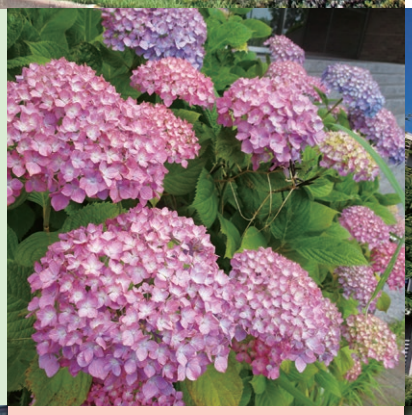
京都大学工学研究科
附属桂インテックセンター

Katsura Int'tech Center

2020(R2)年度 研究成果報告書



目次

ごあいさつ / インテックセンター(Int'tech Center)とは P.02

インテックセンター施設概要 P.03

高等研究院研究部門概要 P.04–P.09

- モジュール化学合成·生産システム研究部門 P.04
- アニオン材料科学研究部門 P.05
- グリーン化学環境工学研究部門 P.06
- 先端ナノミクス研究部門 P.07
- 医用生体工学研究部門 P.08
- 先端流体理工学研究部門 P.09

研究プロジェクト概要 P.10–P.21

- ロバストエレクトロニクス用半導体材料·デバイスの研究 P.10
- 元素ブロック研究会 P.11
- 超巨大地震に対する鉄骨造建物の耐震性能向上技術の開発 P.12
- 高効率エネルギー変換を実現する次世代固体電気化学デバイス材料の開発 P.13
- 高次生体イメージングラボ P.14
- バイオテクトニクス材料の創製 P.15
- 大強度広帯域周波数もつれ状態の実現と応用に関する研究 P.16
- 工学研究科寄附講座「優しい地球環境を実現する先端電気機器工学」 P.17
- 量子もつれ光子対を利用した量子計測デバイスの研究 P.18
- 鉄筋コンクリート構造物の耐震安全性と継続使用性の確保に関する研究 P.19
- 3次元カーボン構造体の構築 P.20
- 持続可能な高分子材料科学の確立 P.21

- 技術相談室及び桂ものづくり工房 P.22

ごあいさつ

工学研究科長
大嶋 正裕

工学は、人間社会と科学を結びつけるためにいろいろなものを作り出してきた。古代から、滑車や水時計など人々にとって便利な道具や物を作る知恵として、あるいはアレキサンドリアの灯台や万里の長城など人々の生活環境を守るための技術として工学は存在した。その知恵や技術が学問として発展していくなかで、機械、電気、化学、材料、情報・通信や航空宇宙などさまざまな工学分野が誕生し発展してきた。その結実の一つが、私たち工学研究科の17の専攻といえよう。新しい基本原理の発見と人々の必要性を駆動力として発展してきた工学は、これからどのような方向に進むのだろうか。その方向性を決めていく能力と責任があるのが私たちの工学研究科であり17の専攻である。

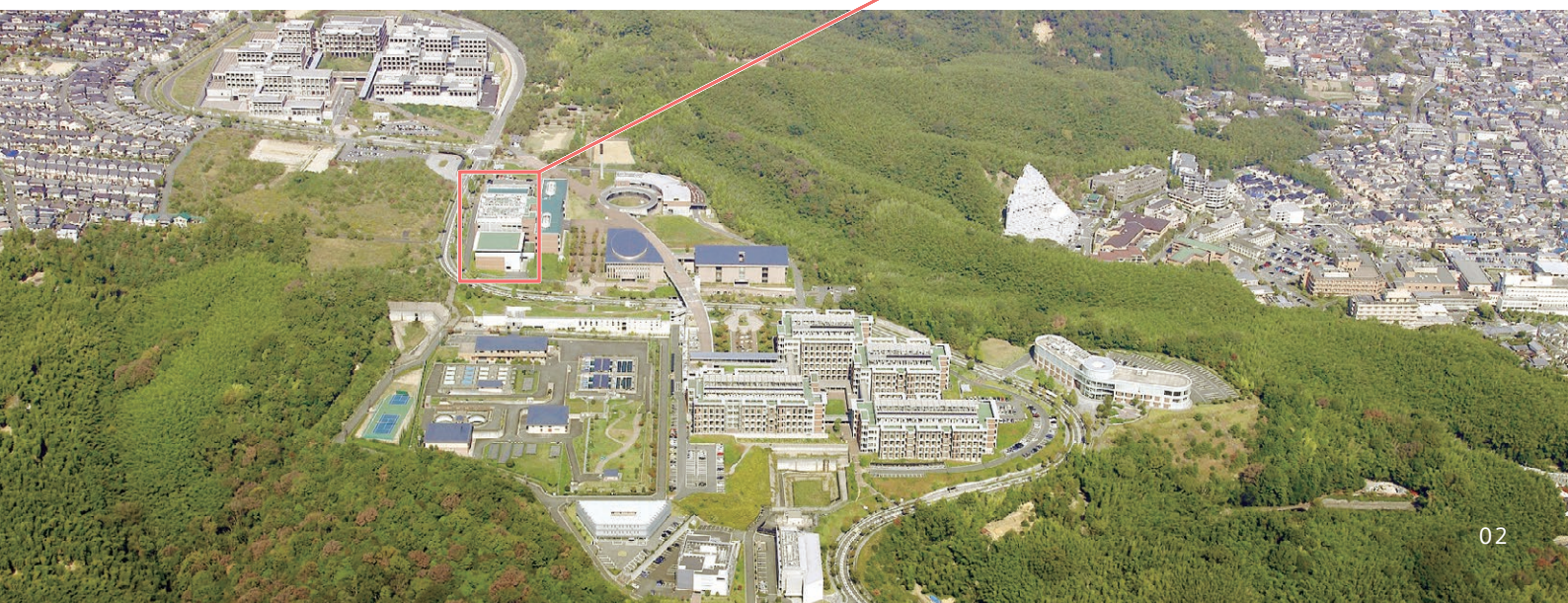
しかし、各専攻で独自に専門分野を掘り下げていくだけが、未来に工学をより発展させていく道とはいえない。心理学と工学の融合による人間工学や感性学の誕生にみられるように、工学の専門分野間にとどまらず、異なる分野との融合・協働（Chemistry）から、新しい工学が生まれる可能性もある。その可能性を探求するための場として、この桂インテックセンターが設置されている。専攻の枠を超えて（Inter Department）、学際的に（Inter Disciplinary）、さらに国際的に（Inter National）研究と教育を行う拠点として、このインテックセンターが存在し続け、そこから新しい工学が生まれることを期待してやまない。

