



2024 環境報告書

国立大学法人 北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology

目次

p. 2 学長メッセージ

p. 3 環境方針

p. 4 大学組織図

p. 5 JAIST未来ビジョン

p. 7 環境配慮活動

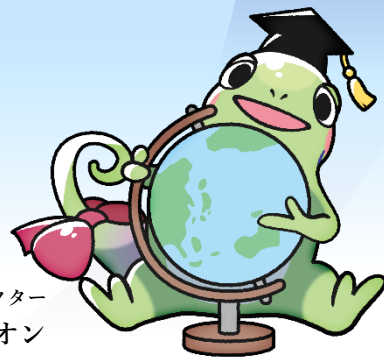
p. 7 次世代デジタル社会基盤研究領域・
デジタル化支援センター

p. 9 自然との共感・共生テクノロジー
研究センター

p.14 研究トピックス

p.25 環境美化・省エネ活動啓蒙等

JAIST マスコットキャラクター
ジャイレオン



p.26 エネルギー使用量等の推移

p.29 廃棄物の状況

p.31 化学物質等の管理

p.32 グリーン購入・調達

p.33 環境配慮活動の目標・
計画と自己評価



2022年2月 ドローンでの撮影

学長メッセージ



国立大学法人
北陸先端科学技術大学院大学

学長 寺野 稔

TERANO MINORU



令和6年能登半島地震は、能登半島を中心に石川県に甚大な被害を与えましたが、国、県等による復旧、復興に向けた取組みが進められています。

本学においても、地域イノベーション推進センターに令和6年能登半島地震に関する復興支援タスクフォースを立ち上げ、熊本地震の復興支援の際に行ったMatching HUBの経験も活かして被災地域の支援に取り組んでいます。

被災地域の復興と再建には時間を要しますが、今後も本学の英知を結集し、知識や技術を最大限に活用し、被災地域の復旧・復興に取り組んでまいります。

地球環境に目を向けると、我が国は国策としてカーボンニュートラルの達成を掲げ、令和3年度に国立大学法人、自治体、企業等と「カーボンニュートラル達成に貢献する大学等コアリション」*が設立されました。本学は、このコアリションにおける5つのワーキンググループ(WG)のうち「イノベーションWG」のメンバーとして研究開発と社会実装の推進に取り組んでいます。

また、「地域ゼロカーボンWG」、「国際連携・協力WG」のメンバーとしての活動も行っています。

学内においても、令和4年度に設置された本学の「カーボンニュートラル研究センター」の山口センター長を中心とするグループが、共同研究先企業で開発した低温で速染できる独自素材のナイロン糸の構造解析を進め、二酸化炭素(CO₂)の排出量を従来に比べ、10.6%削減することに貢献しています。

災害が頻発する昨今、自然界のサイレントボイス(声なき声)を聴き取り、被害予測や病気予防につなげることは極めて重要であることから、「自然との共感・共生テクノロジー研究センター」では、自然界のサイレントボイスをナノ・マクロのマルチスケールセンシング技術によって聞き取る革新的な技術の開発を進めています。

本環境報告書は、将来のカーボンニュートラルの達成に向けた本学の環境方針に加えて、環境活動の具体的な取り組み等の事業活動やその結果の環境への影響について、公に報告するものとなっています。

※ 大学が、国、自治体、企業、国内外の大学等との連携強化を通じ、国・地域の脱炭素化等に資する研究開発や社会実装の推進、地域やキャンパスのゼロカーボン化などに係る機能や発信力を高め、カーボンニュートラル達成に一層貢献していくための大学等間ネットワーク

環境方針

基本理念

独自のキャンパスと教育研究組織を持つ日本で最初の国立大学院大学である北陸先端科学技術大学院大学は、世界トップレベルの研究の推進とそれを通じた人材育成とともに、教育・研究による社会貢献を最も重要な使命としています。

この使命に基づき、独自の研究の高度化と先鋭化を進めつつ、国内外の大学や研究機関、産業界とのグローバルな連携に基づく新たな共創により科学技術の未来を拓き世界の持続的発展に貢献するイノベーション創出拠点を形成し、世界トップの研究大学を目指します。

我々は、この使命を達成するために、次代の社会を創造する研究成果を創出するとともに豊かな自然環境を損なうことなく地域の環境と調和した教育研究活動を行います。また、カーボンニュートラルやSDGsなどの世界的な課題に対し、高い意識を持った研究者・技術者を養成します。

基本方針

北陸先端科学技術大学院大学は、持続性のある環境に配慮したキャンパスを構築・維持し次世代の人材を育成するために次の基本方針を推進します。

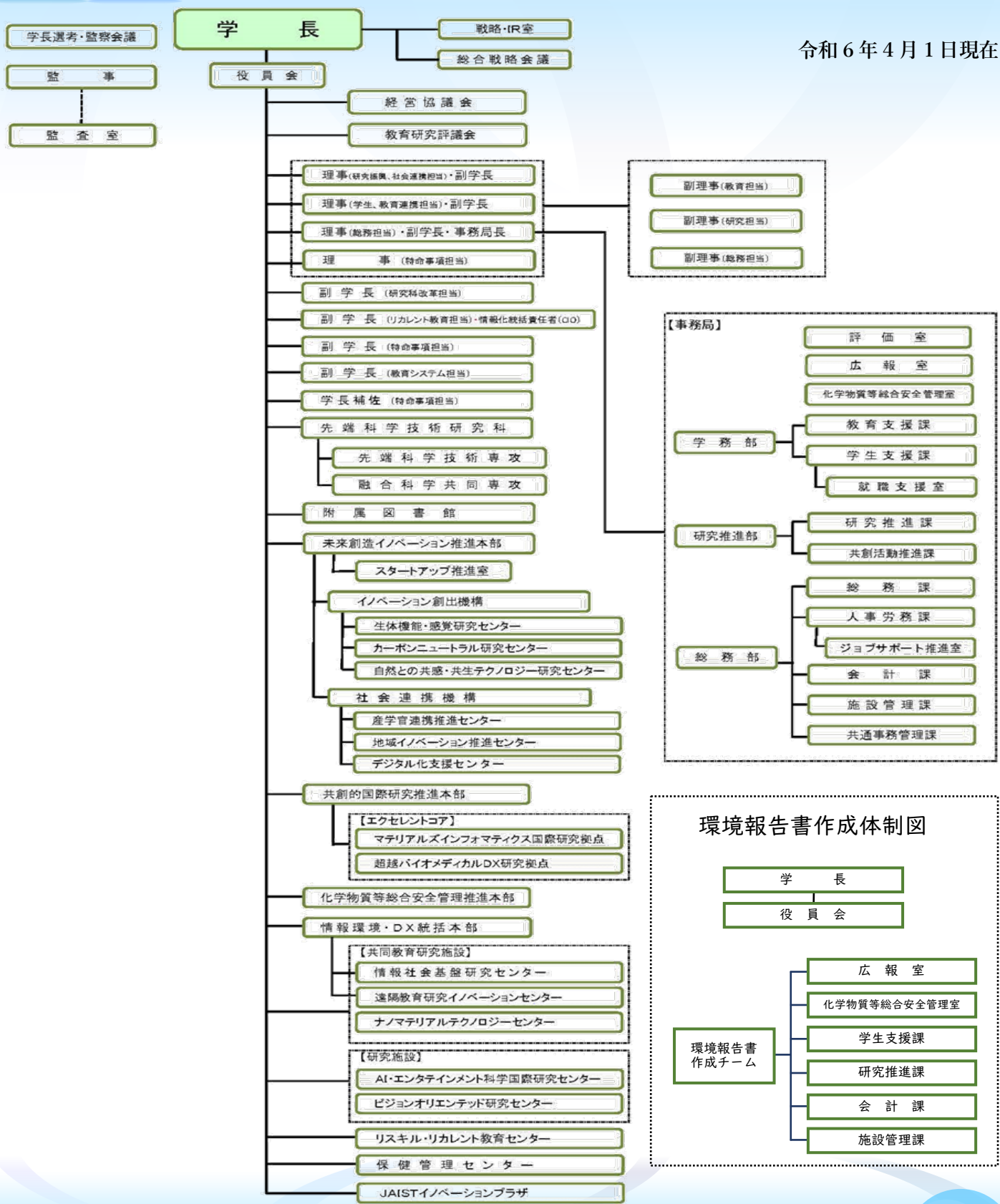
- 1** 安全・安心な研究教育環境を構築し、将来に亘り環境負荷の低減が図られた持続可能なキャンパスの形成を目指します。
- 2** 環境に配慮した研究や教育を地域社会との共創の中で積極的に推進し、得られた成果を地域社会へ還元します。
- 3** 環境に配慮した先進的な研究を推進し、持続的な環境社会の形成に貢献できる環境意識の高い次世代のグローバルリーダーを育成します。
- 4** 省エネルギー、省資源、廃棄物の削減など、環境負荷の低減に向けた事業活動を行います。



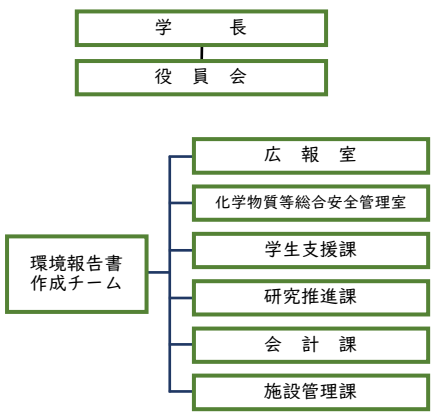
大学組織図

全体

令和6年4月1日現在



環境報告書作成体制図



JAIST未来ビジョン

JAIST未来ビジョン

～世界トップの研究大学を目指して～

北陸先端科学技術大学院大学は、創立以来、先端科学技術の広い分野で世界トップレベルの研究を推進し、これを背景とした人材育成と社会貢献に努めるとともに、大学改革の先導的モデルとして新しい大学院像を示してきました。

この使命を受け継ぎつつ、独自の研究の高度化と先鋭化を進め、『世界トップレベルの研究大学』へと飛躍するためのビジョンと基本戦略を策定し、その実現を通じて世界の持続的発展に貢献します。

ビジョン

北陸先端科学技術大学院大学は、独自の研究の高度化と先鋭化を進めつつ、国内外の大学や研究機関、産業界とのグローバルな連携に基づく新たな共創により、科学技術の未来を拓き世界の持続的発展に貢献するイノベーション創出拠点として、世界トップの研究大学を目指します。

全学一研究科体制の下、意欲に溢れた学生を国内外から広く受け入れ、先端科学技術の確かな専門性を持ち、新たな時代を先導する『しなやかな強さと共創力』を備えたグローバルリーダーとして育成します。

基本戦略

1 本学独自の研究の高度化・先鋭化とグローバルな共創的イノベーション創出研究の推進【研究】

本学独自の研究の高度化・先鋭化を進めつつ、国内外の大学や研究機関とのグローバルな学術的連携と研究成果の社会実装を目指した産業界との幅広く緊密な連携により、科学技術の未来を拓き社会に変革をもたらす共創的イノベーション創出研究を推進します。研究力向上を目指した博士後期課程の重点化を推進します。

2 『しなやかな強さと共創力』を備え自主性に富んだグローバルリーダーの育成【教育】

意欲に溢れた学生を国内外から広く受け入れ、個々の学生の学修計画に対応し得る先進的な教育カリキュラムと世界トップレベルの研究を通じた専門性の高い研究室教育に加えて、産業界の知を教育にも活用することで、幅広い視野とともに『しなやかな強さと共創力』を備え自主性に富んだグローバルリーダーとして育成します。

3 高度でダイナミックな社会連携と人材循環による社会貢献【社会貢献】

世界トップレベルの研究を背景とした、高度でダイナミックな社会連携と多彩なリカレント教育による人材循環により、世界の持続的な発展に貢献する。

4 組織・業務改革と人事マネジメント改革に基づく戦略的経営【経営】

多様な取組による強固な財務基盤の構築とともに、デジタル化の推進による組織・業務改革と人事マネジメント改革により、世界トップの研究大学を目指すイノベーション創出拠点として戦略的経営を推進します。

JAIST未来ビジョン

実現に向けた施策

研究

本学独自の研究の高度化・先鋭化とグローバルな共創的イノベーション創出研究の推進

- ・独自の研究の高度化・先鋭化と新しい研究分野・研究領域の開拓
- ・JAISTサイエンスハブの構築
- ・研究支援制度・体制の拡充

教育

『しなやかな強さと共創力』を備え自主性に富んだグローバルリーダーの育成

- ・『しなやかな強さと共創力』を涵養しリーダーシップを育む教育研究制度の充実
- ・カリキュラムおよび教育システムの改革
- ・意欲に溢れた多様な学生の獲得
- ・産業界との連携を通じた共創型イノベーション人材の育成
- ・多様なニーズを踏まえた学生支援

