用による世界のCO₂排出削減Yukitaka KATO, Prof.
教授 加藤 之貴✉ yukitaka@lane.iir.titech.ac.jp
☎ 03-5734-2967

二酸化炭素排出の削減は地球環境の保護と化石資源節約のために重要である。原子力熱エネルギーの活用がこの削減に有効である。本研究室では核熱を活用するためのエネルギー貯蔵、変換技術の開発を通して、世界の環境への貢献を目指している。

ケミカルヒートポンプを用いた熱エネルギー貯蔵と有効利用

原子力システム、産業プロセス、エンジンから出される中温熱の回収、貯蔵、変換による有効利用を行うためのケミカルヒートポンプを開発している。酸化マグネシウム／水系ケミカルヒートポンプを中心に材料(図1)、装置(図2)、システムを含めた総合的な開発を進めている。

炭素循環エネルギーシステム(ACRES)

二酸化炭素を高温ガス炉などの原子力エネルギーを用いて炭化水素に再生し、新たな炭素資源として循環再利用する“能動的な炭素循環エネルギーシステム(ACRES)”の開発を進めている。製鉄向けのACRESシステム(iACRES)を検討している(図3)。産業プロセスの炭素資源利用節約、二酸化炭素排出削減への貢献が期待できる。

水素透過膜を用いた高効率水素製造システム

次世代のエネルギーキャリアである水素を原子力エネルギーにて高効率に製造する方法として、プレート型非平衡燃料改質水素製造装置を検討している。鍵となる水素透過膜の高性能化のため、逆ビルドアップ法によるパラジウム合金使用量を大幅に削減した透過膜を開発している(図4)。

Carbon dioxide emission mitigation is important for global environment protection and fossil fuel consumption saving. Nuclear thermal power is efficient for the mitigation. For utilization of nuclear power, energy storage and conversion technologies are being developing in our laboratory for contribution on global society.

Chemical Heat Pump for Surplus Heat Recovery and Utilization

Chemical heat pumps which use chemical reactions for heat management are being developed for heat recovery, storage and transformation of surplus heats emitted from nuclear power system, industrial processes and engines. Magnesium oxide/water chemical heat pump is mainly discussed by developing the chemical materials (Fig.1), reactor (Fig.2) and system.

Active Carbon Recycling Energy System

Active Carbon Recycling Energy System (ACRES) in which emitted carbon dioxide is recovered and regenerated into carbon material by using a high-temperature gas reactor (HTGR) and nuclear plants has been proposed. Smart ironmaking system based on ACRES (iACRES) is being developed (Fig.3). ACRES is expected to contribute on the saving of carbon resource consumption and the mitigation of carbon dioxide emission.

High-efficient Hydrogen Production System using Hydrogen Permeation Membrane

A plate-type fuel reformer for high-efficient hydrogen production using nuclear power is developed. Hydrogen permeation membrane is the key material for the reformer. New original membrane which uses one 10th of Palladium alloy for conventional membrane is being developed by the reverse build-up method (Fig.4).

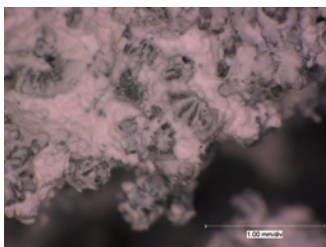


図1 ケミカルヒートポンプ用
高伝熱性化学蓄熱材料(EM8)
Fig.1 Thermochemical energy storage
material with high-thermal
conductivity (EM8)

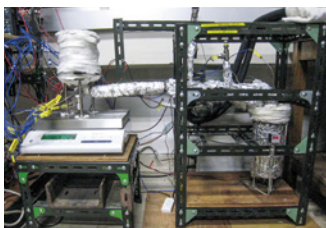


図2 酸化マグネシウム／水系ケミカル
ヒートポンプ試験装置
Fig.2 Demonstration apparatus
for MgO/H₂O chemical heat pump

図3 高温ガス炉(HTGR)利用型の
炭素循環製鉄システム(iACRES)
Fig.3 Smart ironmaking system based of ACRES (iACRES)
driven by high temperature gas reactor (HTGR)

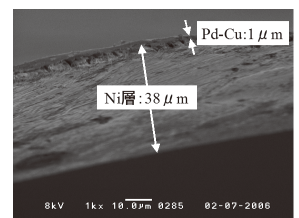
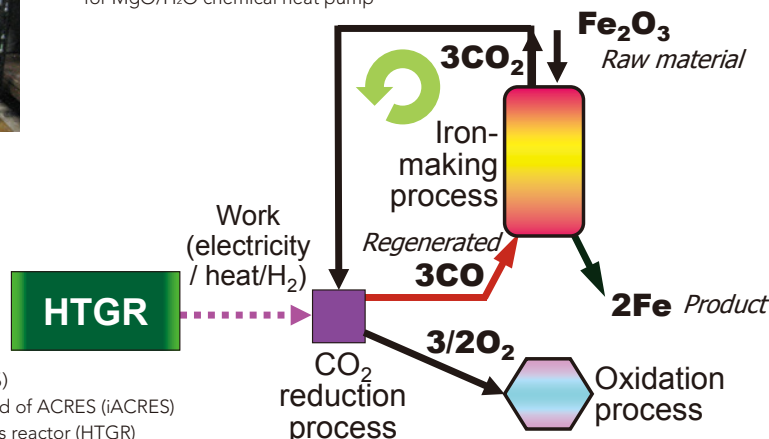


図4 逆ビルドアップ法で開発した
水素透過膜
Fig.4 Developed hydrogen
permeation membrane
prepared by the reverse
build-up method

「次世代革新炉の材料信頼性向上に関する研究」

原子カシステムを長期間にわたり安全にオペレートするために必要な、信頼性の高い健全な金属材料に関する研究を行っています。核燃料被覆材・圧力容器や蒸気管など高温・高腐食性、応力・放射線照射の環境下で長期に使用される金属材料の健全性を高めるため、組成・組織の最適制御を目指した創成プロセス開発と特性評価を行っています。

沸騰水型軽水炉過酷事故後の燃料デブリ取り出しアクセス性に関する研究

過酷事故後の廃炉加速を目指した燃料デブリ取り出しアクセス性を評価するために必要な、燃料デブリと炉心下部構造物の反応による材料損傷状況評価を行っています。また、燃料・制御棒・構造材料からなる系の熱力学的性質を把握し、生成物挙動による炉内状況推測および燃料デブリの安全な取り出しおよび保管に必要な相安定性評価を行っています。また、OECD-NEAの主導する約15カ国の参加する国際プロジェクト「Thermodynamic Characterization of Fuel Debris and FP Products in Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant」に中心的に参画し、セシウム化合物の熱力学的性質について調査を進めるとともに、国際連携の展開を行っています。

Improvement of materials reliability toward innovative nuclear reactors

For the long-time operation of the reactor of next generation, control and reduction of impurities are necessary and studied to make fission fuel cladding and reactor pressure vessel highly resistant to heat, pressure and irradiation. Best mix of composition and microstructure are pursued by the development of creation and evaluation process.

Accessibility for removal of fuel debris in BWR plant after severe accident

To assess the access root to the fuel debris for its removal from nuclear reactors after severe accident, damage and collapse behavior of structural metals in the reactor core should be well understood and studied through materials reaction experiments. Phase stability of debris and formation behavior of fission products are thermodynamically studied for safe removal and storage of the debris and prediction of condition of RPV during severe accident.

On the basis of the active participation to the international project with about 15 countries corporation lead by OECD-NEA as well, "Thermodynamic Characterization of Fuel Debris and FP Products in Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant", thermodynamic investigation on cesium compound based material is being promoted with the expansion of international collaboration.



図1 原子カシステムの安全性・信頼性を向上させる金属工学の概念図
Fig.1 Concept of metallurgy for the safety and reliability of nuclear system.

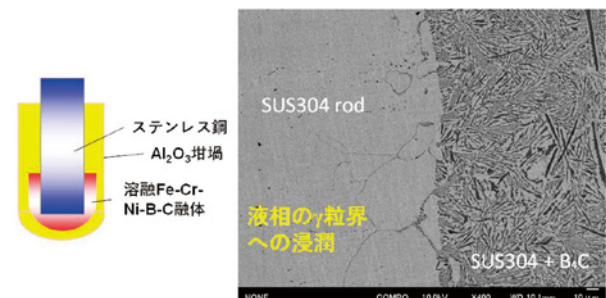


図2 制御棒由来のメタル系デブリとステンレス鋼の反応実験と解析結果例
Fig.2 Reaction experiment between mock control-rod debris and stainless steel.

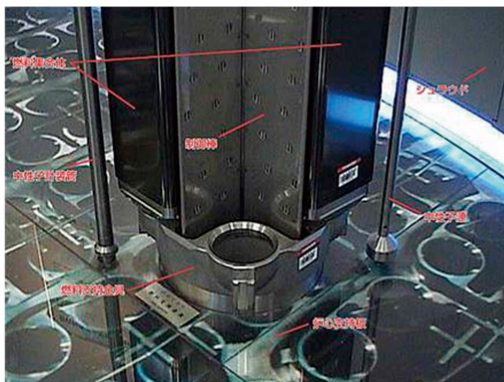


図3 原子炉芯構造物とコールドクルーシブルによる燃料系デブリ模擬熔融試験

Fig.3 Reactor core assembly and reaction experiment between mock fuel-rod debris and stainless steel in a cold crucible furnace.





We create a better society through accelerator and beam technologies.

加速器とビーム技術で豊かな社会を創ります

Noriyasu HAYASHIZAKI, Prof.

教授 林崎 規託

✉ nhayashi@lane.iir.titech.ac.jp

☎ 03-5734-3055

マルチビーム型RFQ線形加速器の研究

低エネルギー大強度重イオンビームの加速を目的とした、マルチビーム型Radio Frequency Quadrupole (RFQ) 線形加速器の開発をおこなっている。2ビーム型のInterdigital-H (IH)-RFQ線形加速器とレーザーイオン源から構成されるマルチビーム加速器システムを開発し、レーザーイオン源で生成された2本の炭素イオンビームを1台のIH-RFQ線形加速器で並列・同時に加速することで、108 mA (2×54 mA) の大強度ビーム加速に成功した。

加速器駆動型中性子源の開発

RFQ陽子線形加速器と液体リチウムターゲットから構成される加速器駆動型中性子源の開発を、ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT) などの医学応用を目的に進めている。

産業用小型電子加速器の開発

電子線滅菌などへの利用を目的とした、大電力ビームを加速可能な、電子線照射プロセス用小型加速器システムの実用化開発を進めている。



図1 2ビーム型IH-RFQ線形加速器の原理実証機

Fig.1 A prototype of a two-beam IH-RFQ linac.