インテックセンター（Int'tech Center）とは

大学院工学研究科には、専攻・教育研究センターで行われる基盤的研究と並行して、学際的プロジェクト研究を実施するための共同研究施設として総面積 3,700㎡の附属桂インテックセンターがあります。第Ⅰ期（2003～2007年度）、第Ⅱ期（2008～2012年度）、第Ⅲ期（2013～ 2017年度）に積み上げられた研究成果を基に、2018年度からは第Ⅳ期（2018年度～2022年度）が開始しており、持続可能な社会構築に必要な環境、エネルギー、医療工学等の領域において意欲的な研究活動が展開されています。それらの研究からは明日の地球社会を支える革新的技術の萌芽が期待されます。

沿革

2001年	京都大学工学研究科附属 桂インテックセンター設置
2003年1月	建物竣工（地上3階地下1階）
2003年6月	第Ⅰ期研究期間（5年間）開始
2008年4月	第Ⅱ期研究期間（5年間）開始
2013年4月	第Ⅲ期研究期間（5年間）開始
2018年4月	第Ⅳ期研究期間（5年間）開始

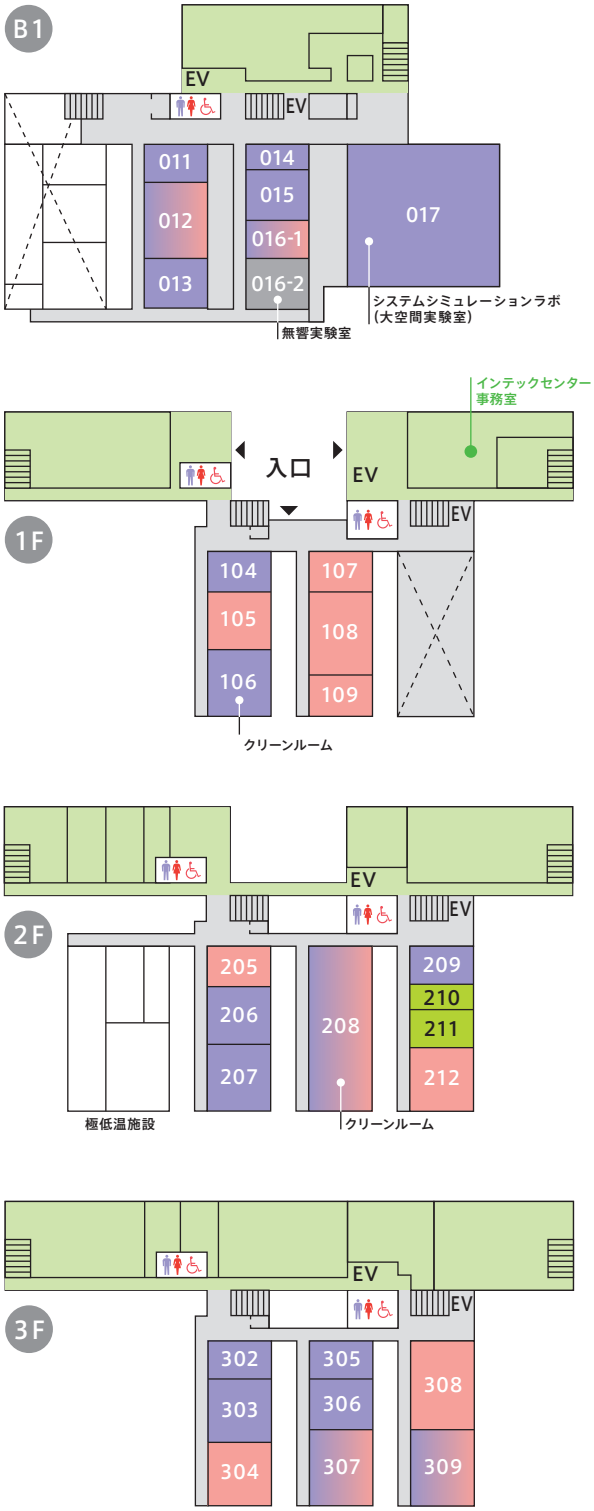


専門分野の枠組みを越え、世界を先導する新しい技術を創出

インテックセンターは、研究科、専攻の枠組みを越えた研究者群で組織された複数の高等研究院研究部門及び研究プロジェクトが利用しています。最先端の戦略的研究を行うとともに、世界を視野に入れた対外的な顔として研究交流等も行っています。

テクニカルスリット

事務棟　インテックセンター棟
研究部門使用スペース　研究プロジェクト使用スペース
研究部門・研究プロジェクト 共有スペース

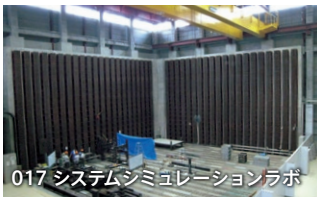


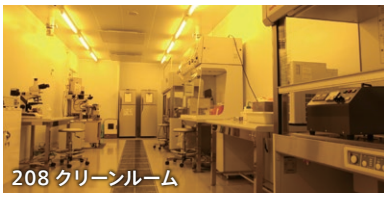
研究部門名	部屋番号
モジュール化学合成・生産システム研究部門	105・205
アニオン材料科学研究部門	107・108・109
グリーン化学環境工学研究部門	304
先端ナノミクス研究部門	012(共有)・205・208(共有)・307(共有)
医用生体工学研究部門	308・309(共有)・212
先端流体理工学研究部門	(センター利用なし)