社会貢献

高度でダイナミックな社会連携と人材循環による社会貢献

- ・最先端研究・融合研究を背景とした高度でダイナミックな社会連携の推進
- ・産学官連携組織・体制の充実
- ・特色ある多様なリカレント教育推進

経営

組織・業務改革と人事マネジメント改革に基づく戦略的経営

- ・強固な経営基盤の構築
- ・業務運営におけるデジタル化の推進
- ・人事マネジメント改革の推進
- ・大学運営の可視化と積極的な情報発信の推進



「JAIST未来ビジョン」詳細はこちら
<https://www.jaist.ac.jp/about/data/vision2021.pdf>



ICTと環境保全

ICT(情報通信技術)は新しいことを可能とする技術として広く認識されていますが、環境の保全にも様々な面で貢献しています。これには、"by ICT"と呼ばれるICTによって実現される環境保全と、今や日常生活に必要となっているICTシステムの環境負荷を低減させる"of ICT"の二面があります。例えば、ICTを活用して建物の空調や照明を制御し消費エネルギー削減をするのは"省エネルギー by ICT"となりますし、ますます性能が向上して消費電力が増える計算機やネットワーク機器の消費電力を新技術で低減することは"省エネルギー of ICT"となります。ここでは、次世代デジタル社会基盤研究領域や、デジタル化支援センターで研究開発が行われた成果についてご紹介します。

1. スマートホーム

毎日生活する家庭環境に直接ICTを適用したものがスマートホームやスマートハウスです。この分野は1970年代末からの長い歴史があり、もともとは日本が世界に先駆けて研究開発を進めてきたのですが、一般に普及しているとは言い難い状況が続いています。しかしながら、ますます深刻となる各種の社会的課題の解決という観点で今後の進展が見込まれています。環境保全に直結するエネルギー問題については企業・事業所部門や運輸部門では長年の取り組みで大幅な進展がみられたのに対し、家庭部門では家電住設機器単体での省エネは進められてきたものの、次第に頭打ちとなってきた状況がありました。これに対し、家庭内の機器や設備をネットワークで接続し、住民の生活によって変化するエネルギー消費状況を可視化して省エネ行動を促したり、家庭でも導入が進む太陽光パネルや燃料電池のエネルギーを電気自動車や据え置き型蓄電池も活用しつつ効率よく利用するためのHEMS(Home Energy Management System)の導入が進んでいます。日本国内では1997年に設立されたエコネットコンソーシアムが技術の標準化や制度の検討を行っており、2023年度末までの累計でおよそ1億5000万台的機器が出荷されています。

我々は1990年代末から関連技術の研究を行っており、丹教授はエコネットコンソーシアムのフェローとして幹事企業などと連携して活動を行なっています。東日本大震災後の電力危機の際にはHEMSの早急な導入に向けた制度設計に関わり、特に通信規格について国内標準の文書(情報通信技術委員会 TR-1043)を執筆するなどの社会貢献をしています。図1はこの文書に記載された、国内で利用可能な通信技術を示しています。当時始められたHEMS補助金やその後現在に続くZEH(ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス)補助金を受けるためには、この文書に記載された通信技術を使う必要があるなど、社会に大きな影響を与えるものとなっています。研究面では、住民が体感する状況も含めたHEMSの実験を行うため、2008年にプレハブの建物を2棟、2010年にはiHouseと呼ばれる木造二階建ての実験住宅を新築しています。図2に外観を示します。

57	ECHONET Lite							ECHONET Lite over Layer2 frame
4	UDP / TCP							
3	IPv4 IPv6			IPv6 6LoWPAN	IPv4 IPv6		IPv6 6LoWPAN	
2	IEEE802.3 Family	G.9961 G.9972	IEEE1901	ITU-T G.9903	IEEE802.11 family	IEEE802.15.1 family PAN profile	IEEE802.15.4 IEEE802.15.4e	
1	IEEE802.3 Family	G.9960 G.9963 G.9964 G.9972	IEEE1901	ITU-T G.9903	IEEE802.11 family	IEEE802.15.1 family	IEEE802.15.4 IEEE802.15.4g	
Phy. Media	UTP / Optical Fiber	Power Line			Radio Wave (2.4/5G)	Radio Wave (2.4G)	Radio Wave (2.4G/920M) (※)	
Ethernet ITU-T IEEE1901 ITU-T G.hnem Wi-Fi Bluetooth IEEE802.15.4/4s/4g								
G.802 JJ-300.30 JJ-200.11 G3-P16 JJ-300-10								
JJ-300.31								



図2. 実験住宅 (左端は本学)

図1. HEMS向け通信規格一覧

環境配慮活動 (デジタル化支援センター・次世代デジタル社会基盤研究領域)

iHouseは日本建築学会の標準設計に基づいた住宅で、家電のみならず窓やカーテン、ひさしなどの住宅設備が電動化されネットワークから制御可能となっているほか、建物の内壁を外して屋内配線も変更できるなど、実験に特化した住宅となっています。また、家電や住宅設備の通信プロトコルとして、ECHONET LiteやMatterといった標準規格が利用できるようになっています。これらのプロトコルの実装や、機器自体が持っている方式と異なるプロトコルへの変換技術などには本学の研究成果が用いられています。この実験環境は共同研究等の手続きで企業や他の研究機関の研究者も利用可能となっています。



2. 大規模シミュレータとデジタルツイン

iHouseを用いたデータ取得が可能となったため、住宅内での活動による電力消費がどのようになるかといった詳細なシミュレーションができるようになりました。住民の生活パターンや、その日の気温、天候などを与えると家一軒としての電力消費をシミュレートできるシステムを2011年に開発し、その後、住宅と中核施設(工場、商業施設など)と2000世帯程度の住宅が存在する街区に対して電力状況のシミュレーションができるスマートシティシミュレータを開発し、その後、住宅と中核施設(工場、商業施設など)と2000世帯程度の住宅が存在する街区に対して電力状況のシミュレーションができるスマートシティシミュレータを開発し2015年に公開しています。これらを活用して、企業との共同研究で蓄電池の配置の最適化や、通信設備の電力消費の与える影響など、様々な研究が行われました。その後、電力網のみならず、ガス網、通信網、水道網、交通網といったネットワーク構造を持つ社会インフラについて総合的に研究を行う超分散5Gridsデジタル社会研究会を早稲田大学と立ち上げ、現在に至っています。(<https://www.waseda.jp/inst/across/sg/5grids>)

デジタルツイン(デジタルの双子)とは、対象となるものの精密なシミュレータをコンピュータ内に構築し、IoT(モノのインターネット)技術で常に実物の情報も取り入れて反映させることで、サイバー空間内に対象物のデジタルの双子を実現するものです。デジタルで再現された双子は、途中で止めて中の状態を観察することができますし、また、シミュレーションの時間を進めて、将来どのようなことが起こるのかを予測することもできます。我々は都市のデジタルツインということで、都市が有する様々な機能についてシミュレータとIoTシステムを開発し、人々の生活も含めた都市活動まるごとのデジタルツインの実現を目指しています。これには都市計画のような長期間に渡る側面や、エネルギー消費と人やモノの移動といった今現在の情報を扱う側面などがあり、原理から異なるシミュレータを総合したものとする必要があります。

都市のデジタルツインは人口が減少していくなか、どのようなインフラを整備すれば持続可能な社会となりうるかの検討に貢献のできる、極めて大きな可能性を秘めた技術として期待されています。

－参考文献－

岡田 崇, 牧野 義樹, キム ジュンスー, 中田 潤也, 丹 康雄, "住宅におけるエネルギーマネジメントの効果を検証する実証的ホームシミュレータの提案と実装", 情報処理学会論文誌 Vol.53 No.1 365-378 (Jan. 2012)

牧野 義樹, 丹 康雄, "エミュレーションに基づくスマートコミュニティシミュレータ", Smart grid : technical journal 7 (3), 8-12, 2017-07, 東京 : 大河出版

環境配慮活動（自然との共感・共生テクノロジー研究センター）

【自然との共感・共生テクノロジーセンター長 水田 博】

自然と共感・共生する持続可能な社会の実現に向けて

自然界のサイレントボイス（声なき声）をナノ・マクロのマルチスケールセンシング技術によって聴き取ることで、自然災害や感染症の予測及び予防を可能とする革新的技術を開発し、被害を最小化する防災行動の探求を行います。また、自然界の未知の共生メカニズムを解明・利用することで、自然との共感を高め、多様性を受け入れる豊かで安全な共生社会の実現を目指します。



<https://www.jaist.ac.jp/areas/future-Innovation/rc-estn.html>

構成員

- | | |
|-------------|-------------------------------|
| 水田 博 | 教授（センター長）（サステイナブルイノベーション研究領域） |
| 高村 禅 | 教授（バイオ機能医工学研究領域） |
| 赤堀 誠志 | 准教授（ナノマテリアル・デバイス研究領域） |
| 郷右近 英臣 | 准教授（創造社会デザイン研究領域） |
| 安 東秀 | 准教授（ナノマテリアル・デバイス研究領域） |
| 山口 拓実 | 准教授（バイオ機能医工学研究領域） |
| カリクンナン アフサル | 特任助教（サステイナブルイノベーション研究領域） |
| 池 勇勲 | 准教授（人間情報学研究領域） |
| HO Anh-Van | 准教授（ナノマテリアル・デバイス研究領域） |
| 白肌 邦生 | 教授（トランスフォーマティブ知識経営研究領域） |
| 関 玲子 | 研究補助員 |
| 内山 章 | 研究補助員 |



環境配慮活動（自然との共感・共生テクノロジー研究センター）

1. 襲雷検出・予測センシング技術の研究

地球温暖化の進行に伴い、様々な気象災害リスクの高まりが懸念されています。当センターでは、炭素原子一層の超薄膜材料グラフェンを用いて超小型電界センサ素子を開発し、雷雲によって生じる微弱な大気電界を検出することに成功しました（音羽電機工業株式会社との共同研究）。落雷の前兆を知るには遠方での落雷検出と電気を溜めた危険な雷雲の検知が必要です。目下20 km以上離れた地点の落雷検出に成功しており、さらなる高感度化を進めています。将来的には、多数のセンサ素子を広域に設置することで、襲雷監視ネットワークの実現を目指しています。

また、マクロスケールのセンシング技術として、GPS衛星と地上局の間のマイクロ波信号遅延を利用して大気中の水蒸気（可降水量）の分布を計測し、気象予測に繋げる研究が進んでいます。この技術を相補的に利用し、ナノとマクロを組合せたマルチスケールセンシングでさらに高精度の襲雷予測技術実現を目指します。（水田/アフサル研究室、郷右近研究室、赤堀研究室）

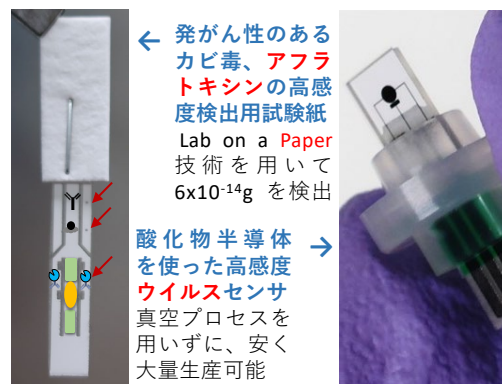


2. パンデミック対応バイオセンサ技術の研究

パンデミックを起こしうる感染症ウイルス・細菌や、食品、環境中の様々な毒素・有害物質を超高感度で検出する実用的デバイスの研究をしています。特に災害時は、交通や送電網が遮断されることも予想されるため、持ち運び可能で、電源がなくても動作する技術・機器の開発に力を入れています。

右上図の写真左は、食品中のカビ毒、アフラトキシンを高感度に検出できる、当センターで開発された試験紙です。毛細管現象で測定液が移動する間に、必要な試薬の混合が自動的に適時行われ（Lab on a Paper技術）、電源がなくても信号が化学的に増幅されて60フェムトグラム(6×10^{-14} g)のアフラトキシンを検出できます。

右上図の写真右のデバイスは、酸化物半導体を使った高感度ウイルスセンサーで、PCRでないと測定できないような微量レベルのコロナウイルスやインフルエンザウイルスを、だれでも簡単に15分ほどで検出できます。この酸化物半導体は、本学で開発された特殊なインクから作成でき、生産時に真空機器が必要なく、安く大量に生産できることが特徴です。（高村研究室）



作成したセンサー評価中

環境配慮活動（自然との共感・共生テクノロジー研究センター）

3. リモートセンシングによる災害被害推定技術の研究

人工衛星や航空機、ドローンで撮影した被災地のセンシングデータをもとに、自然災害により被災した地域での早期被害推定技術の開発に取り組んでいます。

地震や津波のような広域自然災害の発生後、災害対応・復旧・復興を早期に実現するためには、被害の全容把握をいち早く行わないといけません。しかし情報通信手段が途絶し、道路網が遮断された被災地では、被害の全容把握は困難です。それを解決するのがリモートセンシング技術です。人工衛星や航空機などを活用することで、遠隔で広域の被災状況を把握することが可能になります。