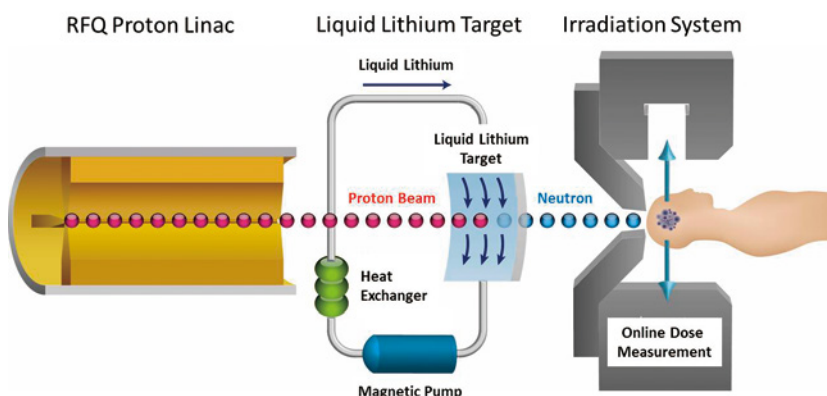


図2 液体リチウムターゲットを用いた加速器駆動型BNCTシステム

Fig.2 Accelerator-driven BNCT system using liquid lithium target.

Study on multibeam type RFQ linac

We developed a two-beam Interdigital-H type Radio Frequency Quadrupole (IH-RFQ) linac as a prototype of a multibeam type RFQ linac for high intensity heavy ion acceleration in the low energy region. The linac can accelerate two beams in parallel in one cavity. Using this linac system, we were able to accelerate carbon ions with an output beam current of about 108 mA (2×54 mA/channel).

Development of accelerator-driven neutron source using RFQ proton linac and liquid lithium target

We have developed an accelerator-drive neutron source system for Boron Neutron Capture Therapy (BNCT) using a compact RFQ proton linac and a liquid lithium target.

Development of compact electron accelerator for industrial irradiation processing

We have developed a compact electron accelerator to be able to produce high power beam for industrial irradiation processing such as electron sterilization.

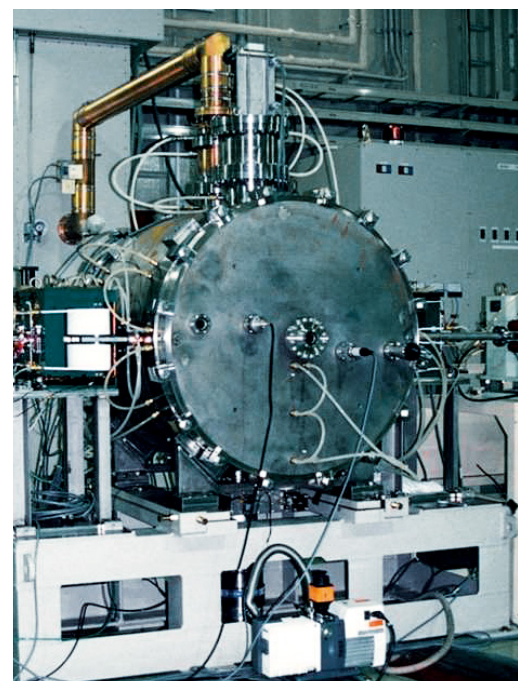


図3 電子線照射プロセス用加速器リッジトロン

Fig.3 A prototype of the compact electron accelerator Ridgatron for industrial irradiation processing.



Plasma Science and Technology — atomic/molecular processes, spectroscopic measurement and engineering application.

プラズマ理工学～原子分子過程、分光計測と工学応用

Hiroshi AKATSUKA, Assoc. Prof.

准教授 赤塚 洋

✉ hakatsuk@lane.iir.titech.ac.jp

☎ 03-5734-3379

プラズマ化学—発光分光計測法の開発

非平衡な各種実験室プラズマ・産業応用プラズマにつき、原子分子過程に則り、電子温度・密度・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。対象は多岐にわたり、核融合に止まらず、原子炉廃止措置～核分裂工学、半導体プロセス～電気電子工学、光学素子表面処理～材料工学、人工衛星電気推進機～航空宇宙工学、自動車エンジン燃焼計測～機械工学、大気・水質放電処理～環境工学、等、幅広い分野で応用されている。

(1) 電子温度・密度の分光計測

1例として、半導体プロセスプラズマの計測につき、Ar励起状態密度分光計測から、電子温度・密度を求める原子過程モデルを案出した。励起状態生成消滅を近似的に記述する原子過程モデルの作成を試みている。その結果、ある程度の精度を持って、発光分光計測により電子温度・密度が計測できることが実証されつつある。最近は大気圧非平衡プラズマも対象としている。

(2) ガス温度・ラジカルの分光計測

例えば、自動車エンジンの模擬燃焼パルスプラズマを分光計測すると、燃焼気体中に窒素分子が含まれるので、その分子回転温度により、ガス温度の近似値が求められることが判明した。これにより、燃焼火炎プラズマ中でのエネルギー緩和過程を理解し、効率的なエンジン燃焼制御法を研究している(図1)。

プラズマ物理学～広がり磁場の遷音速流

人工衛星スラスタ、磁場閉じこめ核融合炉の周辺領域、宇宙地球科学など、様々な分野の基礎現象として重要な、開放端磁場におけるプラズマ流現象につき、超音速加速や温度・密度、さらに空間電位変化に注目して、実験・理論の両面から研究している。プラズマ風洞実験と、粒子流体ハイブリッドシミュレーションを用い、様々な磁場配位につき遷音速プラズマ流を研究している(図2)。

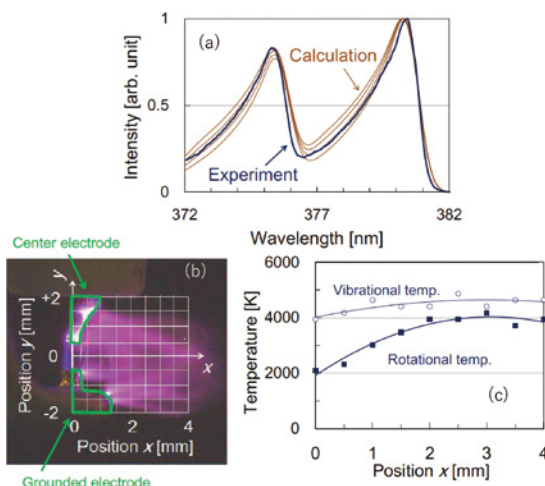


図1 (a) パルスプラズマのN₂2PSバンド発光計測と理論計算によるフィッティング、(b) プラズマ発光、(c) 振動・回転温度の位置依存性。

Fig.1 (a) Theoretical fitting of N₂ 2PS spectrum in pulsed nitrogen plasma, (b) photo of the plasma and (c) position dependence of temperatures.

Plasma Chemistry — Development of Optical Emission Spectroscopic (OES) Measurement Method

We have been studying original methods of OES measurement of plasmas in a state of non-equilibrium based on atomic and molecular processes. The field adopting our OES methods covers wide range of engineering, e.g., not only nuclear fusion, but also nuclear fission engineering, electric/electronic engineering, material engineering, astronautic engineering, mechanical engineering, environmental engineering, etc.

(1) OES Diagnostics of electron temperature and density

We are developing models to describe atomic processes of excitation kinetics in argon plasmas for determination of electron temperature and density of argon-based plasmas. We are now demonstrating the validity of our OES method to measure electron temperature and density with a certain accuracy. Recently we are also examining the OES measurement method for atmospheric-pressure non-equilibrium plasmas.

(2) OES Diagnostics of gas temperature and radical density

We have made OES measurement possible for processing plasmas with reactive species on the gas temperature or radical density measurement, both of which are more directly required for the plasma process monitoring. For example, molecular rotation temperature of nitrogen can approximately indicate the gas temperature of pulsed plasmas. We study energy relaxation process in automobile engines (Fig. 1).

Plasma Physics — Transonic Flow along Open-Field-Lines

We are studying characteristics of plasmas flowing transonically at open-field-line both experimentally and theoretically, which is fundamentally crucial in various scientific and engineering applications like thrusters of artificial satellites, boundary domain of magnetic confinement thermonuclear fusion plasmas, or ionosphere plasmas. We apply plasma wind tunnel for experimental studies, and adopt particle simulation in numerical studies (Fig. 2).



図2 開放端磁場におけるアークジェットの写真。

Fig.2 Photo of arc-jet along open-field line.



Study on neutron nuclear reaction for nuclear energy, astrophysics and medicine

中性子原子核反応の研究 - 原子力、宇宙、そして医療

Tatsuya Katabuchi, Associate Prof.
准教授 片渕 竜也

✉ buchi@lane.iir.titech.ac.jp
☎ 03-5734-3378

中性子核反応の研究

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リ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。

中性子捕捉療法のためのイメージングシステム開発

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。

Study on neutron nuclear reaction

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 LANE and the Japan Proton Accelerator Research Complex (J-PARC).

Development of an imaging system for online dosimetry in neutron capture therapy

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.