研究プロジェクト	部屋番号
ロバストエレクトロニクス用半導体材料・デバイスの研究	014・015
元素ブロック研究会	012
超巨大地震に対する鉄骨造建物の耐震性能向上技術の開発	017(共有)
高効率エネルギー変換を実現する次世代固体電気化学デバイス材料の開発	017(共有)・206・207
高次生体イメージングラボ	309(共有)
バイオテクトニクス材料の創製	209・302・303・305・306
大強度広帯域周波数もつれ状態の実現と応用に関する研究	011
工学研究科寄附講座「優しい地球環境を実現する先端電気機器工学」	017(共有)
量子もつれ光子対を利用した量子計測デバイスの研究	013・012-1(共有)・016-1(共有)
鉄筋コンクリート構造物の耐震安全性と継続使用性の確保に関する研究	017(共有)
3次元カーボン構造体の構築	104
持続可能な高分子材料科学の確立	106

技術相談室及び桂ものづくり工房	210・211
インテックセンター事務室	学術協力課研究・国際支援掛

016-2 無響実験室


017 システムシミュレーションラボ


208 クリーンルーム

モジュール化学合成・生産システム研究部門

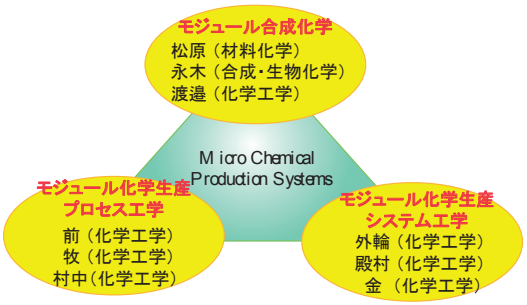
研究部門長　外輪 健一郎（化学工学専攻 教授）

E-mail sotowa@cheme.kyoto-u.ac.jp　TEL 075-383-2667　FAX 075-383-2658
HP http://www.cheme.kyoto-u.ac.jp/7koza/mcpsc/

本研究部門の目的と主要構成員

21世紀のスマート社会の素材，部材を支える上で化学産業の持つ役割は大きい。ただし，20世紀とは異なり，省資源，省エネルギー，環境負荷軽減を図った多様な資源やエネルギー（特に再生可能資源，エネルギー）からの化学品製造が必須である。また，AIなどの情報技術の社会への導入に伴い，化学製品には，より厳密なスペックや急激なスペック変化に迅速に対応することが求められる。これには，これまでのバルク製品を大量生産する方式から，製品のサプライ・バリューチェーンの中で容易にマスカスタマイゼーションできるモジュールをベースとした化学合成法，生産システムの再構築が不可欠である。

マイクロリアクター技術は，従来の反応器の1/10以下のサイズで厳密な製品スペックを満たす製品を高速製造可能である。このような技術革新は現状の化学品製造装置を一新し，プラントサイズ縮小，SU/SD時間短縮，消費エネルギー削減，廃棄物減少，本質的に安全な装置，モジュール形式による製品スペックや生産要求量変動への対応，サプライチェーンに柔軟に対応したプラントのモバイル化，容易にマニュアル化でき運転訓練も容易といった効果をもたらす。本研究部門は，産学連携による研究・開発を集中的かつ戦略的に推進し，化学産業界だけでは確立が困難な，21世紀の新化学産業の核となる技術を構築する。さらに，それを担う若手産学人材を育成することを本部門のもう1つの目的とし，活動する。



進捗状況：上記の目的達成に向けて，モジュール化学合成技術，生産システムの開発と再構築，若手産学人材の育成を順調に実施している。

外部資金獲得状況：
NEDO「機能性化学品の連続精密生産プロセス技術の開発」，内閣府　戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「スマートバイオ産業・農業基盤技術」
日本学術振興会　科学研究費補助事業　基盤研究A，基盤研究B，若手研究，AMED，CREST

令和2年度までの研究活動及び主な成果

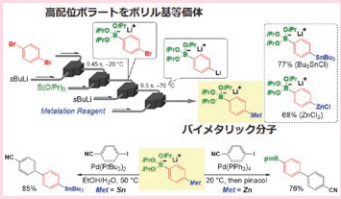
モジュール合成化学

複数反応のモジュール化手法の確立

フローマイクロリアクターの利点である滞留時間や温度の精密制御により，高速反応中心に従来法では不可能な分子変換プロセスの研究を行っている。

4段反応のモジュール化

具体的には三連続リチオ化，三連続求電子剤捕捉反応のためのモジュール化装置を開発し，バイメタリック化合物の高速合成を達成した。今後は，更なる多様性に柔軟に対応できるモジュール型手法，装置の開発，反応実施に取り組む予定である。

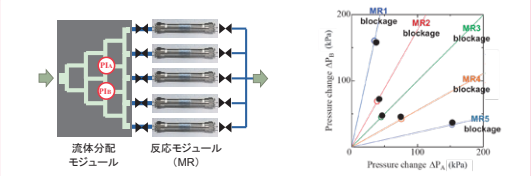


モジュール化学生産システム工学

機能モジュールのモデル作成，および，並列化されたモジュール化学プロセスの最適設計・最適操作

機能モジュール（流体供給，スラグ流生成，反応，蒸留，晶析など）の開発，および，そのモデリング・シミュレーション・最適化に取り組んだ。

また，マイクロ反応モジュール（MR）の閉塞は，プロセスの安定運転を妨げる。そこで，2つのセンサーを用いてMRの閉塞検出を行う手法を提案した。検出性能を向上するべく，分合式流体分配モジュールを開発した。

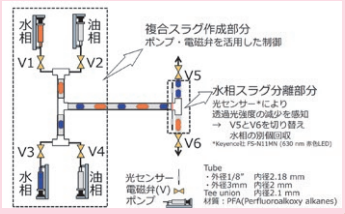


モジュール化学生産プロセス工学

複合スラグコンテナの設計・操作法の提案と分離操作への応用

複合スラグコンテナは組成の異なる分散相スラグを同一流路に流し，スラグを単一のミニバッチとして活用することが可能であり，微小流路での柔軟な制御のもとで，高速スクリーニングや高効率な反応・分離操作に適用が期待できる。

複合スラグコンテナを活用するにあたり，(i) 所望の長さのスラグを作成すること，(ii) スラグ同士の合一を防ぐこと，(iii) スラグ間での物質移動を制御することが課題となる。今年度は複合スラグコンテナの安定性・汎用性に優れた操作法の提案を行い，分離・濃縮操作への適用が可能であることを実証した。