リモートセンシングで被災状況を早期に把握する技術を開発するためには、センシングにより得られたデータと実際の被害状況の物理的な関係を明らかにする必要があります。そのためには、センシングデータの解析に加え、被災地での綿密な現地調査が必要です。右の写真は令和6年能登半島地震の被災地を調査した時のものです。得られた現地調査結果とセンシングデータの関係を分析することで、災害被害推定技術の開発の実現を目指しています。（郷右近研究室）



現地調査の様子



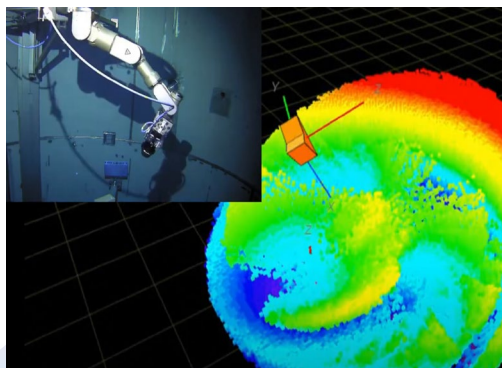
ドローンによる空撮の様子

4. 知的環境センシングの研究

特殊な環境におけるセンシング技術とロボティクス技術を通じて、実社会の様々な問題解決に貢献可能な研究に取り組んでいます。

日本は豪雪地帯と特別豪雪地帯を合わせた面積が全体の51%を占めており、冬期には、広く分布している積雪舗道の除雪作業が遅滞なくスムーズに適時適所で行われないと、大きな災害につながる可能性があります。そのような過酷な豪雪による冬期間の積雪環境において、除雪作業の自動化のための除雪ロボットの研究を行っており、移動ロボットに装着されたセンサからの情報を処理することで、雪に覆われた舗道の領域を正確に検出する技術を開発しています。

また、新空港、港湾、海底トンネルの建設、および干拓事業などの人間が直接入れない水辺の無人化施工において、水中環境の状況を正確に把握するための技術の開発を行っています。具体的には、水中ロボットに装着した超音波カメラの計測情報により周囲環境に対する密な3次元地形情報を復元し、オペレータに提示するためのシステムの研究を行っています。（池研究室）

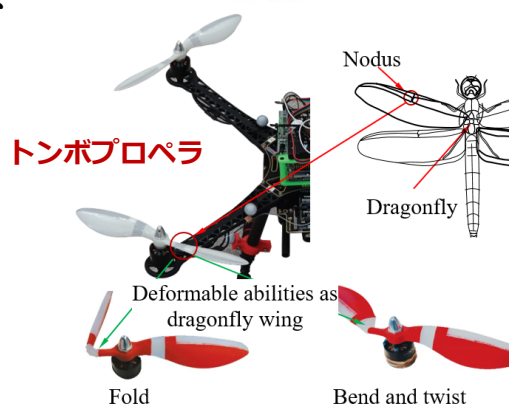
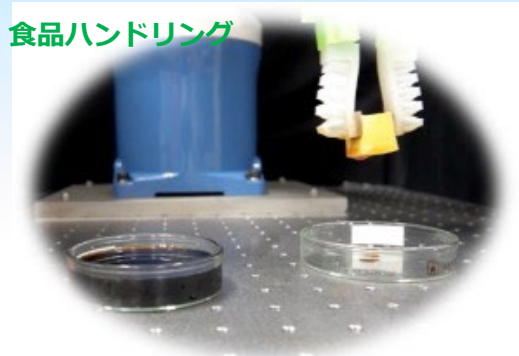


環境配慮活動（自然との共感・共生テクノロジー研究センター）

5. 自然にインスピレーションを得たロボティクス技術の研究

自然界のすべての現象には、何らかの形で必ずダイナミクスが関与しています。このダイナミクスを理解できれば、その現象を生じさせるために、メカニズムがどのように進化してきたかを理解することが可能になります。また、そのメカニズムをロボットの駆動装置または感覚装置に応用することで、新しい機構を創出できると考えられます。

特に、自然の中で暮らす動物に着目して、柔らかい素材でのロボット研究を進めています。動物は周囲の環境の変化に対し、特に意識することなく適応していますが、それと同じことを可能とする柔らかいロボットの実現を目指しています。たとえば医療や介護などの現場では安全性と信頼性が最優先であり、人と接触してもけがをしないソフトロボットが求められます。人間の皮膚に近い触覚機能をロボットに搭載する試みも進んでいます。また、ドローンに使用するプロペラも柔らかい素材を使うことで、障害物にぶつかっても変形して衝撃を吸収し、すぐに元の位置に復帰して動き続ける技術も開発しています。（Ho研究室）



6. 自然と量子技術の研究

量子力学に基づく量子状態の計測や制御を行う量子技術は、現在の計測技術では不可能な超高感度な環境計測（量子センシング）や、現在の集積回路技術と比べてよりエネルギー効率が高くより少ないリソースで高性能な情報処理（量子コンピューティング）を実現可能とする新しい分野です。

その中でも、ダイヤモンド中の窒素原子と空孔が隣接して形成される欠陥構造であるダイヤモンドNV中心は特に注目されています。NV中心に孤立して存在するスピン状態を量子ビットや局所量子センサーとして利用するこの技術は、室温での量子情報処理や、磁気、電気、温度などの高感度なセンシングが可能になり、エネルギー消費を抑えつつ、環境にやさしい量子技術を提供すると期待されています。

当センターでは高性能なダイヤモンドNV中心量子センサーの開発を行っており、高精細なダイヤモンド加工技術を駆使した独自のNV中心プローブの作製(図1)と超高感度量子センシングに挑戦しています(図2)。（安研究室、赤堀研究室）

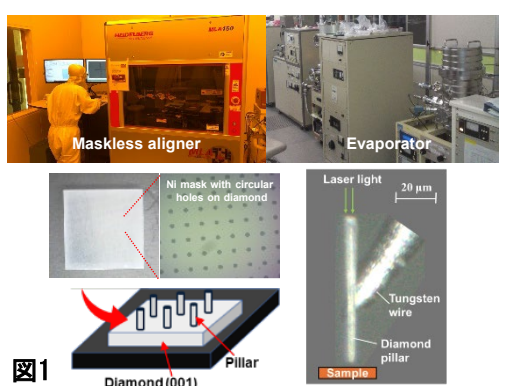


図1

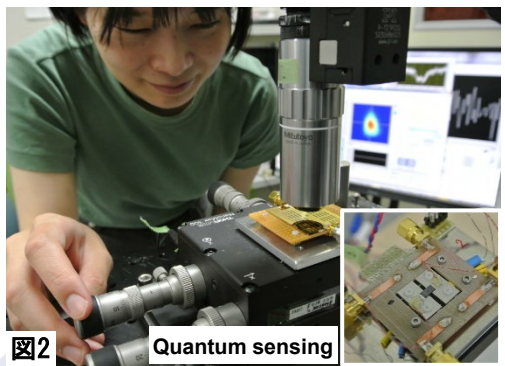


図2

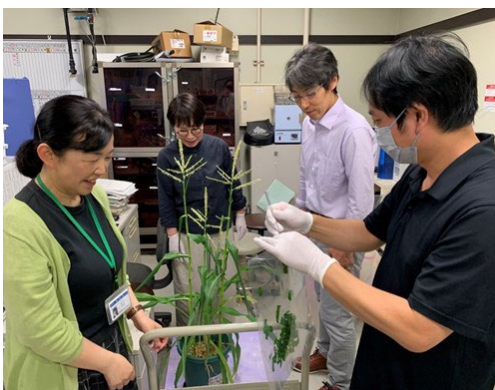
環境配慮活動（自然との共感・共生テクノロジー研究センター）

7. 植物のサイレントボイスセンシングの研究

植物から放出される香りは、他の植物や虫など、周囲の環境と影響を及ぼしあっています。例えば、虫に食べられた葉から放出された香りによって、周囲の植物に、虫からの被害を受けにくくなる防衛反応がおこることが知られています。当センターでは、声を出せない植物が香りによってどんな情報を伝達しているのか、放出される香り（微量の揮発性有機化合物）の検出と分析を通じて明らかにすることを目指しています。

センター内の人工気象器で通年育てているトウモロコシを使い、葉を細断して放出ガスを捕集。JAISTがもつ高精度分析装置を使い、ガスに含まれる多様な成分を詳細に調べています。また、傷を受けたトウモロコシの葉から放出される香りが時間とともにダイナミックに変化する様子を、各種分析手法や、においセンサを用いて追跡することに取り組んでいます。

トウモロコシは、食用や飼料用として世界中で需要が増加しています。香りを使った植物同士のコミュニケーションを研究することで、将来は、新たな害虫対策などアグリテック分野への応用も期待されます。（水田研究室、山口研究室）



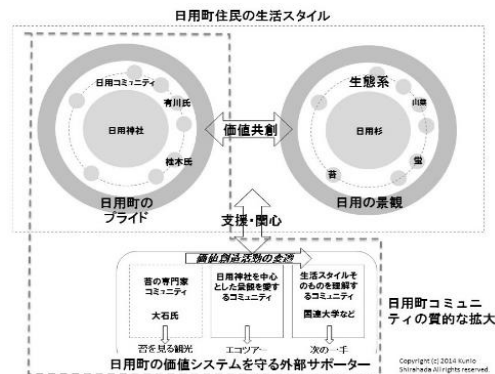
8. 自然と共感・共生するインクルーシブ社会に向けて

石川県にある里山の持続的な管理の在り方から、次世代に向けた、ネイチャーポジティブなライフスタイルのためのサービスデザインを考えています。

石川県小松市日用町の苔は、住民・行政だけでなく、苔の専門家、景観を愛する環境志向の高い観光客らによって愛され守られてきました。ここには、人間が形成するサービスの輪と、自然生態系が作り出すエコシステムサービスの輪の共創関係があります。

この共創関係は工夫をしないとすぐに崩れます。そこで人間側に、協調的な価値づくりを動機づける仕掛けを作ったり、それを広域に広げるべく、消費社会を引き付ける物語づくりが鍵になります。ただそれだけでは生態系が搾取の対象になりますので、消費を通じて受け手の価値観や行動がよりネイチャーポジティブ志向に変わったのか、検証の必要があります。ここにウェルビーイング志向のサービス経営が生きてきます。

私たちはそうした人間側の成長を質的に評価してきました。現在は人間・自然の価値共創の恩恵である地域農産品の循環経済モデルも研究しています。（白肌研究室）



環境配慮活動（研究トピックス）

【トランスフォーマティブ知識経営研究領域 吉岡秀和准教授】

1

環境と人間の持続的共存に向けた数理科学の展開

数理科学は、抽象と具体を自在に行き来しながら、数学の強みを生かして様々な現象を解析する学問分野であり、地域の環境の管理や保全に関わる諸問題も本分野の守備範囲です。環境や資源の管理などにおいては、漁獲量の向上などの「結果」を数理モデルを基に適切に解釈すること、そして数理モデルをベースに環境保全の実態をモニタリングし、モデルと実際の差異を確認すること、この2つを両輪とした研究を進めることで、最も効果的な意思決定を支援することができます。そのことにより、ひいては環境と人間の持続的共存という深い問題への最適解を導く可能性があります。

地域の内水面漁業協同組合などの関係者と連携した環境・生物データの収集を行うことで、数理モデリングによるそれらの形式知化、つまり客観的に理解できる形にして、回遊魚アユ（*Plecoglossus altivelis altivelis*, ^(図1)）の資源管理方針の策定を前進させることが可能になります。数理科学の見地から内水面漁業に関わる問題に取り組む意義は、少なくともふたつあります。ひとつは、内水面漁業は海面漁業と比較して小規模ながら中山間の農山漁村における社会・経済の動力源として期待されている一方、近年の過疎化による漁協組合員数の減少ならびに高齢化により、その取組みの存続は危ぶまれています。もし、数理モデリングによって漁協による資源管理を効率化できる方策が立案できれば、より持続性がある資源管理の実現に寄与できる可能性があります。もうひとつは、海洋漁業にはない内水面漁業独特の特徴が、数学的に新しい要素を含む方程式や概念を導くことにあります。例えば、対象とする水産資源の生活史の差異や、漁獲という行為の目的の差異を検討できる可能性があります。

現在進められている具体的な研究事例としては、島根県の斐伊川漁業協同組合（宍道湖・中海日本ジオパーク内）との連携による「斐伊川のアユ」やその周辺環境のダイナミックスの解明があります。さらに、石川県内白山市の漁業協同組合（白山手取川世界ジオパーク内）との協働の準備も進んでいます。これらの研究は、地域の方々のご理解とご協力無くしてはなしえないものです。このような地域と連携した研究の成果としては、例えば水産資源の個体成長ダイナミックスのモデル化、ならびに河川流量といったアユが住む水環境の支配因子、つまり環境条件を左右する要因のモデル化やリスク評価指標の導出などが挙げられます。数理的には、特殊な偏微分方程式の滑らかさが失われる部分の解明^(図2)が、水産資源管理における漁獲量制御のためのしきい値算定につながります。今後も、数理的手法に基づいて地域の環境や資源と人の関係のあり方を示すための研究推進が期待されています。