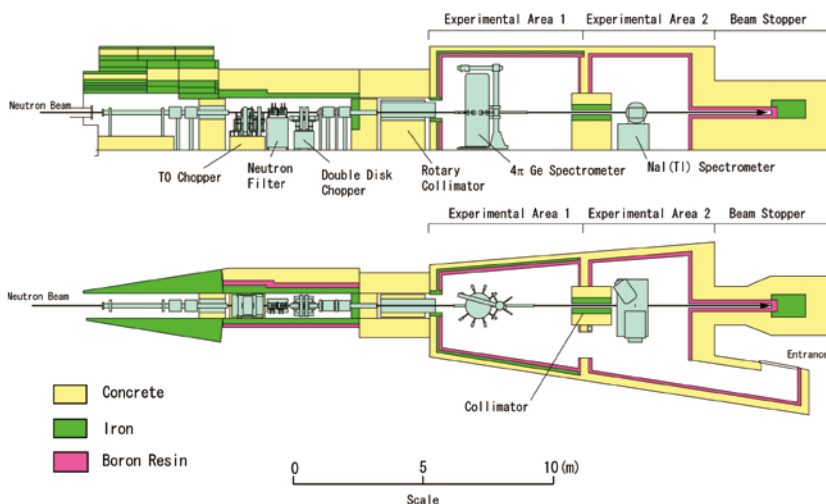


図1 J-PARCの中性子核反応測定装置ANNRI

Fig.1 Accurate Neutron Nucleus Reaction Measurement Instrument (ANNRI) of J-PARC

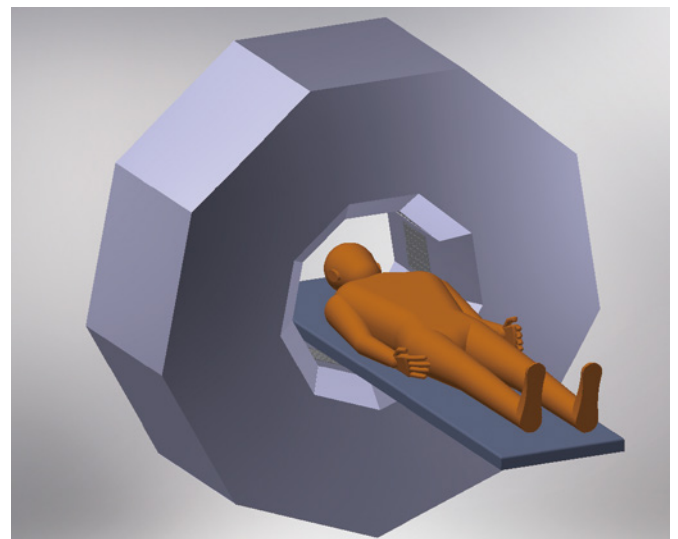


図2 BNCT用線量評価システムの概念図

Fig.2 Conceptual design of online imaging system for BNCT



Measurement, Safety and Diagnosis

計測・安全・診断

Hiroshige KIKURA, Assoc. Prof.
准教授 木倉 宏成✉ kikura@lane.iir.titech.ac.jp
☎ 03-5734-3058

超音波計測技術

現行の軽水炉や将来型炉、高速炉などのプロセス制御技術と計測技術およびそれらを発展させた診断技術をベースに、原子炉の安全性向上と高度化に関する研究を行っている。中でも従来の超音波探傷技術を発展させ、構造物や溶接部の診断とその材料に影響を与える流れ場の同時計測が可能な新しい超音波診断技術を研究している。また、福島第一原子力発電所事故に関連して、超音波を用いた燃料デブリや汚染水漏洩のセンシング技術に関する研究も行っている。

Measurement technique using Ultrasound

Research on the improvement in safety and the advancements of nuclear reactors is done by the diagnostic techniques developed from the measurement techniques and process control strategies used in light-water reactors, future-type reactors and fast reactors. We investigate the novel ultrasonic technique which can diagnose weld defects and measure flows with profound effects on materials. According to Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident, we also study the sensing technique of location of fuel debris and contaminated water leakage.



図1 3D音場計測装置
Fig.1 3D sound field measurement system

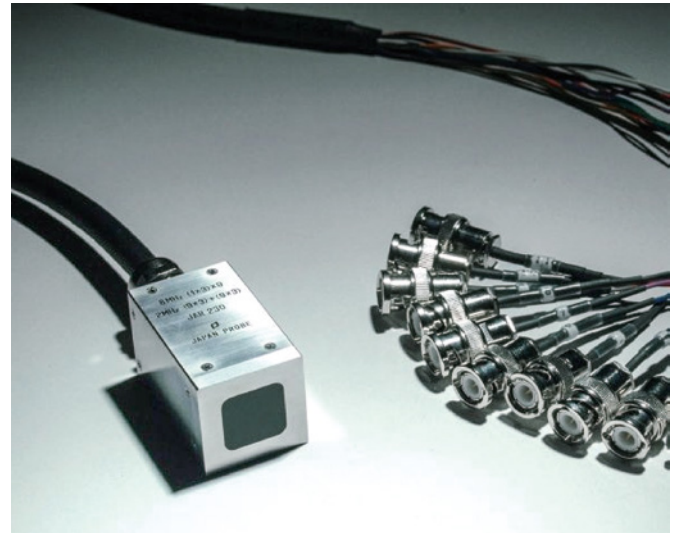


図2 超音波ミニアレイセンサ
Fig.2 Ultrasonic mini-array sensor



図3 フェイズドアレイおよび空中超音波流速分布計測装置
Fig.3 Phased array and air-coupled ultrasonic velocity profile measurement system

革新型原子炉の液体金属冷却システムに関する研究

Masatoshi KONDO, Assoc. Prof.
准教授 近藤 正聡

✉ Kondo.masatoshi@lane.iir.titech.ac.jp
☎ 03-5734-3065

高性能液体金属冷却材の開発

高速炉や核融合炉では、Pb、Pb-Bi、Li、Pb-17Li、Sn等の液体金属が冷却材や燃料増殖材として使用されます。そこで、優れた伝熱性能や化学的安定性を有する液体金属冷却材の開発を行っています。更に、合成した液体金属冷却材の様々な高温物性を調べています。

液体金属の材料共存性に関する研究

高温の流動液体金属による構造材料の腐食が重要な課題です。化学的な腐食により誘起される機械的な損耗現象(コロージンエロージョン)の機構解明(図1)や、液体内化学制御による共存性改善に取り組んでいます。

機能分担型界面構造の開発

様々な特性を有する物質層(酸化物、金属膜、構造材料)を積層し、各層に機能を分担させる事により、耐食性、ガス遮蔽性、自己修復性、構造強度などの複数の機能を同時に発現させる革新的な機能分担型多重界面構造を開発しています。

Development of liquid-metal coolants

Various high-performance liquid-metal coolants (Pb, Pb-Bi, Li, Pb-17Li, Sn, etc.) are currently being researched in our laboratory for use in fast and fusion nuclear reactors worldwide. Experimental investigations of the synthesis and thermophysical properties of these materials are underway.

Materials compatibility of liquid-metal coolants

Materials compatibility is important for the development of liquid-metal coolant systems, and the kinetics of corrosion-erosion under flowing conditions are being investigated by our team (Fig.1). Materials compatibility was improved by chemical control of non-metal impurities in liquid metals.

Development of function-sharing multiple interface layer

We propose a 'function-sharing interface structure' that offers protection against corrosion of structural materials in liquid-metal cooling systems. Anti-corrosion layers are maintained by a self-healing function.

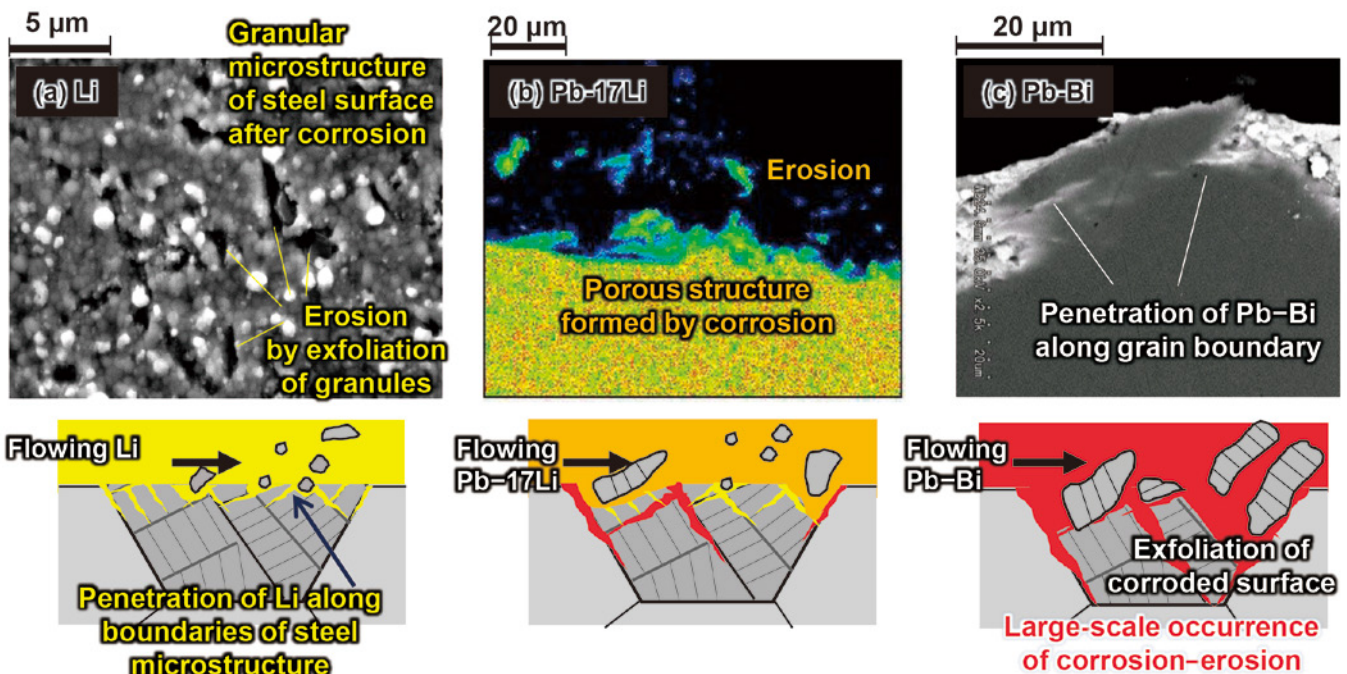


図1 様々な液体金属中で生じるコロージンエロージョン現象

Fig.1 Corrosion-erosion of steels in various liquid metals under flowing conditions



Pursuing Nuclear Safety, Security & Non-proliferation

安全・核不拡散・核セキュリティの追究

Hiroshi SAGARA, Assoc. Prof.