マイクロ化学生産研究コンソーシアム

コンソーシアムでは，下記の事業を実施しました。

6月：マイクロ化学工学基礎集中講義
6月：マイクロ合成化学基礎集中講義
6月：マイクロ合成化学応用集中講義
7月：マイクロ化学工学応用集中講義
9月：講演会および見学会
11月：マイクロ合成化学実習
11月：デバイス設計・製作演習
11月：マイクロ化学工学実習
12月：講演会および見学会
3月：講演会および見学会（予定）

上記以外に，マイクロ合成システムの共同開発プロジェクトが進行中です。

アニオン材料科学研究部門

研究部門長　陰山 洋（物質エネルギー化学専攻 教授）

E-mail kageyama@scl.kyoto-u.ac.jp　TEL 075-383-2508　FAX 075-383-2510
HP http://www.ehcc.kyoto-u.ac.jp/eh10/index.php

本研究部門の目的と主要構成員

アニオン材料科学研究部門では、光エネルギー変換、蓄電池、燃料電池、水素製造・貯蔵、触媒などに展開可能な、複数のアニオンが共存する複合アニオン材料について、物性評価や材料設計からはじまり、様々な空間スケールでの構造、組織化、機能発現などを共同で研究することによって、教育と研究の両面からアニオン材料科学を発展させることを目的とする。また、広い範囲の物質・材料群の基礎研究ならびに応用物性研究の協働作業に加えて、計算科学の力によって電子状態、遷移状態の解析から機能現象について基礎的、理論的基盤を確立するとともに、化学工学的なシステムとしての視点も付加し、より広範な物質・材料群を対象とし、かつ出口のイメージを明確にしたアニオン材料科学の発展を目指す。

反応班
宮崎晃平（電気化学）
室山広樹（固体イオニクス）
大北英生（高分子物性）
邑瀬邦明（イオン液体）
ｾﾄﾞﾘｯｸﾀｯｾﾙ（固体化学）
野瀬嘉太郎（光化学）

解析班
作花哲夫（レーザー化学）
田中庸裕（触媒科学）
佐藤啓文（計算科学）
河瀬元明（化学工学）
藤田晃司（誘電体）
竹腰清乃理（核磁気）

物性班
陰山　洋（無機固体化学）
小林洋治（固体化学）
田中勝久（無機固体化学）
山本隆文（無機材料化学）
松田祐司（量子物性）
前田和彦（光触媒）

合成班
阿部　竜（触媒化学）
細川三郎（触媒化学）
松田建児（物理有機化学）
若宮淳志（機能性有機材料）
植村卓史（細孔科学）
堀毛悟史（固体イオニクス）
林　克郎（無機固体化学）
手嶋勝弥（無機固体化学）

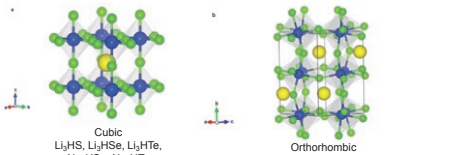
令和2年度までの研究活動及び主な成果

アンチペロブスカイト型固体電解質

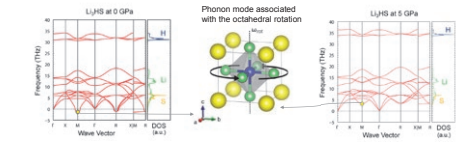
ソフトな水素-カルコゲナイド格子を有するアンチペロブスカイト

リチウムおよびナトリウムを多量に含むアンチペロブスカイト型の化合物は有望な固体電解質材料として注目を集めているが、研究は主に酸化物イオンを含むものに限られていた。本研究では、ヒドリド（H⁻）およびカルコゲナイド（S^{2-}, Se^{2-}, Te^{2-}）というソフトなアニオンから構成された一連のアンチペロブスカイト型物質を新規に合成することに成功した。さらに、これらのソフトなアニオンが作る格子に由来するフォノンモードにより、高いリチウム・ナトリウムイオン伝導が実現していることを示した。

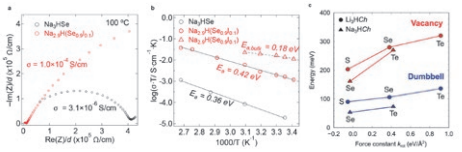
結晶構造



常圧・高圧下でのフォノンバンド構造



Li/Naイオン伝導



- 微量のナトリウムイオン欠損を導入することで、イオン伝導度 0.1 mS/cmを100℃において達成
- 実験により求めた活性化エネルギー（0.18 eV）は理論から予想された値（0.16 eV）と良く一致していた

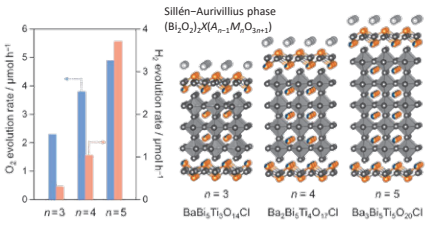
- 一連のヒドリドベースのアンチペロブスカイト型物質の合成に成功
- 有望なリチウムおよびナトリウム固体電解質の候補であることを実証
- イオン伝導の活性化エネルギー低下に対して、低振動数のソフトフォノンモードが寄与していることを提案

層状酸ハロゲン化物光触媒・光電極

可視光水分解用の新規複合アニオン光触媒・光電極の開発

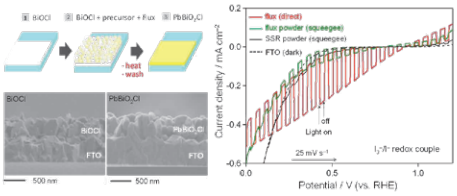
これまでに水分解用光触媒としての層状酸ハロゲン化物の高いポテンシャルを見出してきたが、詳細な物性理解や光電極としての応用は進んでいない。そこで、本年度は層状酸ハロゲン化物のペロブスカイト層数に着目した新規材料開発とフラックス合成を応用した光電極作製法の開発に取り組んだ。