図1 2023年の調査採捕されたアユ

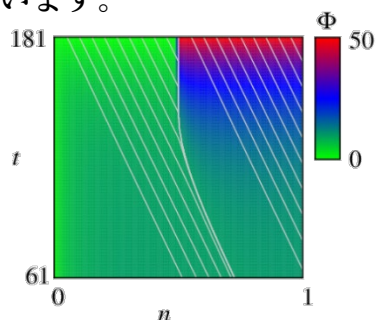


図2 上方向を未来、横方向を水産資源量とした資源管理の数値計算例。変数は適当に正規化済み。ある偏微分方程式の解 Φ の形状が、資源減耗の軌跡（各灰色線）を支配する。

環境配慮活動（研究トピックス）

2 名古屋国際学園（名古屋インターナショナルスクール）の生徒が来学 －SDGs特別授業&施設見学－

2023年5月18日（木）、名古屋国際学園（名古屋インターナショナルスクール）の9年生（中学3年生相当）41名が来学し、SDGsに関する特別授業を受けました。

授業に先立ち、グローバルコミュニケーションセンターの元山 琴葉講師から歓迎の挨拶があり、幅広い研究領域があることや、留学生・外国人教員の比率が高いといった本学の特色について紹介がありました。

その後、サステナブルイノベーション研究領域の宮田 全展講師によるSDGsの観点からのエネルギー変換に関する特別授業を開講しました。異なる金属間の電圧を温度差に変換するペルティエ効果と呼ばれる現象の科学実験もあり、生徒たちはペルティエ効果によって水が一瞬にして凍る様子に驚いていました。

続く施設見学では、本学の留学生による解説のもと、貴重図書室の『解体新書』（杉田玄白著）や情報社会基盤研究センターの大規模並列計算機「KAGAYAKI」、JAISTギャラリーのパズルに興味深く見ていました。留学生と生徒が、互いの出身国について紹介しあう場面も見られました。

今回の訪問は、SDGsの達成に寄与する科学技術について学ぶとともに、国際色豊かな大学の雰囲気を経験する有意義な機会となったようです。



本学の紹介



科学実験を見つめる
名古屋国際学園の生徒



貴重図書室の見学



大規模並列計算機
「KAGAYAKI」の見学

環境配慮活動（研究トピックス）

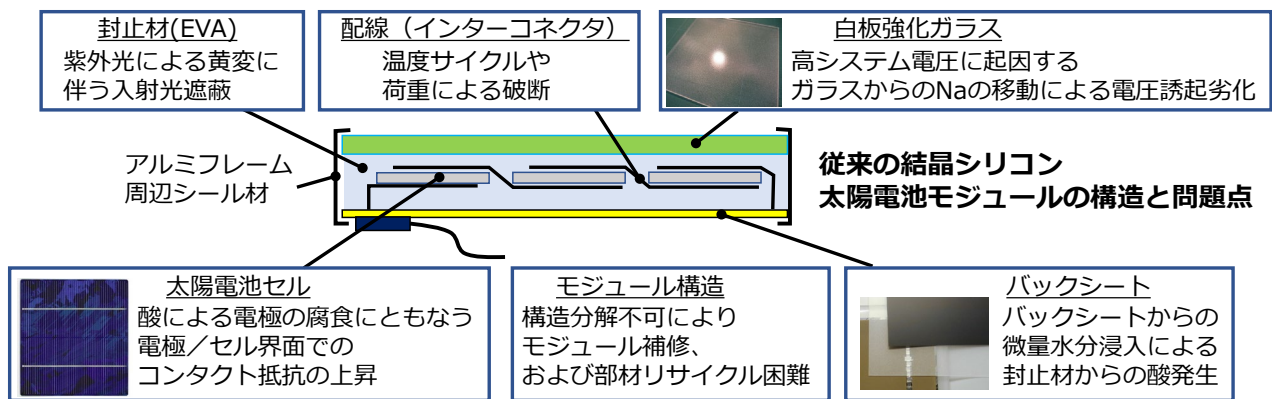
3

【サステイナブルイノベーション研究領域の大平圭介教授】

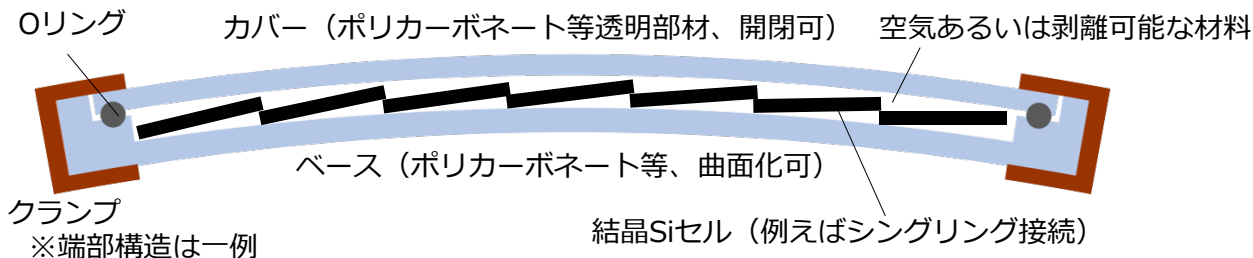
太陽電池モジュールに関する研究課題が国立研究開発法人
新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の
「NEDO先導研究プログラム」に採択

- 研究期間：
2023年5月～2026年3月
- 研究課題名：
次世代型超高効率太陽光パネルの実現に向けた要素技術の研究開発
- 研究テーマ名：
リサイクル容易な曲面・超軽量結晶Si太陽電池モジュールの開発

■研究概要：
本研究では、封止材を用いない、あるいは剥離可能な封止材を用いた新概念結晶Si太陽電池のモジュールの開発に取り組みます。モジュールに使用する各部材が接着されていないため、廃棄の際の分解・分別や、部材リサイクルが容易となります。さらに、耐荷重や形状の問題で設置が難しかった建材への太陽光発電導入につながるよう、軽量化と曲面加工が可能となるモジュールの実現も目指します。本研究は、京セラ、新潟大学、青山学院大学、岐阜大学と共同で実施します。



開発する太陽電池モジュールの構造



環境配慮活動（研究トピックス）

4 サステイナブルイノベーション研究領域セミナー 「機能性高分子微粒子とグリーンテクノロジー」を開催

2023年6月15日のサステイナブルイノベーション研究領域セミナーにおいて、「機能性高分子微粒子とグリーンテクノロジー」と題した講演を開催しました。

本セミナーでは、主に学生・教職員等を対象に、学外から講師を招いて、専門分野における研究・技術動向等を紹介しています。

■講演題目：
機能性高分子微粒子とグリーンテクノロジー

■講演者：
信州大学 学術研究院（繊維学系）
准教授 鈴木 大介 氏

■講演要旨：
高分子微粒子は、水中で合成され、水中に分散した状態で機能を発揮するため、脱有機溶剤の鍵となる材料である。本講演では、高分子微粒子に関する2つのトピックを紹介する。1つ目は、水で膨潤した高分子微粒子（ゲル微粒子）である。ゲル微粒子は、微粒子の大半を水が占めるため、一般的なコロイド粒子とは異なる性質を多く有する。一方、その構造を正確に捉えることは難しく、構造－機能相関は未だ不明な点が多い。先端計測技術を活用することでこれらの解明に取り組んできた内容を概説する。2つ目は、溶媒を除去した微粒子からなる高分子材料が、材料の性質を劣化させることなくリサイクル可能であるという新たな概念について説明する。

2023. 6. 15 (THU) 13:00 – 15:00

Japan Advanced Institute of Science and Technology

Seminar of Sustainable Innovation Research Area

マテリアルサイエンス研究棟 IV 棟 8 階 中セミナー室

講演題目と講演者

機能性高分子微粒子とグリーンテクノロジー

Functional polymer microspheres for sustainable chemistry

信州大学 学術研究院（繊維学系）

准教授 鈴木 大介 氏

Associate Professor, SUZUKI Daisuke

Graduate School of Textile Science & Technology and RISM,
(Research Initiative for Supra-Materials), Shinshu University

講演要旨

高分子微粒子は、水中で合成され、水中に分散した状態で機能を発揮するため、脱有機溶剤の鍵となる材料である。本講演では、高分子微粒子に関する2つのトピックを紹介する。1つ目は、水で膨潤した高分子微粒子（ゲル微粒子）である。ゲル微粒子は、微粒子の大半を水が占めるため、一般的なコロイド粒子とは異なる性質を多く有する。一方、その構造を正確に捉えることは難しく、構造－機能相関は未だ不明な点が多い。先端計測技術を活用することでこれらの解明に取り組んできた内容を概説する。2つ目は、溶媒を除去した微粒子からなる高分子材料が、材料の性質を劣化させることなくリサイクル可能であるという新たな概念について説明する。

講演者略歴

2007年 3月 慶應義塾大学理工学研究科後期博士課程修了(博士(工学))
2007年 4月 日本学術振興会特別研究員PD(東京大学大学院マテリアル工学専攻)
2009年 4月 信州大学ファイバーナノテクノロジー国際若手研究者育成拠点ポスドク助教授
2013年 4月 同准教授
2020年 8月 文部科学省学術調査官
2021年 10月 JST-CREST(分解と安定化)研究代表



参加申込予約は不要です。直接会場にお越しください。
お問合せ先：北陸先端科学技術大学院大学 共通事務第三係 (E-mail: ms-secr)

環境配慮活動（研究トピックス）

5 金沢大学・北陸先端科学技術大学院大学 第1回共同シンポジウムを開催

2023年6月26日（月）、本学小ホールにおいて、金沢大学・北陸先端科学技術大学院大学 第1回共同シンポジウムを開催しました。

金沢大学と本学は、融合科学共同専攻における分野融合型研究を推進してきましたが、本年度より、融合科学共同専攻にとどまらず、両大学間の共同研究の発展と促進を目指し、共同シンポジウムを開催することとしました。

第1回である今回は、「エネルギー関連材料・デバイスにおける最新研究の展開」をテーマに開催し、寺野 稔学長による開会挨拶後、本学 サステイナブルイノベーション研究領域 大平圭介教授、金沢大学理工研究域 機械工学系 辻口拓也准教授、金沢大学 ナノマテリアル研究所 當摩哲也教授、本学 融合科学共同専攻長 松見紀佳教授にそれぞれエネルギー関連の最新研究についてご講演いただき、金沢大学 和田隆志学長の挨拶をもって閉会となりました。

本シンポジウムが、今後の両大学間の共同研究の発展と促進を目的としていることから、各講演者は、自身の研究内容の説明に加えて、「どのような研究分野との共同研究が可能か」という点も併せて講演されました。

オンライン配信とのハイフレックス形式にて開催しました本シンポジウムには、両大学より多くの方が参加され、質疑応答の時間には研究者間による活発な意見交換が行われました。次回は金沢大学を会場として開催される予定であり、本シンポジウムが今後両大学間の共同研究発展の端緒となるよう推進して参ります。



開会の挨拶をする寺野学長



講演①「シリコン系太陽電池の高性能・低コスト・長寿命化技術の開発」
大平圭介 教授（本学 サステイナブルイノベーション研究領域）



講演②「ギ酸を中心とした循環型社会の構築に向けた要素技術開発」
辻口拓也 准教授（金沢大学 理工研究域 機械工学系）



講演③「軽くて柔らかい有機材料を用いた太陽電池の長寿命化と実用化」
當摩哲也 教授（金沢大学 ナノマテリアル研究所）



講演④「次世代型蓄電池の開発を目指した部材開発」
松見紀佳 教授（本学 融合科学共同専攻長）



閉会の挨拶をする金沢大学 和田学長

環境配慮活動（研究トピックス）

【サステイナブルイノベーション研究領域の宮田全展講師】

6

一般社団法人日本熱電学会の進歩賞を受賞

日本熱電学会では、熱電工学、熱電科学、及び熱電技術、並びに関連分野における発明、発見、研究と開発、並びに同学会の発展に顕著な功績があったと認められる同学会会員に対して、その功績を讃え表彰を行っています。

■受賞年月日：

2023年9月25日

■研究題目：

実験と第一原理計算による新奇硫化物・リン化物熱電材料のマテリアルデザイン

■研究概要：

本研究では、実験とスーパーコンピューターを駆使したシミュレーション計算により、高い性能（出力因子）を示す新しい硫化物熱電材料を創製し、そのメカニズムを明らかにしました。さらに、本学生まれのシミュレーション計算コードOpenMXと、電子輸送計算コードBoltzTraPをつなぐ汎用インターフェースプログラムを開発し、世界に先駆けて800種類を超える硫化物熱電材料の大規模計算を行うことで、熱電性能を最大化する設計指針を確立しました。本研究で開発されたインターフェースプログラムはOpenMXの公式計算オプションとして実装されています。