准教授 相樂 洋

✉ sagara@lane.iir.titech.ac.jp

☎ 03-5734-3074

自然災害・核テロ・核拡散脅威に堅牢な原子力システム研究

原子力災害は、自然災害やミスなどの偶発的要因だけでなく、人為的行為によっても起こり得る。国家のみならず非国家主体が「核爆発装置」を造るために核物質を転用または盗用し、製造・使用することも人類への重大な脅威である。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原子力システム研究を行っている。

核不拡散への科学・技術の追究

核物質の兵器転用を防止するための科学・技術を研究している。その一環として、燃料デブリに含まれる核物質を定量する簡便な非破壊測定手法研究開発を、日本原子力研究開発機構と共同で行っており、福島第一原子力発電所の安全で迅速な廃止措置に貢献することを目指している。また、核不拡散や核セキュリティ技術で重要となる特異な核反応に着目し、実装化に重要な核データの調査研究を行っている。

「核のゴミ」を燃料として活用する原子炉の設計研究

長期に渡り放射能を持ち続ける長寿命放射性物質はそのままでは「核のゴミ」だが、注意深く選別・再利用すれば優れた燃料としてのみならず核不拡散性を向上させる特徴を持っている。核のゴミを最小化し調和のとれた原子力エネルギーを目指し、原子炉の設計研究をしている(図2)。

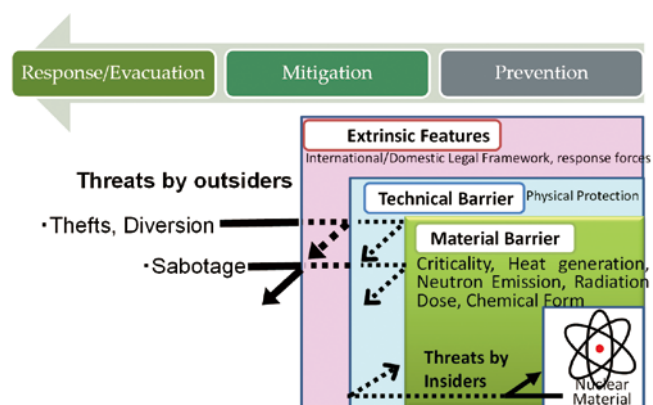


図1 核セキュリティにおける深層防護

Fig.1 Defense in Depth in Nuclear Security

Studies on robust nuclear energy system against threats to safety, security and non-proliferation

Nuclear disaster may be caused not only by accidents such as natural disaster or errors, but also by human intentions such as terrorist attacks. Diversion of nuclear material to fission explosive devices is also significant threats by terrorists or host nations, needed to be most securely prevented. We are pursuing studies on robust nuclear energy system against threats to safety, security and non-proliferation, especially by system designing.

Non-proliferation science & technology

Non-destructive assay technology R&D are being performed to quantify the nuclear material inside fuel debris, cooperating with Japan Atomic Energy Agency, aiming to be applied for safe& secure decommissioning of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station.

Nuclear reactor designing utilizing high level waste material as a valuable fuel

Long lived radioactive nuclides are generally categorized as high level waste material. By careful partitioning, it could be utilized as valuable fuel to generate energy as well as to prevent the fuel from its weaponization. Nuclear reactor designs are performed for waste minimization and harmonization with human society and global environment

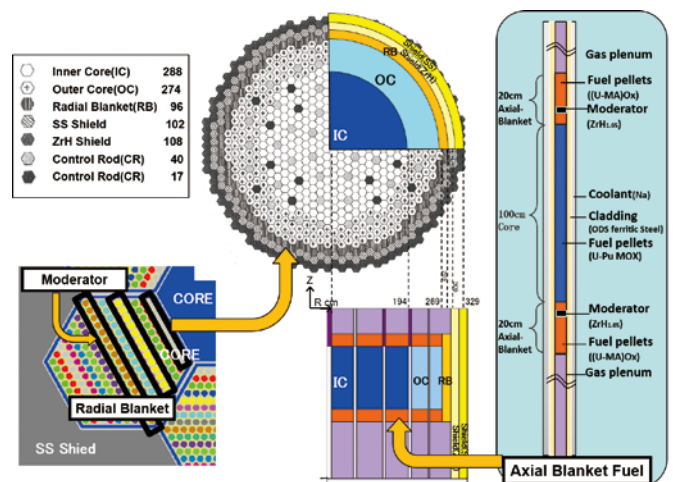


図2 「核のゴミ」を最小化し高い核拡散抵抗性を有する高速炉ブランケット設計研究

Fig.2 FR blanket design for waste minimization and proliferation resistance



Science of Global Environment Using Nanotechnology

ナノテクで地球環境を科学する

Takehiko TSUKAHARA, Assoc. Prof.
准教授 塚原 剛彦✉ ptsuka@lane.iir.titech.ac.jp
☎ 03-5734-3067

機能性ナノ材料の創製と応用

放射性物質を選択的にキャッチ&リリースしたり、放射性物質の有無を色の変化として視覚的にセンシングすることが可能な、機能性ナノ材料(高分子フォトニック結晶、発光試薬、粘土鉱物など)を創製する研究を進めている(図1)。併せて、ナノ界面領域で起こる分子レベルの現象解明にも取り組んでいる。

マイクロ・ナノ化学分離分析システム

半導体加工技術を駆使し、一枚の基板上にマイクロ・ナノスケール(10 nm ~ 100 μm)の微小空間を創り込み、そこに、溶液混合・反応・分離・検出等の様々な化学分析操作を集積化する「マイクロ・ナノ化学システム」の研究開発を進めている。レーザー分光計測法や同位体質量分析法などを組み合わせ、僅か1滴の溶液中に存在する放射性核種(アクチノイド・レアメタルなど)を、数秒で分離・分析することに成功している。現在、このシステムの福島原発事故の現場分析への適用を進めている(図2)。

廃棄物フリー水系溶媒抽出技術の開発

刺激応答性ポリマーは、温度、pH、光などの外場に応答して物理化学特性を急激に相転移させるユニークな材料である。我々は、このポリマーと金属元素に選択的に配位する抽出剤とを水系廃液中で混合・昇温させるだけで、金属錯体内包のポリマーゲルとして分離回収できる“廃棄物を出さない新しい分離法”を開発すると共に、そのポリマーの放射線医療応用を進めている。

Creation of Functional Nano Materials and Its Applications to Nuclear and Radiochemistry

We have created various functional nanomaterials such as photonic crystal polymers, micelles, and etc, which can separate and detect selectively target radionuclides, decontaminate radioactive wastes, and enclose radioactive drugs (Fig.1). Radioactive drug preparation methods for drug delivery system (DDS) and extraction/separation methods of metal ions have been studied.

Micro/Nano Chemical Analysis System

We are trying to realize micro/nano fluidic chip, which various chemical operations invoking reaction, extraction, and separation can be integrated into micro/nano scale spaces on a chip, using micro/nano fabrication technologies. Rapid and highly efficient separation/analysis of radionuclides at single ion level will be constructed by combination with original nano-detection methods (Fig.2).

Development of Waste-Free Solvent Extraction Method

Direct extraction technique of metal ions from aqueous solutions using stimuli-responsive polymers, which exhibit hydrophilic/hydrophobic phase transition, has been investigated. When the polymer and chelating ligands are mixed and heated in an aqueous solution containing metal ions, the polymer is smoothly converted to a gel and the metal chelate complexes can be recovered onto the polymer gel. We have investigated the novel waste-free separation method and its application to radiation therapy.

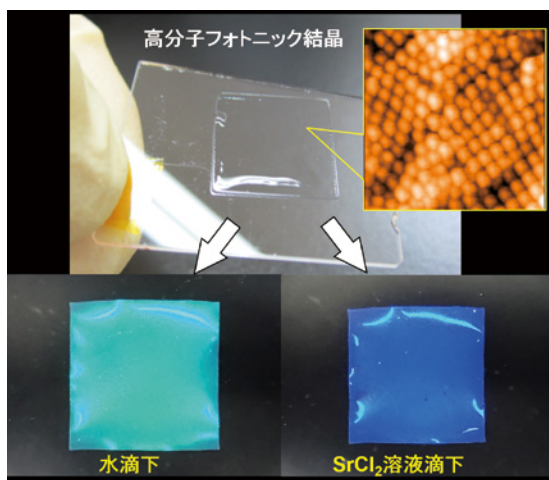


図1 高分子フォトニック結晶による金属イオンセンシング

Fig.1 Sensing of Strontium Ion Using Polymer-Based Photonic Crystal

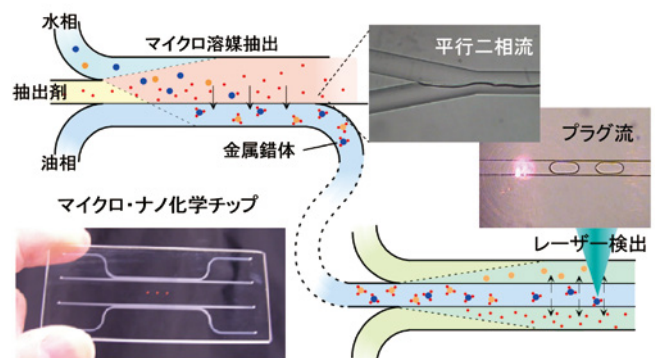


図2 マイクロ・ナノ化学システム

Fig.2 Fundamental Techniques of Micro/Nano Chemical System on a Chip



Application of Strong Magnetic Field: Nuclear Fusion & SMES

強磁場の活用：核融合と超伝導磁気エネルギー貯蔵

Hiroaki TSUTSUI, Assoc. Prof.
准教授 筒井 広明

✉ htsutsui@lane.iir.titech.ac.jp
☎ 03-5734-3465

アルファ粒子のリップル共鳴拡散と有限ラーマー半径効果

DT核融合反応で生じる α 粒子のバナナ軌道はトロイダル方向に歳差運動し、それが磁場リップルと共鳴すると粒子拡散が増大する。図1(a)は、バナナチップ付近の α 粒子軌道と、その旋回中心軌道、及び、旋回中心近似の軌道である。旋回中心近似で拡散係数を評価すると、軸対称磁場での共鳴エネルギーの両側で極大となることを見出した。ポアンカレ・マップ上の粒子位置の変化を調べて、次のような物理機構が明らかになった。図1(b)に示すように、共鳴エネルギーから少し離れたエネルギーの粒子はセパトリクスの外にあり、衝突により島の反対側(ピンクの領域)へ粒子が移り、平均位置が変化して拡散が増大する。他方、共鳴エネルギー付近の粒子はセパトリクス内にあり、衝突によって拡がるものの平均位置はほとんど変化しないため、拡散係数が極大とはならない。現在、有限Larmor半径効果が拡散係数へ及ぼす影響を解析中である。