層状酸ハロゲン化物の新規開発・拡張



新規の3～5層系ペロブスカイト酸ハロゲン化物を合成し、光触媒活性を評価

酸ハロゲン化物光電極の作製



BiOClシード層のフラックス処理によってPbBiO$_2$Cl光電極を作製

今回作成した光電極と従来法によって作製した光電極の光電変換性能を比較

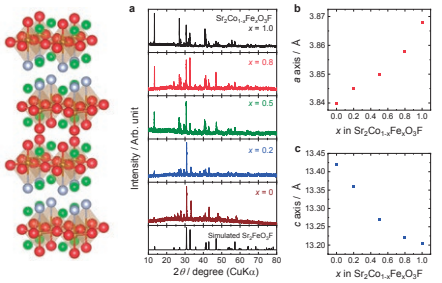
- ペロブスカイト層数が３～５層の新規Sillén–Aurivillius型層状酸ハロゲン化物を合成し、それらが水分解用光触媒として機能することを見出した。さらに、ペロブスカイト層数に応じて活性が変化することも明らかとなった。
- BiOClシード層をフラックス処理することによってPbBiO$_2$Cl光電極の作製に成功した。得られた光電極は従来のスキージ法により作製した光電極と比較して高い光電変換性能を示した。これは粒子ー基板間の接触が改善されたことが主要因と考えられる。

金属-空気二次電池バイファンクショナル触媒

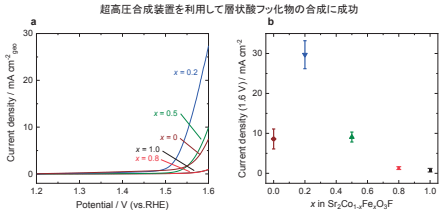
複合アニオン化合物を用いた高活性空気極の開発

ペロブスカイト型酸化物を用いた金属-空気二次電池用空気極触媒は数多くの研究がなされているが、カチオンサイト（AサイトおよびBサイト）の最適組成を探索するアプローチが主であり、アニオンに着目した研究例はない。そこで、複合アニオン化合物の触媒活性を調べた。

層状酸フッ化物の新規探索



超高圧合成装置を利用して層状酸フッ化物の合成に成功



層状酸フッ化物が良好な酸素発生触媒活性を示すことを見いだした

- 超高圧合成装置を利用して所定の化学組成を有する酸フッ化物を合成することに成功した。
- コバルト−酸フッ化物は、最も酸素発生反応活性の高いとされるBSCFに匹敵する触媒活性を示すことが明らかとなった。
- また、鉄を混合することで、酸素発生活性が飛躍的に向上した。コバルトと鉄の協奏的な効果が要因であると考えられる。

グリーン化学環境工学研究部門

研究部門長　河瀬 元明（化学工学専攻 教授）

E-mail kawase@cheme.kyoto-u.ac.jp　TEL 075-383-2663　FAX 075-383-2653
HP http://www.kic.t.kyoto-u.ac.jp/ja/research/rp

本研究部門の目的と主要構成員

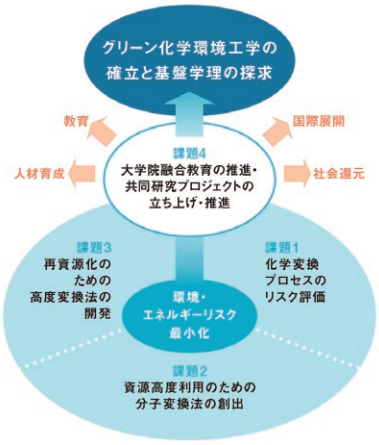
エネルギー・資源の制約の中で深刻化しつつある地球環境問題を解決し，人類社会の持続的な発展を実現する新たな基盤技術の創成が求められています。2015年9月の国連サミットで「持続可能な開発のための2030アジェンダ」が採択され，2016年から2030年までの国際目標としてSDGsが示されました。強く環境問題を意識し，人類の発展を持続可能なものとする化学プロセスを実現するための「グリーン化学環境工学」の学理の体系化，さらに教育・人材育成・アウトリーチ・国際協力の展開が，大学，とくに工学の社会的責務として強く求められています。こうした要請に応えるためには，個別の研究分野における取組みに加えて，地球環境と人類の幸福を広い視野で捉えるために，より実務的視点から工学を横断する研究の推進が必須です。研究部門では，喫緊の社会的課題の解決を目的として，工学研究科の化学工学，化学と環境工学を専門とする研究者が参加して，「グリーン化学環境工学」の確立に取り組みます。特に，化学プロセスの“環境・エネルギーリスクの最小化”をキーワードとして，

1．化学変換プロセスのリスク評価　河瀬元明教授，米田稔教授，島田洋子准教授，松井康人准教授，蘆田隆一講師
2．資源高度利用のための分子変換法の創出　近藤輝幸教授，阿部竜教授，木村祐准教授
3．再資源化のための高度変換法の開発　高岡昌輝教授，西村文武准教授，大下和徹准教授，中川浩行准教授

に緊密な連携を取りながら取り組みます。さらに，

4．大学院融合教育の推進・共同研究プロジェクト立ち上げ・推進

を通じて，得られた成果を広く社会に発信し，還元していきます。



各課題の進捗状況と外部資金獲得状況

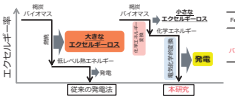
課題	進捗状況	外部資金獲得状況
1	将来のエネルギー資源として期待されるバイオマスや褐炭を用いた発電について，環境負荷のリスク増大につながる従来法の効率の低さを大幅に改善しうる新規発電法を提案し，鍵となる化学反応の反応速度解析を実施した。反応速度論的観点から提案法の実現性を示した。	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構委託研究（R1，R2） 科研費基盤研究(A)（R1～R5）
2	二段階励起型水分解系の新規レドックス対の開発を目的として，ポリオキソメタレート材料をベースとするレドックス対の開発に取り組み，バナジウム二置換型ポリオキソメタレートが，安定なレドックス対として機能することを明らかにした。	科研費若手研究（R1～R2）
3	油分を蓄積する微細藻類を対象に，液化ジメチルエーテルによる油分の抽出を検討した。前脱水を必要とせず，希薄な微細藻類に対し，液化ジメチルエーテルにエントレーナー（アセトン、ヘキサン）を添加することで，Bligh&Dyer法に匹敵する抽出率を得ることができた。下水中の栄養塩を活用して微細藻類ミドリムシ藻Euglena gracilisを培養・回収し，下水汚泥を混合嫌気性消化させ，バイオガスを増収回収するプロセスを開発した。従来法と比較して，培養ミドリムシを混合嫌気性消化に組み込むことにより生産エネルギーを11%増量させうることを示した。	科研費基盤研究(B)（R1～R4） 下水道振興基金
4	令和2年12月3日のオンラインミーティングにて各研究グループの研究内容発表と情報交換を行い，共同研究プロジェクトの応募の方針を決定した。令和3年3月にも講演会を実施する予定である。	