（OpenMX Ver.3.9 ユーザーマニュアル

https://www.openmxsquare.org/openmx_man3.9jp/index.html）

実験とスーパーコンピューターによる高精度なシミュレーション計算により、新しい高性能熱電材料の候補物質群として、リン化物が高いポテンシャルを持つことを詳細に明らかにし、中でもAg（銀）-P（リン）化合物中のAg原子が特殊な振動をすることで、熱伝導を大きく抑制し、極めて低い格子熱伝導率を示すメカニズムを明らかにしました。そして、リン化物のみならず、広く無機材料について、熱伝導において重要なフォノン（原子振動の伝搬を仮定の粒子の運動として取り扱う概念）において、比熱・音速・緩和時間に相関関係があることを発見し、フォノンの観点から熱電材料の新しい評価指針を確立しました。

株式会社白山、石川県工業試験場を中心とした産官学連携により、Mg（マグネシウム）とSi（シリコン）を主成分とした環境にやさしい熱電材料の高性能化の材料設計指針を、実験とスーパーコンピューターによるシミュレーションより確立し、材料の高性能化に貢献しました。

環境配慮活動（研究トピックス）

【共創インテリジェンス研究領域のダム ヒョウチ教授】

7 ゴムと金属の接着老化に関わる反応の可視化に成功 ～タイヤの長寿命化に向けた研究開発に活用～

【本研究のポイント】

- ・放射光を利用した最先端顕微分光イメージング計測により、ゴムと金属材料間の接着・老化反応を非破壊で三次元的に診断する新しい方法を開発。
- ・AI（機械学習）による解析で、ゴムと金属材料間の接着力を増強・低下させる反応を自動判別し、5つの反応パターンがあることを特定。
- ・タイヤの接着寿命予測や、長寿命化・再資源化に向けた材料開発への貢献に期待。

【研究背景】

自動車の足元を支えるタイヤの性能と耐久性の向上は、資源の有効活用や省エネルギー化に向けたSDGs達成において、重要な課題です。自動車用タイヤには、構造補強と耐久性向上を目的として、真ちゅうメッキされたスチールコードが使用されています。これにより、ゴムに添加された硫黄と真ちゅうの銅が反応し、硫化銅層を形成し、強固に接着されます。しかし、湿度や熱の影響で接着力が低下することが問題となっています。このメカニズムの解明は、タイヤの長寿命化と再資源化に向けた研究開発において不可欠です。

本学の研究グループと名古屋大学や横浜ゴム株式会社の研究グループとの共同で行う本研究では、大型放射光施設SPring-8のBL36XUを活用し、X線吸収微細構造－コンピューター断層撮影（XAFS-CT）法を使用して、ゴム内部の真ちゅう粒子の三次元顕微分光イメージングを非破壊で実施しました。この方法により、ゴム内部の真ちゅう粒子の反応データを大量に取得し、AIを用いて解析を行いました。これにより、ゴムと真ちゅうの間の接着老化メカニズムについて包括的な理解を得ることができました。

【研究内容】

研究グループは、XAFS-CT法を用いて、ゴムと真ちゅうの接着モデル試料の銅の分布と化合物の種類を三次元的に可視化する方法^(図)を開発しました。

XAFS-CT法による解析の結果、真ちゅうに元々存在する合金の銅に加え、ゴム中の硫黄と結合した1価および2価の硫化銅の3種類の化学種の分布を三次元的にイメージングしました。1価の硫化銅は接着を強化し、2価の硫化銅は接着を弱めると考えられています。湿熱老化初期には、真ちゅう粒子の周辺に1価の硫化銅が薄く分布し、接着層の形成を示唆する構造が観察されました。反応時間が進むと、2価の硫化銅が生成され、湿熱老化処理の時間に応じて銅の溶出、硫化、拡散が進む様子が初めて可視化されました。

多数の真ちゅう粒子に対して湿熱老化反応前後の銅の反応を追跡することで、ビッグデータを抽出し、AIを活用した解析手法を開発しました。これにより、湿熱老化処理時間に応じた3種類の銅の化学種の量の変化を定量的に追跡できるようになりました。解析結果として、湿熱老化に伴う銅の反応パターンを5種類の特定に成功しました。本研究結果は、2023年11月6日付「Communications Materials」誌に掲載されました。

【今後の展開】

本研究では、ゴムや金属などの異なる材料が混ざった複合体を非破壊で解析し、内部の複雑な反応を可視化することに成功しました。またAI解析手法の開発により、ゴム材料内部の接着老化メカニズムの解明と寿命予測が可能となり、長寿命化と再資源化に向けた研究開発に貢献できると期待されます。

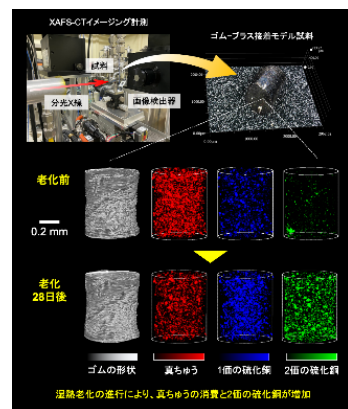


図 ゴムに真ちゅう粒子を混ぜ込んだ接着モデル材料に対するXAFS-CTイメージング。含まれる3種類の銅の化学種の分布と量を三次元的にイメージングし、湿熱老化反応による銅の状態の変化を非破壊で可視化することに初めて成功した。

可視光応答型光触媒を用いた環境水浄化：研究開発の飛躍的加速へ

【ポイント】

- ・ 光触媒試験を飛躍的に加速する技術の開発
- ・ 環境水浄化のための光触媒の一括スクリーニング
- ・ 環境水中で高活性を発揮する可視光応答型光触媒を開発

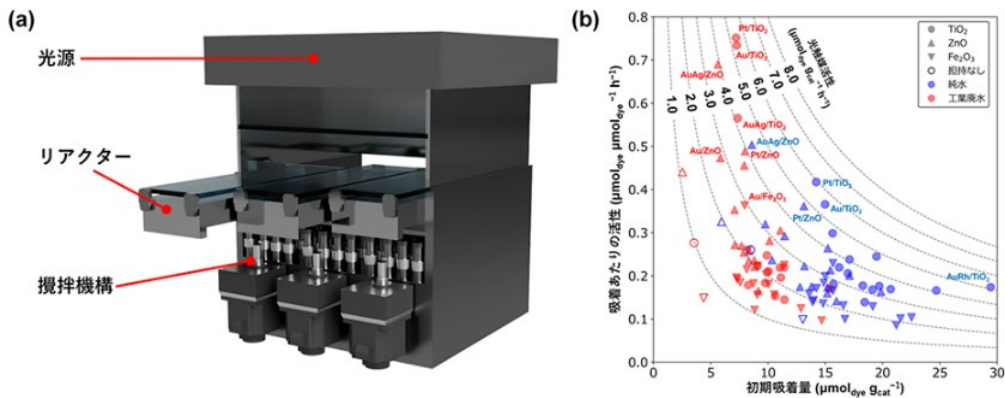
物質化学フロンティア研究領域の谷池俊明教授らは、可視光応答型光触媒を利用した環境水浄化に関するハイスループット実験技術を開発しました。水質汚染は、現代社会における重要な問題の一つです。有機汚染物質の中でも染料は、その多様性や濃度の高さから環境への影響が大きく、発展途上国を中心に深刻な問題となっています。これらの有機汚染物質を効果的に除去する方法として、可視光応答型の光触媒反応が注目されています。しかし、現在の光触媒は高濃度の汚染物質に対して十分な活性を示すことができず、また実用的な環境下での研究や応用に関する知見も不足しています。特に、環境水中に含まれるさまざまな無機イオンが光触媒反応に影響を与えることが知られており、これらの環境条件を考慮した効果的な触媒の開発が急務となっています。

本研究では、光触媒反応を132並列で実施可能なハイスループット実験技術を新たに開発し、大規模な実験から、可視光応答型光触媒を用いた環境水浄化に関する有用な知見を導くことに成功しました。また、環境水中の特定のイオンが触媒の活性を有意に低下させることを明らかにしました。さらに、工業廃水において効果的な触媒を開発するため、15種類の貴金属ナノ粒子を光触媒に担持した結果、AuやPtなどの高仕事関数と酸化耐性を併せ持つ金属ナノ粒子が、環境イオンを活性種に変換し、高活性を示すことを明らかにしました。

この研究は、開発されたハイスループット実験技術の有効性を示すものです。

今後は、この技術を改良することで、水分解や二酸化炭素還元など他の光触媒反応の研究を可能にする見通しです。

本成果は、2023年11月17日に学術雑誌「Environmental Pollution」（Elsevier社）のオンライン版に掲載されました。



開発ハイスループットスクリーニング装置 (a)とスクリーニング結果 (b)

環境配慮活動（研究トピックス）

【サステイナブルイノベーション研究領域の桶葭興資准教授、
物質化学フロンティア研究領域の西村俊准教授】

9

精密な高分子設計による能動的電子輸送が終始可能に －高分子が触手のように電子を授受－

【ポイント】

- ・精密に合成された高分子が能動的に電子を輸送するナノシステムを設計
- ・実際の葉緑体に倣った光エネルギー変換システムの構築が期待

サステイナブルイノベーション研究領域の博士前期課程大学院生 萩原礼奈、桶葭興資准教授、物質化学フロンティア研究領域の西村俊准教授らは、「電子を輸送する」高分子-金属ナノ粒子の複合組織を設計しました。ここでは、三元系のヘテロ高分子が触媒ナノ粒子表面に結合しており、能動的な電子輸送システムとして機能します。従来の研究では、電子伝達には2 nm以内で著しく効率的になることが分かっていたましたが、この距離を制御する能動的なシステムはありませんでした。本研究の高分子は電子の授受に伴って相転移を起こし、能動的に触媒粒子との距離を変化させます。このようなナノシステムは、可視光エネルギーによる水の分解や水素生成の触媒作用のみならず、電池など電気化学反応を伴う系や人工酵素の系に展開することで、様々なエネルギー変換システムに有用と期待されます。

桶葭准教授らの研究グループはこれまでに、持続可能社会の実現に向けて人工光合成の高分子によるシステム構築に挑戦してきました。実際の光合成を行う葉緑体が持つ電子伝達組織、および電子移動に関するマーカス理論に学び、今回、2 nm以内の電子輸送を能動的に起こす系を高分子の精密な合成を通して構築しました。まず、三元系のヘテロ高分子を精密に合成し、これが結合した触媒ナノ粒子を作製しました(図)。この高分子は、相転移を起こす部位、ナノ粒子と結合する部位、そして電子を授受する部位から構成されます。ここで、高分子中のビオロゲン分子が電子を得ると、触媒の白金ナノ粒子まで迅速に運び水素生成する仕組みです。プロセスとしては、I) 電子を得たビオロゲン分子近傍の高分子が収縮します。II) この高分子の一部はナノ粒子表面に固定されているため、電子を得たビオロゲンはナノ粒子表面へ触手のように引き寄せられます。III) ビオロゲンが電子をナノ粒子に渡した後、この高分子は伸長して元に戻ります。他方、このナノ粒子は水素生成の触媒として働きます。このI~IIIがサイクリックに進みます。従来の研究では、拡散律速に依存した受動的な電子移動が介在していましたが、今回のシステムでは、高分子がナノ粒子表面に固定されたことでその能動的な電子輸送が終始可能となりました。2 nm以内での電子移動において、著しく高い有効性が認められることは、理論だけでなく実証実験でも報告されていましたが、この距離を制御する能動系はこれまでありませんでした。今回、高分子が触手の様に電子を捉えて触媒が電子を食べるような、アクティブなナノシステムが提案されました。

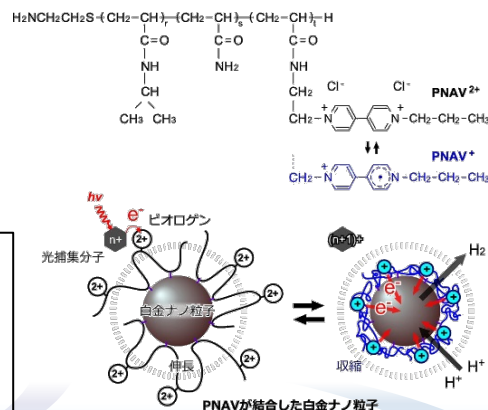
本成果は、2023年12月13日(英国時間)に科学雑誌「Chemical Communications」誌(RSC社)のオンライン版で公開されました。

【今後の展開】

高分子の相転移を用いた電子の能動輸送は、エネルギー変換系(光エネルギーから水素生成等)だけでなく、次世代バッテリーなど様々な先端材料にとって有用なナノシステムと期待されます。

右上図：三元系のヘテロ高分子Poly(NIPAAm-co-AAm-co-Viologen)(PNAV)。相転移を起こす部位N、ナノ粒子と結合する部位A、そして電子を授受する部位Vから構成される。

右下図：高分子PNAVが結合した白金ナノ粒子。光捕集分子などから電子を得たPNAV(PNAV⁺)は収縮し白金ナノ粒子に近づき電子を渡す。その際、PNAV²⁺となると伸長してナノ粒子表面から離れる。この能動的な電子の授受を繰り返す。



【物質化学フロンティア研究領域の松見紀佳教授】

10 ポリビニルホスホン酸を用いたリチウムイオン2次電池における マイクロシリコンオキシド負極の安定化に成功

【研究内容と背景】

リチウムイオン2次電池の負極材開発において、マイクロシリコンオキシドはシリコンと比較して比較的穏やかな体積変化を示すため、活用が広範に検討されています。しかし、なお体積変化による負極性能の劣化を抑制できるバインダーの開発が望まれています。