Virial限界コイルを用いた超伝導磁気エネルギー貯蔵

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。超伝導電線の技術革新は目覚ましいが、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。ビリアル限界コイルはトーラス形状のヘリカルコイルであり(図2)、エネルギー貯蔵効率を減少させる圧縮応力を排除し応力を平準化することで、最大応力を半減することができる。製作性向上を目指し、測地線軌道との比較も行っている。

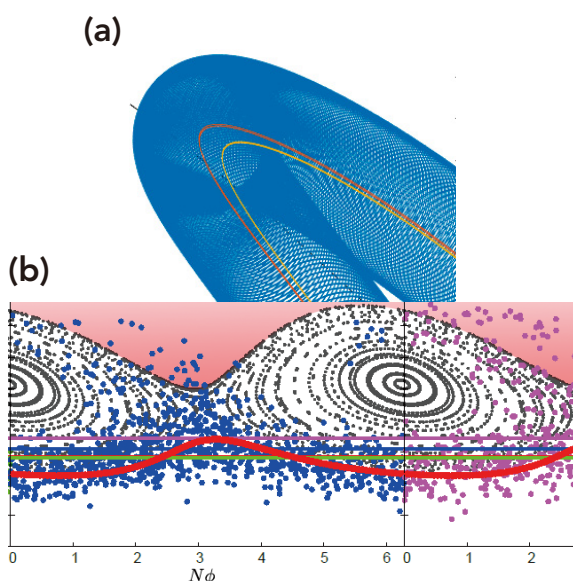


図1 (a) バナナチップ点付近の粒子軌道と、その旋回中心、及び、旋回中心近似軌道 (b) α 粒子位置の位相空間上での時間変化
Fig.1 (a) Trajectories of α particle and its guiding center, and a trajectory by guiding center approximation near a banana tip. (b) Time evolution of α particle positions in a Poincaré map.

Ripple Resonant Diffusion of α Particles and Finite Larmor Radius Effect

The resonance of toroidal precession of the banana orbits shown in Fig.1(a) of DT-fusion α particles with toroidal field ripples enhances particle diffusion. The valuation of the diffusion coefficient by guiding center approximation showed that it has local maxima in both sides of resonant energies in the axisymmetric configuration. Investigation of the time evolution of particle positions in Poincaré maps revealed the following physical mechanism. Particles with slightly different energies from resonance lie outside of the separatrix and that particle movements to the other side of an island, pink colored region in Fig.1(b) shift the averaged positions and hence enhance the particle diffusion. On the other hand, particles with nearly resonant energies lie inside of the separatrix so that the diffusion coefficients do not increase so much since the averaged positions are almost fixed, though particles spread with time. Finite Larmor radius effects are also investigated.

Study of SMES with Virial-Limit Coils

Superconducting Magnetic Energy Storage (SMES) is very promising as an electric power storage system for a night and day load leveling. However, the strong electromagnetic force caused by high magnetic field and large current is a serious problem in SMES system. To cope with this problem, we proposed and verified the concept of the Virial-Limit Coil (VLC), which is optimized to create a strong magnetic field based on the virial theorem which is the relation of magnetic energy and stress. The VLC, which is a helically wound coil with a toroidal configuration (Fig.2), can level the stress distribution. In order to improve its manufacture, a geodesic winding is investigated.

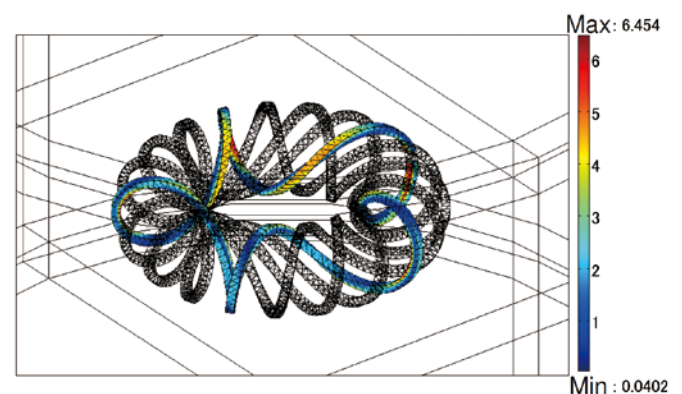


図2 ビリアル限界コイルと、その応力分布
Fig.2 Distribution of stress in a Virial-Limit coil.

Pursuing technologies to generate, control, and utilize various quantum beams

量子ビームの発生・制御・利用技術の探求

Jun HASEGAWA, Assoc. Prof.

准教授 長谷川 純

✉ jhasegawa@lane.iir.titech.ac.jp

☎ 03-5734-3070

レーザーアブレーションによるクラスター生成に関する研究

レーザーアブレーションにより生成した金属蒸気をキャビティ内に閉じ込めヘリウムガスにより急冷することで、質量分散の小さいクラスターを効率的に生成し、クラスタービームとして加速器に供給する技術の開発を行っている(図1)。

高密度プラズマ流の磁気ノズル制御、高輝度ビームの生成に関する研究

レーザーアブレーションにより生成した高密度プラズマ流を対象として、磁気ノズルによるプラズマ流の制御技術や高輝度ビームの発生技術の開発を行っている。重イオン慣性核融合のドライバ加速器のためのハイパワービーム源や宇宙機用のスラスタなどへの技術の応用を目指している。

静電慣性閉じ込め核融合を用いたコンパクト中性子源の開発

放電で生成した重水素イオンを静電的に加速し互いに衝突させることで発生する核融合中性子を利用したコンパクト中性子源を開発している(図2)。爆発物の検知、トンネルや橋梁の健全性評価、地下資源探査、核廃棄物の高感度検出、中性子捕捉療法など、社会の安全安心に関わる幅広い産業分野においてその利用が期待される。

Narrow-sized cluster generation with laser ablation

We are developing technology to efficiently generate clusters of quasi-uniform size by confining metallic vapors generated by laser ablation in the cavity filled with helium gas. We are aiming to elucidate cluster generation mechanism by high speed imaging and time of flight mass spectrometry (Fig.1).

Plasma flow control by a magnetic nozzle for high-brightness beam generation

We are developing technology to control a laser-ablated dense plasma flow by a magnetic nozzle and generate ion flows with high directivity. We are aiming to apply the technology to high-power beam source for fusion drivers and thrusters for space machines.

Compact neutron sources using inertial electrostatic confinement fusion

We are developing a compact neutron source using fusion reactions between high-speed particles electrostatically confined in a potential well (Fig.2). The neutron source is expected to be used for various industrial applications related to safety and security of society: explosive detection, non-destructive inspection of infrastructure, underground resource exploration, high sensitivity detection of nuclear waste, boron neutron capture therapy, and so on.

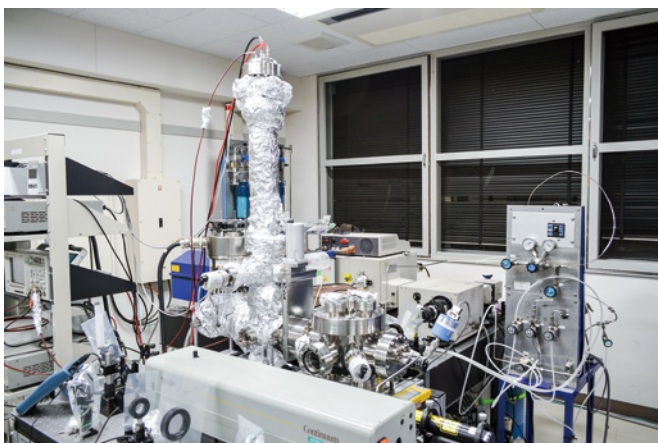


図1 金属クラスタービーム生成・分析装置
Fig.1 Generator and analyzer for metallic cluster beam

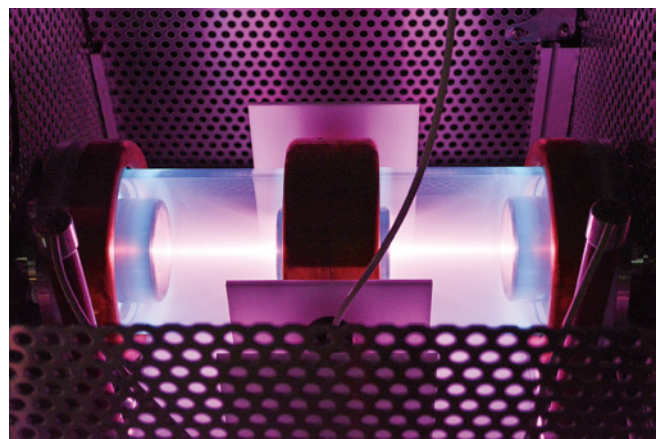


図2 慣性静電閉じ込め核融合を用いた小型中性子源
Fig.2 A neutron source using inertial electrostatic confinement fusion



Understanding biological effects of radiation in terms of "molecule"

放射線の生体影響を「分子」の言葉で理解する

Yoshihisa MATSUMOTO, Assoc. Prof.
准教授 松本 義久✉ yoshim@lane.iir.titech.ac.jp
☎ 03-5734-2273

分子放射線生物学

本研究室では、放射線の生体への作用・影響と生体の放射線に対する反応・応答を分子(遺伝子、タンパク質)のレベルで理解すること、また、これを通じて、原子力・放射線の安全・安心利用に貢献するとともに、医学・生命科学における無限の可能性を切り開くことを目指している。

DNA二重鎖切断の認識・修復の分子機構

放射線は生体の遺伝情報を担う物質、DNAに様々な損傷を与える。その中で、DNA二重鎖切断は最も重篤で、生物効果—例えば、放射線による発がん、がん放射線治療の成否、正常組織への影響の有無など—の鍵を握ると考えられている。本研究室では、分子生物学、生化学的手法を駆使して、生体がDNA二重鎖切断を認識して、修復したり、他の生体防御反応を引き起こしたりするメカニズムを解き明かすことを目指している。その成果を応用することにより、がんの治療効果、正常組織への副作用などを予測したり、コントロールしたりする新たな方法を創出することを目指している。

Molecular Radiation Biology

We seek to elucidate the biological effects of radiation and the biological response to radiation in molecular terms (i.e., in terms of genes and proteins). Through this, we wish to contribute to the promotion of safe, secure use of atomic power and radiation and to explore the infinite potential of radiation in medicine and life science.