令和2年度までの研究活動及び主な成果

1．化学変換プロセスのリスク評価

褐炭・バイオマスと金属イオンの液固酸化還元反応を利用した高効率発電法（環境負荷リスク低減に向けて）

提案法のコンセプト



Feedstock	System	操作温度 [℃]	発電効率[%] CO_2排出なし	発電効率[%] CO_2排出あり
褐炭 or バイオマス	従来法（ボイラー）	800-900	10-35	
	IGCC	>1000	36~42[1]	30~32[1]
	提案法	425℃	55	55

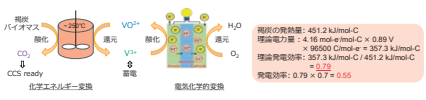
[1] Cost and Performance Baseline for Fossil Energy Plants, Volume 1b, Rev. 2b, DOE/NETL-2010/1397

発電効率	：10～30 %	発電効率	：55 %
操作温度	：800～900 ℃	操作温度	：～250 ℃

将来のエネルギー資源として期待されるバイオマスや褐炭を用いた発電の効率の大幅向上（CO_2回収してもなお高効率）

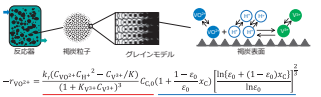
⇒発電プロセスの環境負荷リスクの大幅低減

提案法のプロセス例



褐炭の発熱量：451.2 kJ/mol-C
理論電力量：4.16 mol-e⁻/mol-C × 0.89 V × 96500 C/mol-e⁻ = 357.3 kJ/mol-C
理論発電効率：357.3 kJ/mol-C / 451.2 kJ/mol-C = 0.79
発電効率：0.79 × 0.7 = 0.55

反応速度解析



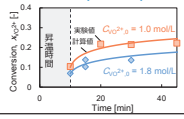
$$-r_{VO^{2+}} = \frac{k_r(C_{VO^{2+}}C_{H^+}^2 - C_{V^{3+}}/K)}{(1+K_{V^{2+}}C_{V^{3+}})^3} C_{C,0}(1+\frac{1-\varepsilon_0}{\varepsilon_0}x_C)\left[\frac{\ln(\varepsilon_0+(1-\varepsilon_0)x_C)}{\ln\varepsilon_0}\right]^2$$

褐炭の表面積あたりの反応速度 [mol / (min m²)] × 褐炭の初期表面積 [m²-initial/m³] 反応に伴う褐炭表面積の変化 [m² / m²-initial]

k_r = 0.335 L³ / (mol² mol-C min)
$K_{V^{3+}}$ = 60.9 L/mol
K = 0.00129 L³/mol², ε_0 = 0.15

$C_{C,0}$ = 1.8 mol/L, $C_{H_2SO_4,0}$ = 3.0 mol/L
Reaction temp. = 250 ℃

実験値と計算値は良好に一致

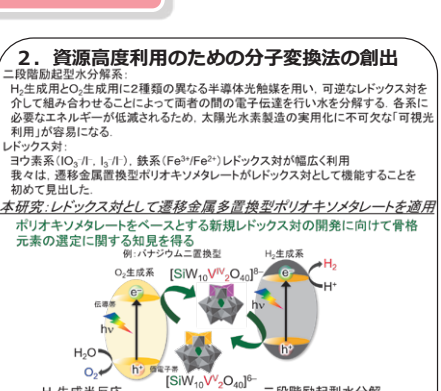


2．資源高度利用のための分子変換法の創出

二段階励起型水分解系：
H_2生成用とO_2生成用に2種類の異なる半導体光触媒を用い，可逆なレドックス対を介して組み合わせることによって両者の間の電子伝達を行い水を分解する．各系に必要なエネルギーが低減されるため，太陽光水素製造の実用化に不可欠な「可視光利用」が容易になる．
レドックス対：
ヨウ素系（IO_3^-/I^-，I_3^-/I^-），鉄系（Fe^{3+}/Fe^{2+}）レドックス対が幅広く利用
我々は，遷移金属置換型ポリオキソメタレートがレドックス対として機能することを初めて見出した．

本研究：レドックス対として遷移金属多置換型ポリオキソメタレートを適用

ポリオキソメタレートをベースとする新規レドックス対の開発に向けて骨格元素の選定に関する知見を得る



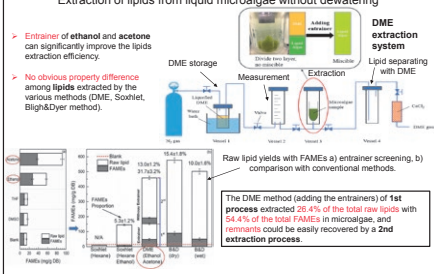
電気化学測定：CVにおいてV^{V}/V^{IV}に帰属される2つの酸化還元ピーク
H_2生成半反応：骨格に導入した2つのVが電子供与体として機能
二段階励起型水分解：安定なレドックス対として機能

遷移金属の多置換化は，新規レドックス対の開発における有効なアプローチとなり得る

3．再資源化のための高度変換法の開発

Extraction of lipids from liquid microalgae without dewatering

- Entrainer of **ethanol** and **acetone** can significantly improve the lipids extraction efficiency.
- No obvious property difference among **lipids** extracted by the various methods (DME, Soxhlet, Bligh&Dyer method).