本研究においては、ポリビニルホスホン酸をマイクロシリコンオキシド負極のバインダーとして活用することにより、ポリアクリル酸の場合と比較して顕著に電池のサイクル特性が向上することを見出しました。

ポリビニルホスホン酸（PVPA）を銅箔でサンドイッチした系の引き剥がしに要する応力を評価したところ3.44N/mであり、ポリアクリル酸（PAA）（2.03 N/m）、ポリフッ化ビニリデン（PVDF）（0.439 N/m）と比較して大幅に高い接着力を示しました（図1）。

負極の組成をマイクロサイズSiO₂:グラファイト:ポリビニルホスホン酸:アセチレンブラック:カルボキシメチルセルロース=30:30:20:15:5とし、EC:DEC = 1:1 (v/v) LiPF₆溶液を電解液としてアノード型ハーフセルを構築しました。

アノード型ハーフセルの充放電特性評価を行ったところ、ポリビニルホスホン酸バインダー系では1000mA_g⁻¹の電流密度において200サイクル後に650mAh_{gSiO₂+C}⁻¹以上の放電容量（1300mAh_{gSiO₂}⁻¹以上の放電容量）を維持しました（図2e）。一方、ポリアクリル酸バインダー系では、200サイクル後には300mAh_{gSiO₂+C}⁻¹まで放電容量が低下しました。また、ポリフッ化ビニリデンバインダー系の耐久性はさらに低く、200サイクル後には初期容量の20%の容量を維持するにとどまりました。

200サイクルの充放電サイクル後、電池セルを分解して負極をSEM観察したところ、ポリビニルホスホン酸バインダー系においては集電体からの剥離は観測されませんでした。一方、比較対象のポリアクリル酸バインダー系、ポリフッ化ビニリデンバインダー系では集電体からの剥離が観察されました（図3）。

ポリビニルホスホン酸バインダーを用いたSiO₂負極とLiFePO₄正極を組み合わせたフルセルも構築し、1.5 mAh以上の放電を150サイクルにわたって観測しました。

本成果は、ACS Applied Energy Materials（米国化学会）のオンライン版に2024年2月8日に掲載されました

【今後の展開】

ポリビニルホスホン酸の優れた結着性を活用し、さらに様々なエネルギーデバイスへの適用範囲の拡充が期待されます。

本材料はすでに丸善石油化学株式会社が生産技術を保有しており、国内特許、外国特許共に出願済みです（本学、丸善石油化学株式会社の共同出願）。

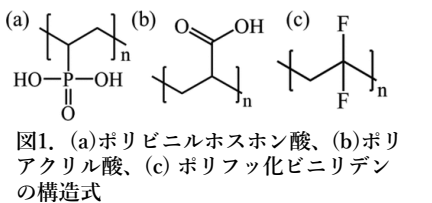


図1. (a)ポリビニルホスホン酸、(b)ポリアクリル酸、(c)ポリフッ化ビニリデンの構造式

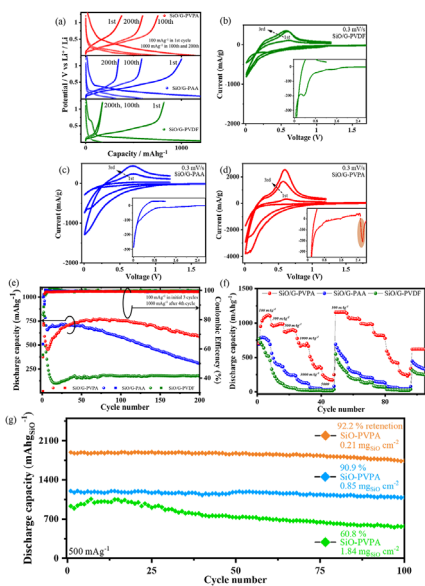


図2. (a)各アノード型ハーフセルの充放電曲線、(b)(c)(d)各アノード型ハーフセルのサイクルクックボルタモグラム、(e)各アノード型ハーフセルの充放電サイクル特性、(f)各アノード型ハーフセルの充放電レート特性、(g)各アノード型ハーフセルにおける活物質担持量の影響

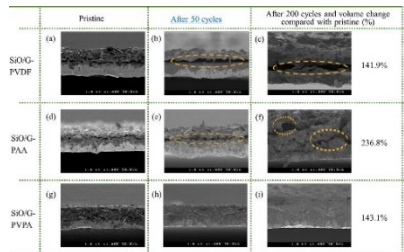


図3. 各バインダーを用いた系の充放電前後の負極のSEM像及び充電後の膨張率

環境配慮活動（研究トピックス）

【サスティナブルイノベーション研究領域のヒュン トゥ ティ カム特任助教、
大平圭介教授、ナノマテリアルテクノロジーセンターの東嶺孝一技術専門員】

11 機械学習を用いた太陽電池用シリコン薄膜堆積条件の

新たな最適化手法を開発

【ポイント】

- ・実用で頻出する制約（膜厚制限や実現不可能な実験条件排除）を考慮した「制約付きベイズ最適化」を開発
- ・制約内の実験条件範囲でキャリア再結合抑止能力が最良となる薄膜堆積を少ない実験回数で実現
- ・太陽電池製造や薄膜堆積に限らず広く応用可能な手法として期待

本学の大橋亮太大学院生（博士前期課程）、Huynh, Thi Cam Tu特任助教（サスティナブルイノベーション研究領域）、東嶺孝一技術専門員（ナノマテリアルテクノロジーセンター）、大平圭介教授（サスティナブルイノベーション研究領域）と、理化学研究所革新知能統合研究センターの沓掛健太朗研究員は、結晶シリコン太陽電池に用いられる薄膜のシリコン堆積条件を最適化する新たな手法を開発しました。

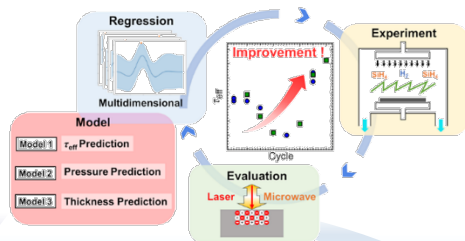
本研究グループではこれまで、触媒化学気相堆積(Cat-CVD)法を用いた太陽電池用薄膜形成に取り組んできました。特に、非晶質シリコン膜と結晶シリコン基板との接合からなるシリコンヘテロ接合太陽電池は、低損傷での膜堆積が可能なCat-CVDの優位性が生かせることから、有用な応用先として注力しています。この製膜においては、多数の製膜パラメータが存在するため、太陽電池出力を最大化する最適製膜条件の発見には、一般に膨大な実験回数（試行錯誤）を要します。

このような実験条件の最適化問題に対して、「ベイズ最適化」と呼ばれる、機械学習を応用した逐次最適化法が、最近よく使用されています。しかし、太陽電池出力の最大化のみを目的とした単純なベイズ最適化では、次の実験条件で得られる膜の厚さを規定する機能は無く、デバイス動作上問題が生じるような厚膜が形成される可能性があります。また、ベイズ最適化によって提示される実験条件が、実現不可能な組み合わせ（例えばガス流量と製膜装置のポンプの排気能力の不整合）となる可能性があります。

本研究では、これらのベイズ最適化における実践的な問題を解決するための、「制約付きベイズ最適化」を開発しました。この手法では、未実施の実験条件のうち、製膜装置の仕様上実現が困難な実験条件を機械学習による予測に基づいてあらかじめ排除し、残りの条件の中からキャリア再結合抑止性能を最良化する可能性のある実験条件を提示させるよう工夫しました。さらに、一定の製膜時間における予測膜厚を提示させる機能を持たせ、所望の膜厚を得るための製膜時間を逆算できるよう設計しました。これらの制約を組み込むことで、製膜装置が実現可能な条件の範囲内でかつ一定の膜厚を有し、キャリア再結合抑止性能を最良化するベイズ最適化の手順を進行させることが可能となりました。開発した「制約付きベイズ最適化」を用いることで、わずか8回のサイクルにより最適な製膜条件に到達し、20回のサイクルでベイズ最適化工程が完了しました。また、本ベイズ最適化の提示に従って複数の製膜パラメータを広い範囲で変化させた結果、高いキャリア再結合抑止性能の実現には、製膜時の基板温度と原料ガスである SiH_4 の流量の組み合わせが重要であることも見出しました。