Mechanism of the Recognition and Repair of DNA Double-Strand Breaks

Radiation is thought to exert its biological effects through the generation of damage on DNA molecules, which is responsible for the transmission of genetic information. Among various DNA damages, DNA double-strand breaks are thought most critical and responsible for the biological effects, e.g., carcinogenesis, cure of cancer and side effects to normal tissues. We are seeking to elucidate the mechanism of the recognition and repair of DNA double-strand breaks employing molecular biological and biochemical approaches. We also have a keen interest on its application to the prediction and modification of radiosensitivity of cancer and normal tissues in radiotherapy.

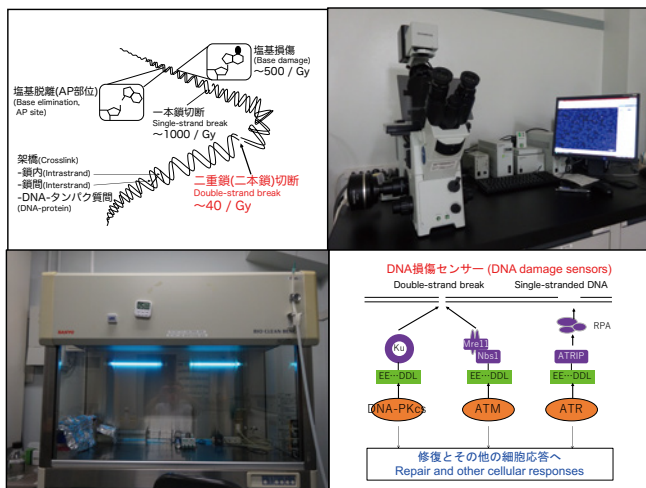


図1 研究テーマと実験設備。左上：放射線によるDNA損傷。右上：蛍光顕微鏡。左下：クリーンベンチ。右下：DNA損傷認識と細胞応答の分子機構のモデル。
Fig.1 Research subjects and instruments. Top left: Radiation-induced DNA damages. Top right: Fluorescent microscope. Bottom left: Clean bench. Bottom right: A model for the molecular mechanisms of DNA damage recognition and cellular response.

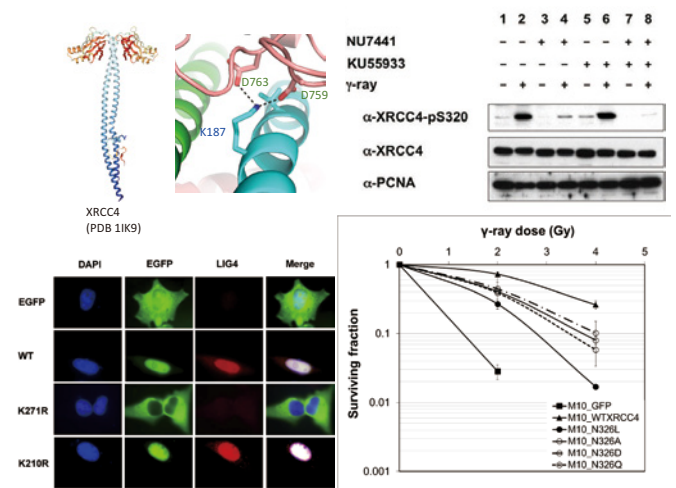


図2 DNA二重鎖切断修復タンパク質XRCC4の機能解析。左上：3次元構造のモデル。右上：放射線照射後に受けるリン酸化。左下：核局在制御機構の解析。右下：変異体のDNA修復機能(放射線感受性)。
Fig.2 Analysis of function of DNA double-strand break repair protein XRCC4. Top left: A model for 3D structure. Top right: Phosphorylation appearing after irradiation. Bottom left: regulatory mechanisms for nuclear localization. Bottom right: DNA repair function of mutants (radiosensitivity).



Development of high-performance severe environment resistant ceramics

苛酷環境に耐える高性能セラミックスの創製

Katsumi YOSHIDA, Assoc. Prof.
准教授 吉田 克己

✉ k-yoshida@lane.iir.titech.ac.jp
☎ 03-5734-2960

先進セラミックス基複合材料の開発

原子力・核融合炉、高温ガスタービンや宇宙航空産業等の苛酷環境下での適用が期待されている繊維強化セラミックス基複合材料の新規作製プロセスの開発及びその特性評価や様々な機能・特性の付与を目指した特異な構造を有する先進セラミックス基複合材料の研究を行っている(図1)。

高機能セラミック多孔体の開発

環境負荷低減や省資源・エネルギー化を図る上でセラミック多孔材の活用が有効であると考えられる。独自に提案した「その場結晶成長・粒子配向」等を利用した機能付与やナノ～マクロレベルでの気孔径制御を軸とした高機能セラミック多孔材に関する基礎研究を行っている(図2)。また、放射能汚染水の浄化及び固定化が可能な多孔質セラミック材料の開発も行っている。

耐苛酷環境性セラミックスの開発

高温、高熱勾配、腐食性・酸化雰囲気、放射線・粒子線照射等の苛酷環境下に曝された材料の特性・微構造変化を明らかにし、得られた結果をもとに苛酷環境に耐えるセラミック材料の開発を行っている。原子力・核融合炉分野での適用を目指した材料開発として、微構造制御による事故耐性燃料への適用を目指した新規セラミック材料の開発、高速炉用革新的セラミック制御材の開発や長寿命放射性核種核変換用セラミックマトリックスの開発を行っている。

Development of Advanced Ceramic-Based Composites

Fiber-reinforced ceramic matrix composites have been expected to be used as the components for nuclear and fusion power applications, high temperature gas turbines and aerospace industries. Novel fabrication process of ceramic-based fiber-reinforced composites, their properties, and advanced ceramic matrix composites with unique morphology have been studied (Fig.1).

Development of High-Performance Porous Ceramics

Application of porous ceramics has been considered to be effective to reduce environmental load and to save resources and energy. We have uniquely proposed porous ceramics with in-situ grain growth and grain orientation for the surface functionalization (Fig.2). We have been developing high-performance porous ceramics based on microstructure control in nano-, micro- and macro-scales. Furthermore, porous ceramics for purifying radioactively contaminated water and immobilizing radioactive nuclides have been studied.

Development of severe environment resistant ceramics

Changes in properties and microstructure of ceramics exposed under severe environment such as high temperatures, high thermal gradient, corrosive and oxidizing atmosphere, radiation and particles irradiation have been studied, and we have been developing severe environment resistant ceramics. In consideration of nuclear and fusion applications, novel ceramics for accident tolerant fuels, high-performance neutron absorbing ceramic pellets for fast reactors, and inert ceramic matrix for the transmutation of long-lived fission products into short-lived or stable nuclides in nuclear reactors or accelerators, based on microstructure control, have been studied.

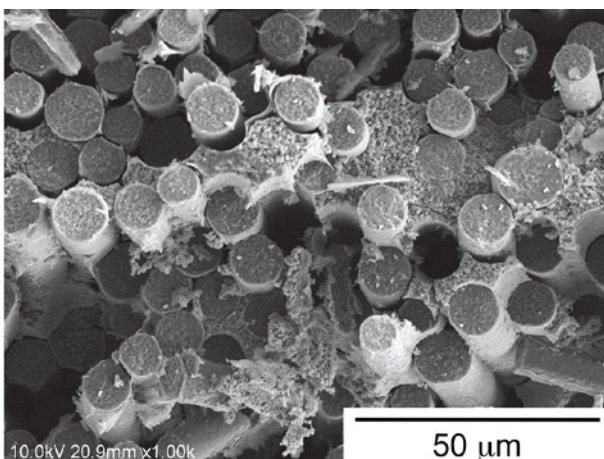


図1 炭化ケイ素繊維強化炭化ケイ素基(SiC/SiC)複合材料の微構造SEM写真

Fig.1 SEM micrograph of silicon carbide fiber-reinforced silicon carbide matrix (SiC/SiC) composites

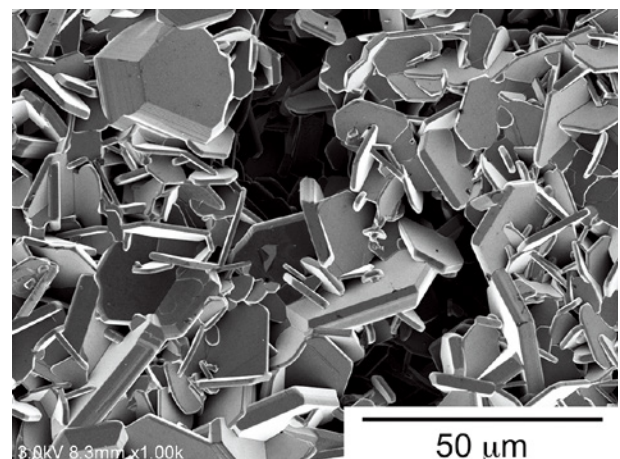


図2 その場粒成長炭化ケイ素(SiC)多孔体の微構造SEM写真

Fig.2 SEM micrograph of porous silicon carbide (SiC) ceramics with in-situ grain growth

錯体化学に基づく核燃料サイクル先進基盤研究

Koichiro TAKAO, Assoc. Prof.
准教授 鷹尾 康一郎

✉ ktakao@lane.iir.titech.ac.jp
☎ 03-5734-2968

使用済み核燃料に対する簡易再処理技術基盤構築

N-アルキル-2-ピロリドン(NRP)等の環状アミド化合物が硝酸水溶液からアクチノイド(VI)を選択的に沈殿させる現象に基づき、使用済み核燃料に対する簡易再処理技術基盤構築のための基礎研究を推進する。

高レベル放射性廃棄物地層処分のための技術基盤形成

5f電子系特有の普遍性・系統性に基づく低酸化数アクチノイド錯体化学の解明により、ガラス固化された高レベル放射性廃棄物地層処分環境下でのアクチノイドの存在状態・挙動に対する理解を深める。

イオン液体の拓く放射性廃棄物処理・除染技術新展開

環境調和型媒体として近年幅広い分野での応用が期待されるイオン液体自体の合成法開発からそれらを溶媒とする各種金属イオンの錯体化学・溶液化学研究を行うことにより、先進的核種分離及び除染技術へのイオン液体の応用を目指す。

ウラン錯体化学の深化によるウラン資源有効活用方法開拓

有機合成における触媒活性発現や電力貯蔵用湿式電池への応用など長年培ってきたウランの錯体化学・溶液化学に基づく新たな機能開拓を行うことにより、ウラン資源有効活用方法を探索する。

Fundamental Study on Development of Facile Reprocessing Method for Spent Fuels

On the basis of selective precipitation of actinide(VI) by *N*-alkylated 2-pyrrolidone derivatives, we try to clarify the fundamental chemistry to develop a facile method for spent fuel reprocessing.