下水中の栄養塩を活用した微細藻類ミドリムシ藻綱*Euglena gracilis*培養-下水汚泥混合嫌気性消化法によるバイオガス増収プロセスの開発

下水中の栄養塩を有効利用し、ミドリムシを培養することによって有機物を増量させ、メタン発酵基質として活用することにより、バイオガス発生量を増加させる。結果として、下水の有する有機物・栄養塩を活用したエネルギー回収利用を図るプロセスを考案し、その有効な操作のための要素技術開発とエネルギー増量の評価を行った。

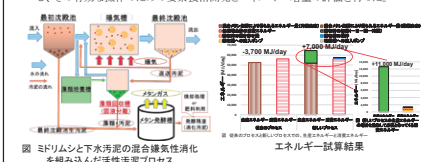


図　ミドリムシと下水汚泥の混合嫌気性消化を組み込んだ活性汚泥プロセス

エネルギー試算結果

従来の標準活性汚泥プロセスに、ミドリムシと下水汚泥の混合嫌気性消化を組み込むことはエネルギー的観点において有効であることを明らかにした。

先端ナノミクス研究部門

研究部門長　山田 啓文（電子工学専攻 教授）

E-mail h-yamada@kuee.kyoto-u.ac.jp　TEL 075-383-2307　FAX 075-383-2308
HP http://piezo.kuee.kyoto-u.ac.jp/

本研究部門の目的と主要構成員

本研究部門では、領域横断的なナノ科学・ナノテクノロジーを総合的・多元的に進める研究「ナノミクス」の基盤構築と体系化を推進し、世界を先導する先端的なナノミクス研究拠点を構築することを目標としている。本研究部門における活動は、以下の2つの研究グループで、研究、人材育成、学術支援・交流の側面から種々のプロジェクトを推進する。

（1）　ナノ合成・計測・分析領域グループ：原子・分子スケールで構造制御された高度機能ナノ材料の合成・計測・分析の推進
（2）　ナノ加工・システム設計領域グループ：高度機能ナノ材料を構造化したナノデバイス・ナノシステムの構築

運営委員：山田 啓文（エ・電子工学），　小林 圭（エ・電子工学），　川上 養一（エ・電子工学），　杉村 博之（エ・材料工学）
田中 勝久（エ・材料化学），　大北 英生（エ・高分子化学），　土屋 智由（エ・マイクロエンジニアリング）

工学研究科：22名，化研：1名，再生医科研：2名，iCeMS：1名，国際高等教育院：1名，京都先端大：2名，工繊大：1名，阪大：2名，神大：3名，千葉工大：1名，山口大：1名，University of Southampton：1名（計38名）

令和2年度の研究活動

これまで上記2つの研究グループによるナノミクス分野の研究を推進すると同時に、教育、技術支援、学術交流の各グループの活動を維持し、ナノミクス分野の基盤構築に向けて活動を行った。また、本学ナノテクノロジーハブ拠点との連携を通じて、ナノミクス分野の基盤確立に向けた活動も積極的に進めている。各研究グループの研究活動の分野は、対象材料的にも研究手法的にも極めて広範なナノ科学・技術領域に及ぶが、そのいくつかの研究例を下記に記載する。

本研究部門全体の連携活動として、例年、部門構成員を主体とする若手研究者交流会の主催、および海外派遣支援を積極的に進めており、年度当初は同様な計画を実施する予定であったが、コロナ禍の影響もあって、オンラインによる研究交流会に切り替えるとともに、海外派遣支援は次年度以降に実施することとした。教育活動にとしては、Nanotech　CUPAL事業と連携して、博士課程学生や若手研究者に高度な要素技術の習得とその実践的トレーニングの場を提供し、人材育成・キャリアアップを積極的に展開している。

外部資金

- 微細加工ナノプラットフォームコンソーシアム「ナノテクノロジープラットフォーム」 土屋 智由（H24～H33）
- 科研費基盤研究(S)「高分解能原子間力顕微鏡・分光法による生体分子間認識・相互作用力の直接可視化」 山田 啓文（H29～H33）
- 科研費特別推進研究「発光シンセサイザー：究極の発光デバイス創成を目指して」 川上 養一（R2～R6）

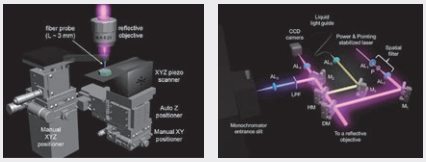
令和 2年度の研究活動及び主な成果

超ワイドギャップ半導体の光物性解明に向けた深紫外近接場光学顕微鏡の開発

石井良太、船戸　充、川上養一

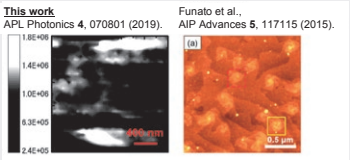
窒化アルミニウムガリウム（AlGaN）やダイヤモンドといった超ワイドギャップ半導体の光物性を解明するために、210　nmの励起波長を有する深紫外近接場光学顕微鏡の開発を行った。

深紫外近接場光学顕微鏡



CWチタンサファイアレーザの第4高調波を励起光源とし、ビーム強度・位置安定化光学系を後段に備えることで、長時間分光に耐える励起光学系を構築した。また、ソラリゼーション効果の小さい深紫外光ファイバープローブを開発し、自由空間と光ファイバープローブの光結合には反射型対物レンズを用いた。これらにより、深紫外分光で問題となる、励起光源の強度・光路不安定性、光劣化効果、および大きな色収差を解決した。

AlGaN単一量子井戸構造からの局在発光の可視化



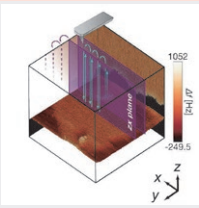
AlGaN単一量子井戸構造のらせん転位に起因する局在発光を可視化することに成功した。また、本顕微鏡の空間分解能は150 nmより良いと見積もられた。本顕微鏡は、2020年時点で、世界最短波長で動作する深紫外近接場光学顕微鏡となっている。