本研究で得られた手法は、太陽電池製造や薄膜堆積に限らず、幅広い分野や試料作製に適用可能な手法として期待されます。

本成果は、ACS Applied Materials and Interfaces（米国化学会）のオンライン版に2024年2月8日に掲載されました。



「制約付きベイズ最適化」の流れ

環境配慮活動（環境美化、省エネ活動啓蒙等）

放置自転車点検



構内の環境美化や景観の保全を目的として、駐輪場に長期間放置された自転車やバイクなどがないかを、学生にも協力いただきながら定期的に見回りをしています。

構内除草作業



環境美化活動として、6月と10月の年2回、構内の緑地除草作業を行っています。

ポスター掲示

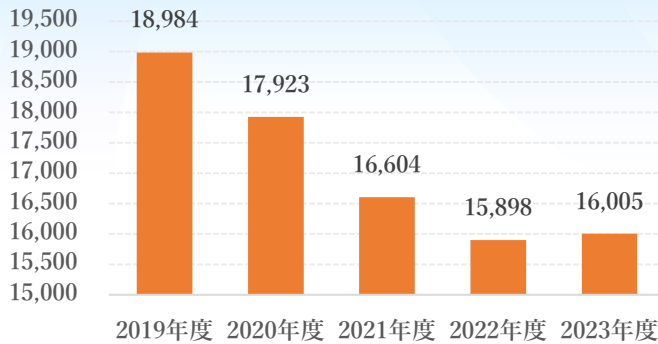


省エネ・省CO₂を図るため、クールビズやコピー用紙の両面利用を呼びかけるポスターを施設管理課が学内に掲示しています。

エネルギー使用量等の推移

年度別エネルギー消費量（１）

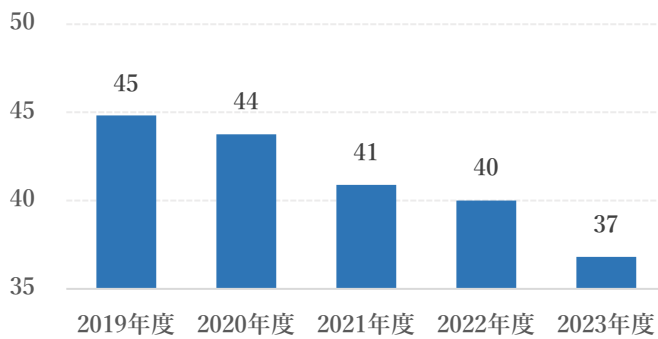
電力（千kWh）



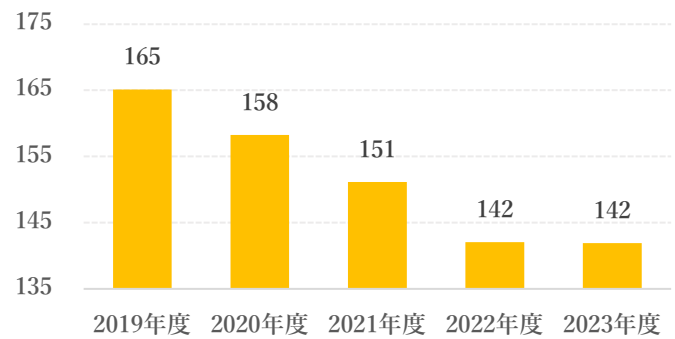
重油（kl）



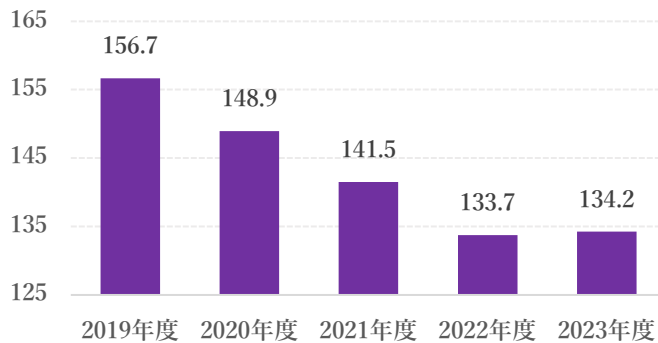
プロパンガス（千m³）



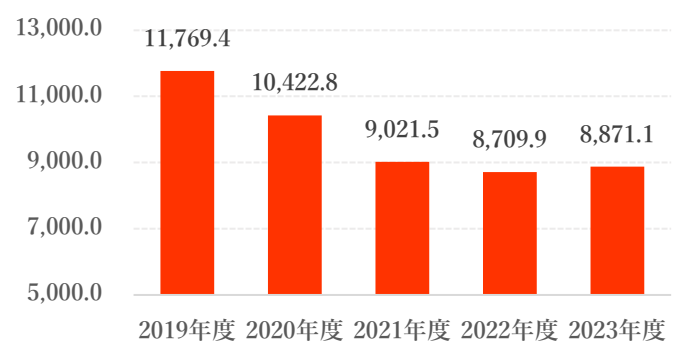
上水道（千m³）



下水道（千m³）



CO₂（t-CO₂）



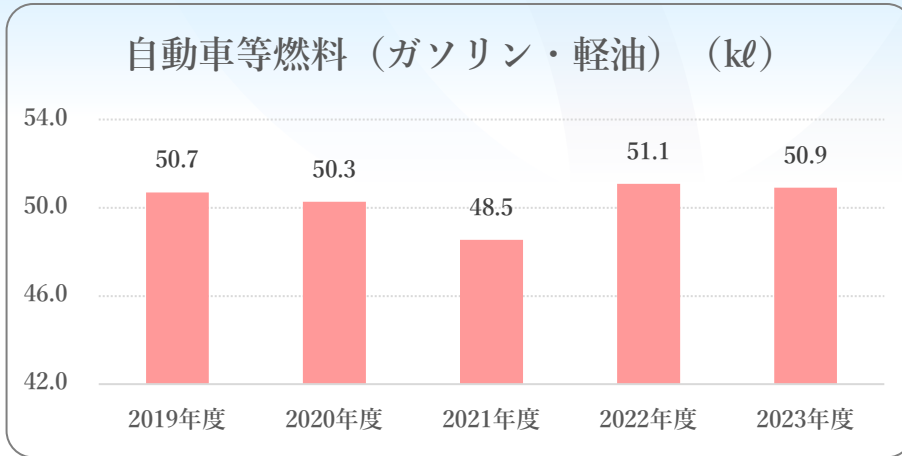
全体に年々減少傾向ですが、2023年度は、冬季の気温差が大きかったことと、実験装置（電子顕微鏡）の新規稼働があり、昨年度比として、電力0.7%、重油（主に空調用に使用）1.8%、CO₂換算で1.9%の増加となりました。上下水道は、増減はありませんでしたが、プロパンガス（主に宿舎系で使用）は7.5%の減少となりました。

エネルギー使用量等の推移

年度別エネルギー消費量（２）

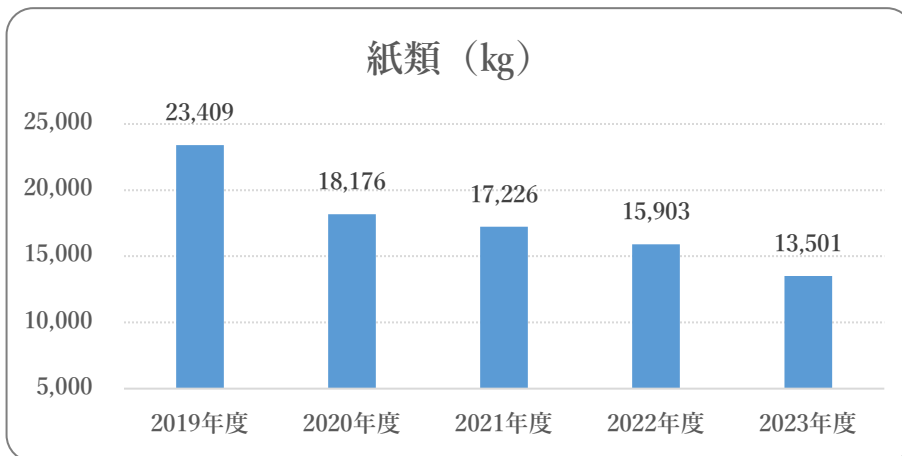
1. 自動車等燃料（ガソリン・軽油）

自動車等は、公用車(ガソリン)、定期運行バス(軽油)の運用があり、全体的に横ばいの推移となっています。



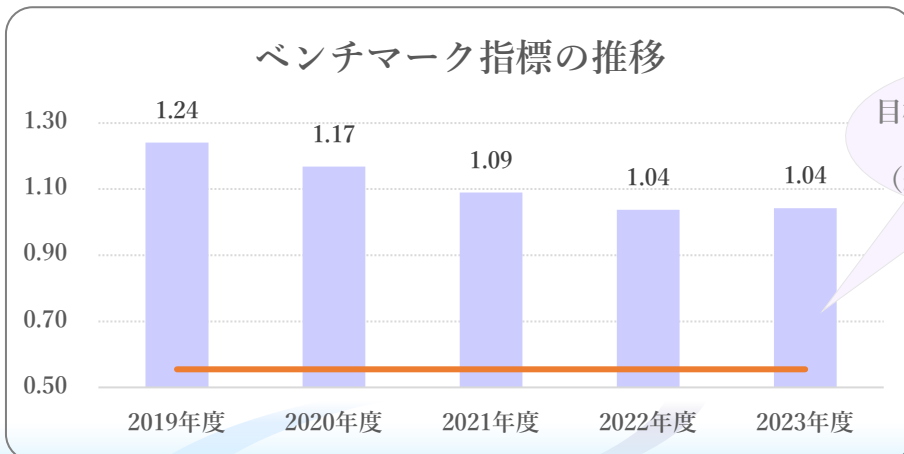
2. 紙類

2023年度は前年度比 15.1%減少となっています。



3. ベンチマーク指標※

高度実験設備（超並列計算機群、クリーンルーム等）のエネルギー消費量が多い機器の稼働割合が大きい
ため目標とすべき水準値の約2倍となっています。（全体で2023年度は前年度比 同数となっています。）



目標とすべき水準値
0.555
(経済産業省基準)

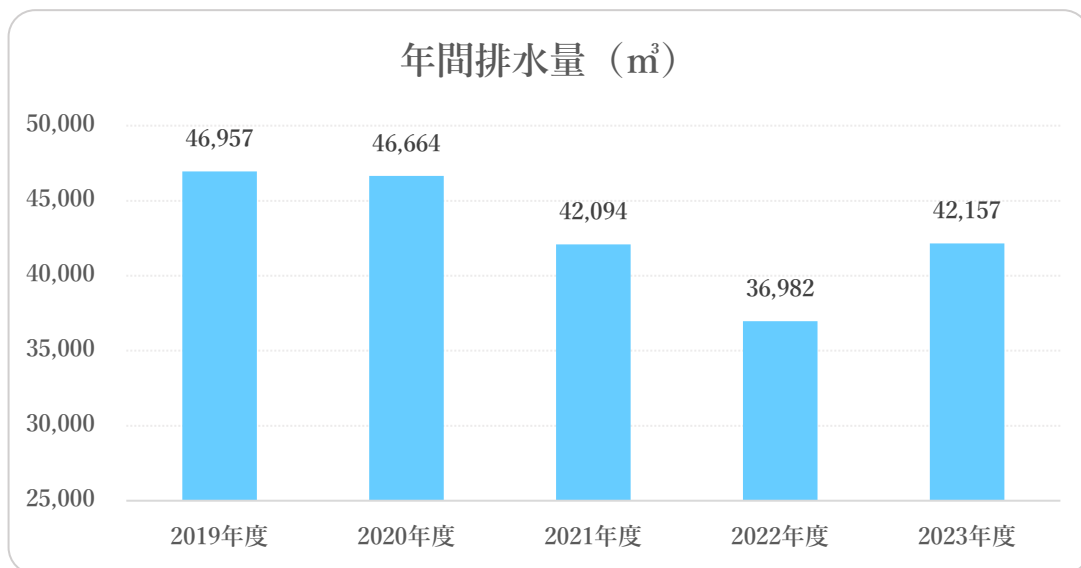
※ベンチマーク指標
= $\frac{\text{エネルギー使用量 (kℓ)}}{\text{同一特徴を持つキャンパスの標準的なエネルギー使用量 (kℓ)}}$

エネルギー使用量等の推移

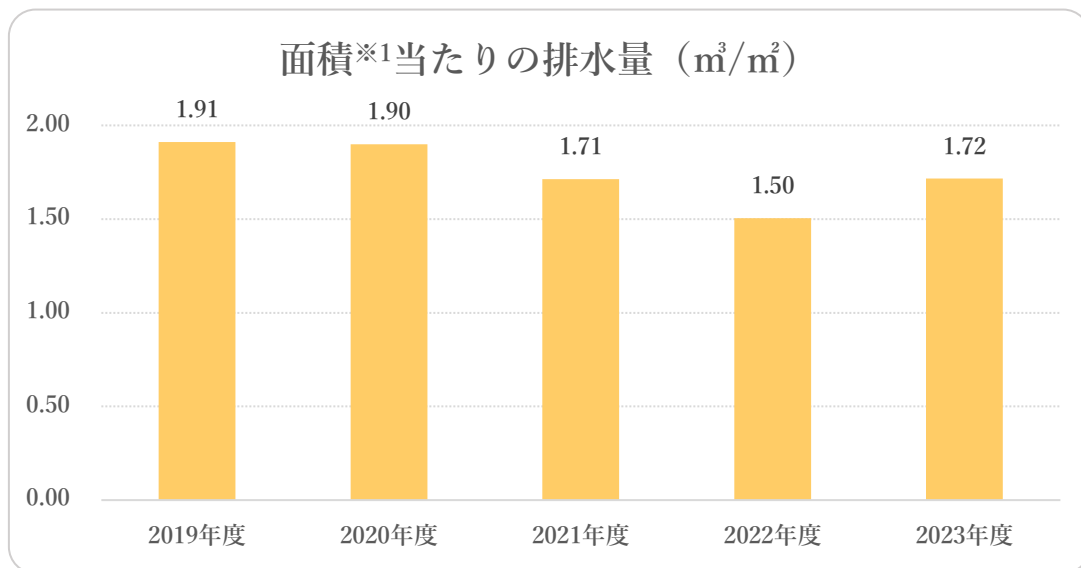
実験排水

実験排水は、廃水処理施設を経由して下水道に放流した排水で、主に実験器具に使用した第3次以降の洗浄廃水と、装置の排熱処理に使用した冷却水です。

実験排水（１）



実験排水（２）



※ 1 実験排水が排出される建物面積の計

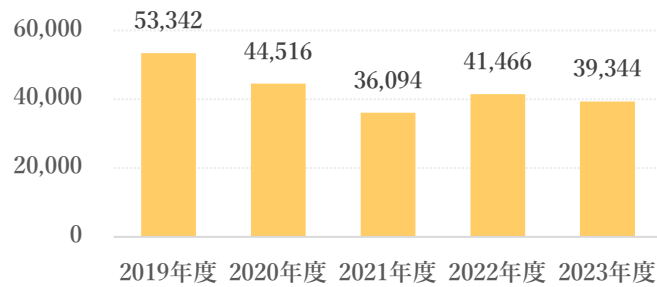
廃棄物の状況

事業系一般廃棄物

一般廃棄物の排出量は、可燃ごみが対前年度比約5.1%減、不燃ごみが約2.9%増、ビンが約5.9%減、スチールが約9.0%増、アルミが約8.5%減となり、全体として対前年度比約4.7%、排出量にして2,414kgの減少となりました。ビン・スチール・アルミについては、種類により排出量の凸凹はあるものの、マイカップ・マイボトル等の環境配慮行動の高まりも影響し、総じて前年度に比べて約5.6%減少しております。

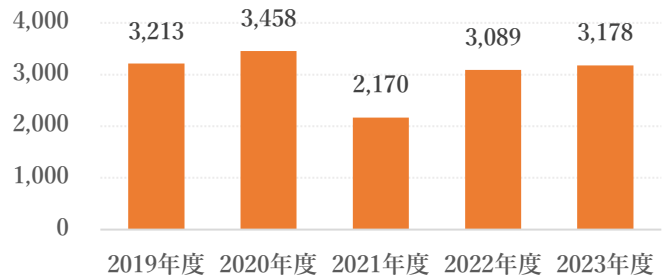
可燃ごみ(kg)

合計（大学構内、JAISTイノベーションプラザ）



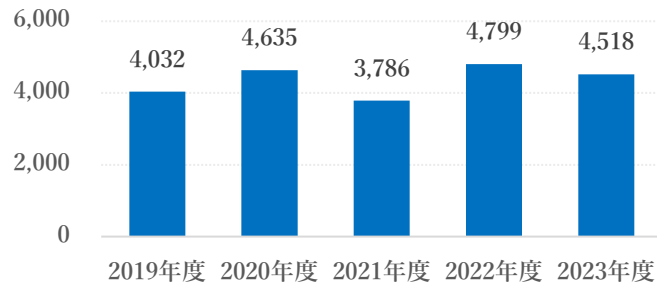
不燃ごみ(kg)

合計（大学構内、JAISTイノベーションプラザ）



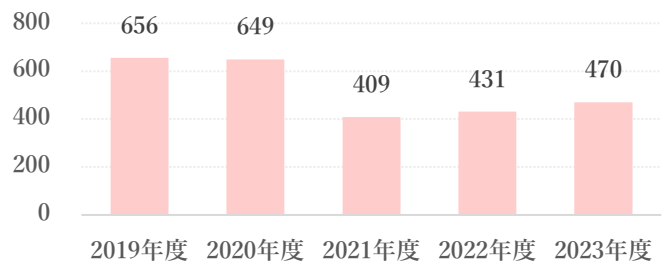
ビン(kg)