Understanding Chemical Behavior of Actinides in Geological Disposal

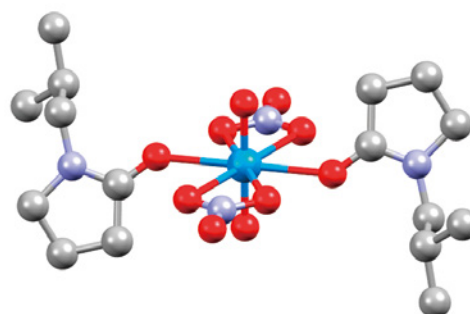
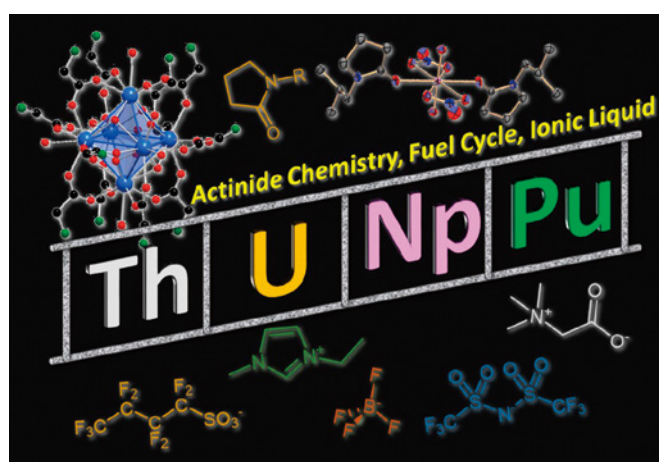
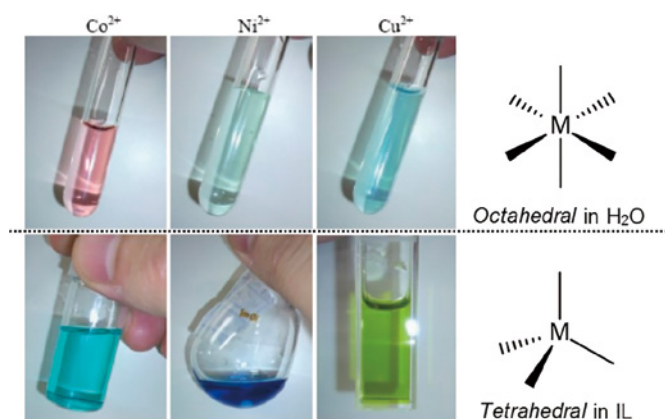
We study the coordination chemistry of low-valent actinides to obtain deep understanding about their chemical behavior in geological disposal of the vitrified high-level wastes.

Application of Ionic Liquids in Radioactive Waste Treatment

Through development of rational preparation method of ionic liquids and clarifying coordination chemistry of metal ions in these media, we explore potential of ionic liquids in waste treatment.

Spotlight on Uranium Chemistry for Its Efficient Use

Understanding coordination and solution chemistry of uranium in depth, we intend to find a sophisticated use of uranium resources in its chemical aspects.





Mikio SHIMADA, Assist. Prof.
助教 島田 幹男

Advanced Medical Application Division

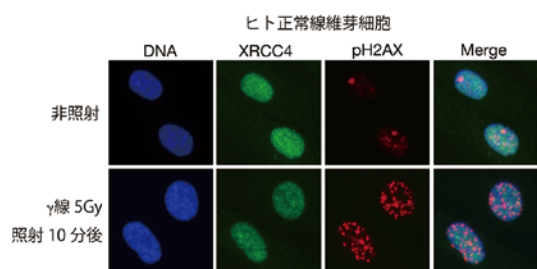
✉ mshimada@lane.iir.titech.ac.jp
☎ 03-5734-3703

放射線感受性遺伝病におけるゲノム安定性維持の分子機構の解析

生まれつき放射線に対して感受性が高い遺伝病は放射線高感受性遺伝病として分類されます。我々はそれら遺伝病を分子レベルから解析し、発症原因の解明に取り組んでいます。また、放射線高感受性遺伝病は高い発癌性や神経発生異常を併発することが多いために、それらの原因を突き止めるために中心体やDNA修復機構の分子メカニズムの解明を目指しています。これらの研究結果は抗癌剤開発にも寄与することが期待されます。

Analyze of molecular mechanisms of genome stability in the hereditary disease with high sensitivity to radiation

Genome stability is maintained by many molecular mechanisms such as DNA repair, cell cycle checkpoint, centrosome maintenance and apoptosis. Defect of these mechanisms cause radiation high sensitivity, developmental failure and cancer development. We are studying molecular mechanisms of radiation high sensitivity inherited diseases. Our goal is to elucidate the relationship between disease and molecular mechanisms.



放射線照射により生じた DNA 二本鎖切断を修復するためにリン酸化 H2AX タンパク質が集積することを示した免疫染色蛍光顕微鏡写真像



Masahiko NAKASE, Assist. Prof.
助教 中瀬 正彦

Actinide Management Division

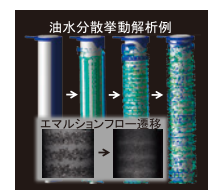
✉ m.nakase@lane.iir.titech.ac.jp
☎ 03-5734-3846

化学と機械工学のアプローチによる分離科学研究

使用済み核燃料再処理で重要なマイナーアクチノイドとランタノイドの分離を始めとした様々な用途の分離に用いる配位子や吸着剤の設計と合成、錯体構造と物性・性能の評価を行うと共に、これらの化合物を効率的に用いるための反応装置の設計開発、分離プロセス開発といった化学・化学工学研究を行っています。抽出器内部の油水・固液分散流動の数値解析といった機械工学研究も併せて進めています。

Study of Separation Science Based on Chemistry and Mechanical Engineering

Most of my research is related to separation science. Treatment of spent nuclear fuels is an important task and the separation science is one of the keys. I am engaging in development and characterization of organic ligands and adsorbents to separate minor actinide from lanthanide. The relation between complex structure and separation performance was examined. Also, some extraction apparatus is developed by aid of numerical simulation. Both the knowledge of chemistry and mechanical engineering are effectively utilized in my research.



Hiroki TAKASU, Assist. Prof.
助教 高須 大輝

Innovative Nuclear Energy System Division

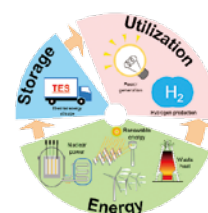
✉ takasu.h.aa@m.titech.ac.jp
☎ 03-5734-3865

原子力エネルギー有効利用に関わるエネルギー変換・貯蔵技術の開発

原子力エネルギーの多目的利用を考えていく上で、その他のエネルギーとの係わり合いは非常に重要だと言えます。私は、異なるエネルギー同士を繋ぎ合わせるエネルギー変換・貯蔵技術の一つである化学蓄熱システムの開発を行っています。化学蓄熱では材料と反応により利用可能な温度域が決まってしまうため、それぞれの温度域毎に開発が必要となります。具体的には、材料レベルでの開発や、よりスケールアップした充填層反応器での開発、最終的なシステム設計など総合的な開発を進めています。

Study of thermochemical energy storage technology for highly efficient utilization of nuclear energy

My research interests focus on energy storage and conversion technologies, particularly in high-temperature thermochemical energy storage, which could be coupled with high-temperature gas-cooled reactors to improve efficiency of power generation. My research explores selection of suitable thermal energy storage media by investigating their material properties and investigates system performance. To improve the energy storage/transfer performance, efforts have also been made to explore additives, which work as catalysts.





Tetsuo SAWADA, Assist. Prof.
助教 澤田 哲生

Global Nuclear Security Division

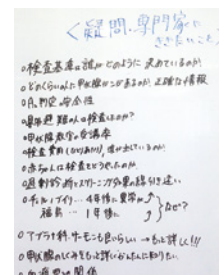
✉ tetsuo@lane.iir.titech.ac.jp
☎ 03-5734-3062

参加型対話による3・11後の課題解決方法の探究

本研究の目的は、原子力や放射線に関わる権威(authority)の構築を旨として、福島県全域の子供を対象に実施されている甲状腺検査に関して、効果的な参加型ダイアログを探索することにある。首都圏と福島県浜通りの高校生30名が参加した対話では、右図に示す12項目の専門家への疑問などマニフェストとしてまとめられアドボカシーに到達できた。これにより参加型ダイアログの有効性が確認された。

Exploration of problem-solving method in the aftermath of 3.11 Fukushima Daiichi NPP accidents by the participatory dialogue

The purpose of this research is to explore an effective participatory dialogue on thyroid inspection conducted for children in the whole area of Fukushima Prefecture with the aim of constructing an authority related to nuclear power and radiation. In the dialogue in which 30 high school students in the Tokyo metropolitan area and Hama-dori of Fukushima prefecture participated, it was summarized as a manifesto such as questions on 12 items to the concerned experts as shown in Figure and it was possible to reach advocacy. This confirmed the effectiveness of participatory dialogue.



甲状腺の専門家に対する
12の疑問
12 questions to thyroid
professionals



Jun NISHIYAMA, Assist. Prof.
助教 西山 潤

Innovative Nuclear Energy System Division

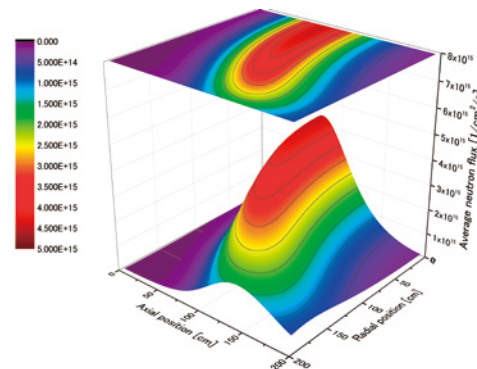
✉ jun-nishiyama@lane.iir.titech.ac.jp
☎ 03-5734-2380

受動安全特性を持ったCANDLE燃焼炉の設計研究

持続性、安全性、経済性、核不拡散抵抗性の特性を兼ね備えた革新的原子炉としてCANDLE燃焼方式の原子炉がある。天然ウラン燃料の初期炉心から加速器中性子源によって臨界状態(定常炉心)となる燃料転換方法について解析している。また冷却液体の重力移動や自然循環、大気との自然対流のような基本的な物理法則により原子炉の冷却機能が保たれる安全機能についても研究を行っている。

Design Study of CANDLE burn-up Reactors with Passive Safety

The CANDLE burn-up reactor is an innovative nuclear reactor with sustainability, safety, economy, and proliferation resistance. The methods to construct the initial core from natural uranium fuels with accelerator neutron source have been performed. To evaluate and improve safety, we investigate passive safety system and inherent safety features for the CANDLE reactor.