合計（大学構内、学生寄宿舎、JAISTイノベーションプラザ）



スチール(kg)

合計（大学構内、学生寄宿舎、JAISTイノベーションプラザ）



アルミ(kg)

合計（大学構内、学生寄宿舎、JAISTイノベーションプラザ）



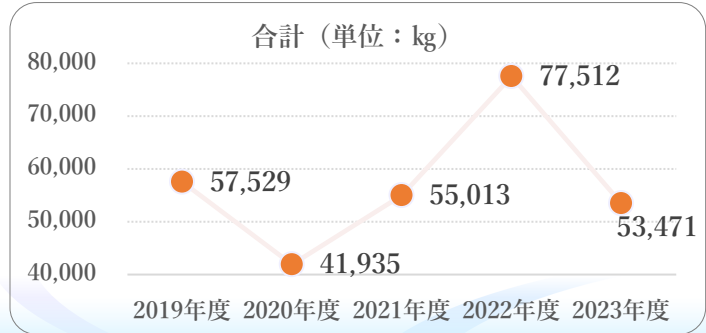
廃棄物の状況

産業廃棄物

産業廃棄物の排出量は、全体として対前年度比約31%減、排出量にして24,041kgの減少となりました。要因としては、前年度全体の68%を占める管理型混合廃棄物が、対前年度比約56%減、排出量にして23,190kgの減少があったことによるものです。

年度別産業廃棄物処分量（単位：kg）

種 類	処 分 量				
	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度
汚 泥	1,206	1,198	1,101	1,244	1,745
廃 油	2,295	3,035	2,570	2,689	2,501
廃 酸	1,371	370	485	462	440
廃アルカリ	359	120	160	95	480
廃プラスチック	4,188	4,255	7,507	7,309	7,767
木くず	600	0	0	0	0
金属くず	420	1,380	2,410	4,910	2,540
ガラス・コンクリ・陶磁器	760	853	560	550	800
安定型混合廃棄物	33,950	1,380	231	1,380	1,178
管理型混合廃棄物	0	21,080	31,500	52,430	29,240
廃電気機械器具	1,351	499	1,588	0	0
廃電池類	0	0	0	636	0
引火性廃油	4,074	5,044	3,672	2,916	3,205
感染性産業廃棄物	1,334	1,601	1,881	1,661	1,632
廃油（有害）	1	0	0	0	20
汚泥（有害）	0	2	1	2	1
廃酸（有害）	40	38	42	44	33
廃アルカリ（有害）	30	170	110	100	90
廃水銀等	0	3	0	0	502
強 酸	5,550	641	846	814	814
強アルカリ	0	266	349	270	484
合 計	57,529	41,935	55,013	77,512	53,471



化学物質等の管理

本学では化学物質等総合安全管理推進本部を組織して、安全衛生管理及び化学物質等の管理に関する業務（化学物質リスクアセスメント、P R T R調査、作業環境測定等）を統括し、総合的な観点から安全管理を推進しています。

化学物質等処理

・化学物質リスクアセスメント

2014年6月に労働安全衛生法が改正され、一定の危険有害性のある化学物質（674物質）について、化学物質のリスクアセスメントの実施が義務づけられたため、安全データシート（SDS）の交付が義務づけられている674物質の取り扱いがある研究室を対象に化学物質のリスクアセスメントシステムを使用した化学物質のリスクアセスメントを促しています。

・廃液処理

本学のナノマテリアルテクノロジーセンターではマテリアルサイエンス系及びナノマテリアルテクノロジーセンターで排出された実験用薬品等の廃液を一括して回収し、産業廃棄物として処分を外部委託しています。

・P R T R (Pollutant Release and Transfer Register) 制度

P R T R (Pollutant Release and Transfer Register) 制度とは、「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」に基づき、人の健康や生態系に有害なおそれのある化学物質がどのような発生源からどれくらい環境中へ排出されたか、あるいは廃棄物に含まれて事業所の外へ運び出されたかというデータを事業者が把握して国に届出を行い、国が集計して公表する仕組みです。

本学についても、大学全体で1年間の取扱量が1トンを超える第一種指定化学物質について届出義務があります。本学では2013～2023調査において届出該当物質はありません。

安全管理

・作業環境測定

労働安全衛生法施行令第21条に基づき作業環境測定を実施しています。1日に消費する有機溶剤等の量が許容消費量を常に超える研究室（有機則28条）2件、特定化学物質を常時取り扱っている研究室（特化則36条）2件を対象に作業環境測定を実施し、結果はいずれも安全性に問題はありませんでした。今後も測定の継続とともに作業管理の水準向上に努めていきます。

・受動喫煙防止の取組

本学では受動喫煙防止の取組を安全衛生委員会で協議し、2017年10月1日から屋外喫煙所は設けず敷地内を全面禁煙としております。



グリーン購入・調達

本学では、国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律に定められた品目について「環境物品等の調達の推進を図るための方針」を策定し、ホームページ上に公表しています。

2023年度においては特定調達品目の目標達成を100%と設定していましたが、紙類について99.9%となりました。紙類について100%の目標達成に向けグリーン購入法に合致する用紙の適切な選択を引き続き行うものです。

詳細はWebサイトにてご覧いただけます。

<https://www.jaist.ac.jp/about/disclosure/supply/environment-policy.html>



品名	2019年度		2020年度		2021年度		2022年度		2023年度	
	総調達数量	単位	総調達数量	単位	総調達数量	単位	総調達数量	単位	総調達数量	単位
紙 類	23,409	kg	18,176	kg	17,226	kg	15,903	kg	13,501	kg
文具類	19,491	件	43,999	件	28,345	件	40,875	件	12,416	件
オフィス家具等	278	台	521	台	334	台	322	台	139	台
OA機器	1,214	台	2,205	台	3,687	台	2,364	台	1,243	台
OA機器関連用品	1,850	個	3,663	個	2,580	個	2,264	個	2,399	個
家電製品	35	台	41	台	27	台	19	台	27	台
エアコンディショナー等	1	台	10	台	12	台	10	台	11	台
温水器等	0	台	0	台	0	台	0	台	0	台
照 明	2,336	件	1,359	件	1,149	件	1,280	件	1,572	件
自動車等	2	台	0	台	0	台	0	台	0	台
自動車等関連用品	31	件	0	件	0	件	0	件	0	件
消火器	1	本	5	本	12	本	1	本	99	本
制服・作業服	31	着	36	着	29	着	29	着	15	着
カーテン等	22	枚	19	枚	30	枚	9	枚	45	枚
じゅうたん等	6	m ²	1,201	m ²	957	m ²	1,010	m ²	1,180	m ²
寝具類等	15	枚	35	枚	36	枚	34	枚	18	枚
作業手袋	66	組	67	組	120	組	137	組	95	組
その他繊維製品	12	枚	13	枚	26	枚	4	枚	0	枚
テレワーク用ライセンス		個		個	1,500	個	1,700	個	0	個
災害備蓄用品	0	個	2,822	個	2,822	個	5,522	個	0	個
役 務	486	件	409	件	377	件	490	件	426	件
ごみ袋等		枚	21,429	枚	21,470	枚	21,040	枚	8,623	枚

環境配慮活動の目標・計画と自己評価

本学の環境問題に基づき設定した環境目標と、達成するための実施計画及び自己評価は以下の通りです。

2023年度
 評価
 ○・・・達成、△・・・一部達成、×・・・未達成

目 標	実 施 計 画	実 績	評価
1. 環境関連の教育の実施			
1- 1. 環境教育の実施	○ 全構成員に環境報告書を周知する。	・ 本学の環境配慮等への取り組みに関する方針・目標・行動計画等を記載している「環境報告書2023」を大学ホームページにアップロードし、そのURLを全構成員に電子メールで周知した。	○
2. 地球温暖化対策			
2- 1. エネルギー使用量の削減	○ エネルギー使用量を前年度比1%以上削減する。	・ 電気と重油の使用量の増加により、エネルギー使用量が前年度比0.6%増加した。	×
	○ 省エネルギー性能の高い機器への切り替えを進める。	・ 空調用ポンプ3台を省エネルギー性能のポンプに更新、照明器具115台をLED照明に取り換えた結果、それぞれ従来の機器と比較して電気使用量が7.6%、37.8%の省エネを達成した。	○
	○ 省エネルギー推進活動の啓蒙を行う。	・ 冷房、暖房時の温度設定等に関する啓蒙ポスターの掲示、電力の使用量のWeb公開を行い、省エネルギー活動の推進を行った。	○
2. 温室効果ガスの排出抑制	○ 待機時のエンジン停止の施行、急発進を行わない等、法人車のエコドライブに努める。	・ エコドライブへの協力的文書を業務用法人車3台の車内に置くとともに及びJ A I S Tシャトルの運転手の控室に掲示した。また、J A I S Tシャトルの運転手を対象とするエコドライブへの協力的文書を作成し、配布した結果、従来よりJ A I S Tシャトルの運転手のエコドライブに取り組む意識が高まるとともに、一部の路線については給油量の減少が確認できた。	○
3. 環境配慮製品の優先的購入（グリーン購入）			
3- 1. 本学が定めた「環境物品等の調達の推進を図るための方針」に基づき「グリーン調達率」100%を推進	○ グリーン購入法対象品目について、基準適合製品の購入を推進する。	・ 本学では、国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律に定められた品目について「環境物品等の調達の推進を図るための方針」を策定し、ホームページ上に公表している。2023年度においては特定調達品目の目標達成率100%と設定していたが、紙類についてのみ99.9%の達成率となった。 ・ 特定調達品目（公共工事）については、空調用ポンプ3台の更新に際して、高効率電動機を採用するなどし、100%の調達達成率となった。	△
4. 化学物質の管理、関連法規の遵守			
4- 1. 化学物質の適正管理の徹底	○ 化学物質の管理状況等に関する調査を行い、適正な薬品管理に努める。	・ 安全データシート（SDS）の交付が義務づけられている674物質の取り扱いがある研究室を対象に化学物質のリスクアセスメントシステムを使用した化学物質のリスクアセスメントの実施を促した。 ・ 1日に消費する有機溶剤等の量が許容消費量を常に超える研究室（有機則28条）2件、特定化学物質を常時取り扱っている研究室（特化則36条）2件を対象に作業環境測定を実施し、結果はいずれも第1管理区分でした。	○
2. 産業廃棄物の適正管理及び適正処理	○ 産業廃棄物の排出から処分までをマニフェストで確実に把握する。	・ 産業廃棄物について、排出から処分までをマニフェストで確実に把握した。	○
3. 排水基準の遵守	○ 関係する教職員・学生に実験廃棄物の正しい管理及び処理方法を教育する。	・ 教職員、研究員、学生を対象にした安全講習会を6月に実施し、廃棄物処理、薬品の取り扱いに関する教育を行った。	○
	○ 排水処理施設を適正に管理する。	・ 月2回の保守点検作業、年4回の水質計測を実施し、排水処理施設を適正に管理した。	○
5. 地域社会との連携			
5- 1. 地域における環境配慮活動	○ 地域社会との産学連携を通じた環境に関する研究を実施する。	・ 経済産業省「産学融合拠点創出事業（産学融合先導モデル拠点創出プログラム）」において、地元の企業や石川県と連携し、R4年度には推進計画に基づきFS（フィジビリティ・スタディ）を行っているが、R5年度は、本学のスーパーコンピュータを活用した電子状態計算の結果から、環境調和型熱電材料の性能の最適化を行った。これに加えて試料合成条件を再検討することにより、材料の安定性（主として耐水性）が飛躍的に上昇し実用化への道が大きく開けた。	○
6. その他の環境活動			
6- 1. 構内美化・安全環境の推進	○ 自転車の整理・整頓を定期的実施し、放置自転車を早期に発見する。	・ 6月に放置自転車の点検を行い、9台の放置自転車を処分した。	○
	○ 構内の樹木、植栽の剪定・除草を定期的に行う。	・ 定期的に行う樹木の剪定2回、除草5回（構内2回、体育館周囲2回、グラウンド1回）に加え、別途スポットで樹木の剪定を4回行った。	○
2. 関係者に対する環境情報の提供	○ 各種媒体を通じて本学における環境配慮活動の情報発信を行う。	・ 9月に完成した「環境報告書2023」について、大学ホームページで公開した。また、セミナー、シンポジウム等において、環境配慮活動の取組みに関する情報発信を行った。	○

環境報告書 2024

発行 国立大学法人 北陸先端科学技術大学院大学
〒923-1292 石川県能美市旭台1-1
TEL 0761-51-1123

対象組織 北陸先端科学技術大学院大学
・石川キャンパス
・東京サテライト
・金沢駅前オフィス

対象年月 令和5年4月～令和6年3月 (2023年4月～2024年3月)

作成 施設マネジメント委員会
環境報告書作成チーム



JAIST

JAPAN

ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

1990