CANDLE燃焼炉中性子束分布
Neutron flux distribution of CANDLE burn-up reactor



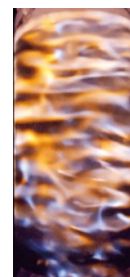
Hideharu TAKAHASHI, Assist. Prof.
助教 高橋 秀治

Innovative Nuclear Energy System Division

✉ htakahashi@lane.iir.titech.ac.jp
☎ 03-5734-2377

原子炉の安全性向上と高度化を目指した原子力熱流動の研究とその応用

- ・原子力熱流動の先進的計測技術の開発
福島第一原子力発電所の廃止措置における燃料デブリ取り出しに関連した研究として、超音波を用いた液体の流れと化学組成および堆積物形状・物性の新規遠隔同時計測技術の開発を行っている。図は超音波入射による水中の溶存元素の発光を捉えた写真の例を示している。
- ・高速炉における放射性物質移行評価モデルの高度化研究
ナトリウム冷却高速炉プラントの定量的安全性向上として、著しい炉心損傷を伴うシビアアクシデント時の統合的なシミュレーション手法の構築に資する放射性物質移行評価モデルの高度化研究を行っている。



Research on Nuclear Thermal Hydraulics and Its Application for Safety Improvement and Advancement of Nuclear Reactor

- ・Development of Advanced Measurement Techniques for Nuclear Thermal Hydraulics
We are developing new simultaneous telemetry techniques of flow and chemical compositions in liquid and shape and physical property of sediments using ultrasound, related with the retrieval of fuel debris in the decommissioning of Fukushima-Daiichi nuclear power plant.
- ・Advancement of Radioactive Substance Transfer Evaluation Model in Fast Reactor
As quantitative safety improvement of sodium-cooled fast reactor plants, we are conducting advanced research about a radioactive substance transfer evaluation model for the construction of integrated simulation method at severe accident with significant core damage.



Chikako ISHIZUKA, Assist. Prof.
助教 石塚 知香子

Fundamental Research Division

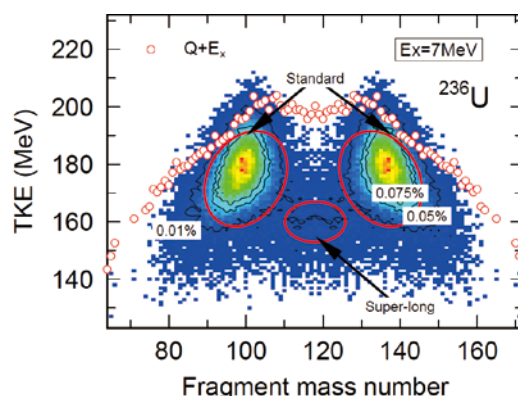
✉ chikako@lane.iir.titech.ac.jp
☎ 03-5734-2955

核分裂機構の解明とその応用

ウランをはじめとするアクチノイドの核分裂機構は原子力システムの根幹をなすにも関わらず、未だ解決されない部分が残されています。そのため実験の困難な領域に対して予言力のある理論を用いた評価が欠かせません。そこで我々は最新の物理に基づく核反応理論モデルを開発しながら、核分裂機構の解明および核データの精度向上に取り組んでいます。

Investigation of nuclear fission mechanism and its applications

Nuclear fission of actinides is the most fundamental phenomenon for nuclear power system. However, there are some open questions on fission mechanism. Therefore we have developed theoretical models to predict fission products as accurate as possible, and have improved nuclear fission data based on such fundamental study on nuclear fissions.



図は4次元ランジュバン模型で求めた全運動エネルギーの質量数分布。

Figure shows the mass dependence of the total kinetic energy based on the 4D-Langevin model.



Anna GUBAREVICH, Assist. Prof.
助教 グバレビッチ アンナ

Global Nuclear Security Division

✉ gubarevich.anna@lane.iir.titech.ac.jp
☎ 03-5734-3082

ナノカーボン構造制御技術の開発

固体潤滑剤や電磁波遮蔽材料などに効果的な軽量材料として、ナノダイヤモンド(ND)やオニオンライクカーボン(OLC)始め様々な炭素ナノ材料の研究に取り組んでいる。特にNDを起源としたOLC形成過程について研究を進めている。

次世代宇宙服の研究開発及びその場資源有効活用

月・惑星探査での有人活動に資するために、次世代宇宙服(生命維持、宇宙線防護、パワーアシストなど)の研究開発を進めるとともに、独自に展開して来た燃焼合成技術を用いたその場資源有効活用を支える研究開発を進めている。

R&D on Nanocarbon Structures Design and Their Formation

Formation and characteristics of various carbon nanostructures have been studied; especially, related to nanodiamonds (ND) and onion-like carbon (OLC) for applying in solid lubrication, electromagnetic radiation shielding, etc. Transformation process of ND to OLC is one of topical theme in the present work.

R&D on Next-Generation Spacesuits and In-Situ Resource Utilization (ISRU)

As our challenging research activities on coming human exploration toward Mars, essential technologies development for spacesuits including life-support system, protection against cosmic rays, power-assist system, etc., has been continuously carried out from the stage of conceptual design. ISRU investigation has also been performed with our advanced combustion synthesis technology.



Shintaro YASUI, Assist. Prof.
助教 安井 伸太郎

Innovative Nuclear Energy System Division

✉ yasui@lane.iir.titech.ac.jp
☎ 03-5734-3060

原子力エネルギーを有効活用するためのエネルギー貯蔵材料の開発

原子力エネルギーの有効活用を行うためには、安全安心に使用できる二次電池の開発が求められている。Liイオン電池は其中でも非常に優れた特性を有していることから様々な場面で使用されている。しかし、充電時間が長い、充電回数が限られているなどの問題点が挙げられる。我々が提案する担持物を電極界面に作製する技術を用いることで、これら両方の問題点を解決することに成功している。電池性能は電極周りの副反応にて低下するが、それを根本的に制御することに成功した。これは材料開発の視点より、界面における反応を真摯にとらえ可視化したことがキーポイントとなっている。

Development of energy storage materials for effective utilization of nuclear energy

To use nuclear energy effectively, creation of better secondary batteries in terms of stability, rechargeability, and charging speeds have been demanded. While Li-ion batteries (LIBs) have proven to be very useful, it is not possible to charge them quickly enough with high currents without running into problems such as sudden decreases in cyclability and output capacity owing to their intrinsic high resistance and unwanted side reactions. The formation of a solid electrolyte interface is greatly suppressed near the triple interface (active materials - ferroelectrics - electrolyte), which would otherwise result in poor chargeability and cyclability. This result realizes to very quick rechargeable and also very tough cycle secondary batteries.



Naokazu IDOTA, Assist. Prof.
助教 井戸田 直和

Actinide Management Division

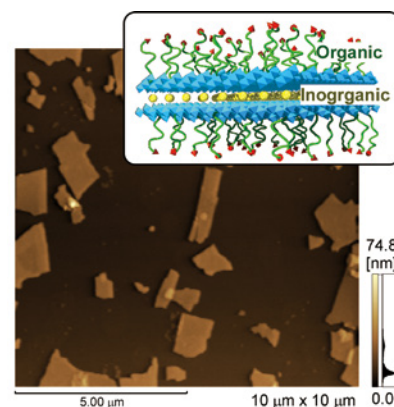
✉ idota.n.aa@m.titech.ac.jp
☎ 03-5734-3067

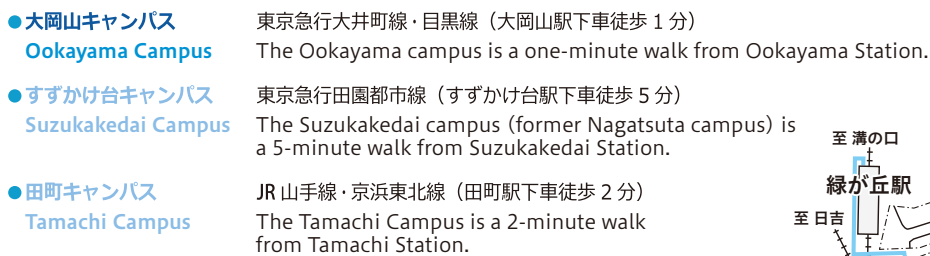
有機-無機ハイブリッドによる機能性材料の開発

放射性核種をはじめとする無機物質の分離回収や有効利用において、有機物質との複合化は応用の幅を広げる上でも優れた手段と言えます。このような有機-無機ハイブリッドの機能は各成分の界面において発現するため、互いの親和性を向上するための表面改質が重要となります。我々は表面修飾技術を利用して、外部環境の変化によって機能を変化させる核種吸着剤や放射医療用ナノキャリア、ポリマー固体電解質、自己修復材料、等の機能性材料の開発を進めています。

Development of Functional Materials Based on Organic/Inorganic Hybrids

Hybridization of inorganic compounds involving radionuclides with organic compounds is a useful method for their separation and effective utilization. Since the functionalities often appear at the interfaces between organic and inorganic components, surface modification is important to improve their intrinsic compatibility on each other. We have developed functional adsorbents, nanocarriers for radiation therapy, polymer solid electrolytes, self-healing materials in respond to external environments by surface modification techniques.





〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1-N1-16 TEL: 03-5734-3052 FAX: 03-5734-3749
2-12-1-N1-16, Ookayama, Meguro-ku, Tokyo 152-8550, JAPAN TEL:+81-3-5734-3052 FAX:+81-3-5734-3749
URL <http://www.lane.iir.titech.ac.jp>