DNAオリガミを用いた生体分子の固定化およびその液中周波数変調AFM評価

山本 悠樹

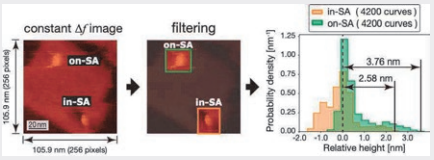
原子間力顕微鏡（AFM）を用いた単一生体分子計測を実現するため、モデル分子であるstreptavidin（SA）タンパク質分子をDNAオリガミを用いて固定化し、液中周波数変調AFM（FM-AFM）を用いて評価した。

液中FM-AFMによる3次元フォースマッピング



DNAオリガミに窓構造を設けて、この窓部を試料基板の露出領域とすることで、SA分子を異なった2つの領域（DNAオリガミ窓内部とDNAオリガミ面上）に固定化した。これら分子上の3次元周波数シフト（フォース）マップを測定し、データを再構成することで、等周波数シフト面（表面形状）データを得た。

高さヒストグラムを用いた分子変形解析



Jpn. J. Appl. Phys. **59**, SIII03 (2020).

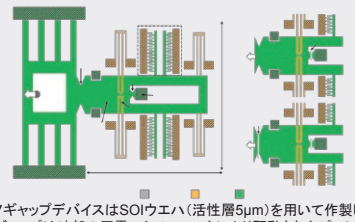
DNAオリガミ窓内部およびDNAオリガミ上のSA分子の形状高さヒストグラムを解析した結果、DNAオリガミ上に結合したSA分子は固定化が弱く、AFM探針の微弱な接触力によっても分子が変形することが判明した。一方、分子を強く固定したDNA窓内部の領域の計測では変形が生じないことから、液中FM-AFMによる試料形状の変形を計測することによって、その分子の固定状態を評価できることが示された。

SOI-MEMSにより作製されたへき開面ナノギャップ間の熱輸送測定

霜降 真希

熱電発電に代わる高性能な熱発電として期待される近接場効果を用いた真空ナノギャップ熱電子発電には、10nm以下の狭間隔かつ大面積平滑面を有するナノギャップの製造とその熱輸送特性の測定が必要となる。我々はSOI-MEMSデバイス上で、単結晶シリコンのへき開により創製する手法を提案し、65nmの初期間隔、30μm^{2}の対向面を有する従来よりも大面積なナノギャップを作製した。また、デバイスに一体化した静電アクチュエータを用いてギャップ間隔を制御し、抵抗加熱で生じた温度差を顕微ラマン分光で測定し、熱輸送の間隔依存性を評価した。

ナノギャップ創製・熱輸送測定デバイス



ナノギャップデバイスはSOIウエハ（活性層5μm）を用いて作製した．ナノギャップは外部の圧電アクチュエータにより駆動されたピンにより中央のシャトル部分に引張力を印加し、シャトル-アンカー間でへき開し作製した。ギャップ作製後、静電アクチュエータによりギャップ間隔の制御とシャトル上に延伸した電極を用いてシャトル側の加熱を行う。

温度差測定によるギャップ間熱輸送評価

ギャップ両側の温度測定により、ギャップを狭めることによってシャトル側で温度低下が見られた．熱解析によりこの温度変化はギャップ間の近接場放射による熱輸送が支配的である可能性が高い。

医用生体工学研究部門

研究部門長　近藤 輝幸（物質エネルギー化学専攻　教授）

E-mail teruyuki@scl.kyoto-u.ac.jp　TEL 075-383-7505　FAX 075-383-2504
HP https://www.abe.ehcc.kyoto-u.ac.jp/

本研究部門の目的と主要構成員

京都大学・キヤノン協働研究プロジェクト（H18～27年度）において得られた「生体情報解析技術」,「分子プローブ合成技術」,「デバイス開発技術」,「生命メカニズム解明」,「ケミカルバイオロジー」,「生体材料開発」に関する研究成果を，新たに開始した「酸素生物学」，および「生体イメージングプローブ開発」プロジェクトにシームレスに継承し，飛躍的に発展させる．これにより，生体機能・代謝の情報解析，および生体分子の情報を *in vivo* で計測・画像化するための革新的医用生体工学研究・開発，および教育を行い，その結果得られる科学技術イノベーションの成果を，社会に還元することを目的とする．

機械理工学専攻	中部 主敬	高分子化学専攻	秋吉 一成
材料化学専攻	大塚 浩二	合成・生物化学専攻	森 泰生
物質エネルギー化学専攻	大江 浩一	合成・生物化学専攻	浜地 格
物質エネルギー化学専攻	近藤 輝幸	合成・生物化学専攻	跡見 晴幸
分子工学専攻	白川 昌宏	合成・生物化学専攻	原 雄二
高分子化学専攻	田中 一生	化学工学専攻	大嶋 正裕

進捗状況

細胞内・生体内の機能や代謝の情報解析を，医化学的見地から探求する生体機能医化学の研究，医療画像撮影用の分子プローブ合成から DDS，再生医療に至る生体・医用機能材料の開発研究を行った．特に，細胞内の標的タンパク質を高速に化学修飾できる技術，新規医用材料候補としてのゲル材料，疾患特異的に造影可能なMRI プローブ，細胞が放出する細胞外小胞（エクソソーム）の表面糖鎖解析およびエクソソーム分離技術の開発を実施した．加えて，大学院工学研究科・融合工学コース「総合医療工学分野」，および「生命・医工融合分野」における教育（講義＋実習）の一翼を担った．

外部資金獲得状況

ERATO「ニューロ分子技術」，AMED-京都大学医学部附属病院臨床研究総合センター橋渡し研究戦略的推進プログラム・異分野融合型研究シーズ等

令和2年度までの研究活動及び主な成果

特定のオルガネラにあるリン脂質 (ホスファチジルコリン:PC) を選択的に蛍光標識する技術の開発

研究背景

PC は主に小胞体やゴルジ体で生合成された後，他のオルガネラに輸送される．こうした PC 輸送は細胞の機能や生存に重要だが，これまで直接観察する方法が無かったため，理解が不十分であった．

研究戦略と結果

「オルガネラに局在する反応性試薬」と「PC の代謝的アジド化法」を組み合わせた独自のアイデアで，特定のオルガネラにある PC を選択的に蛍光標識することに成功．オルガネラ間 PC 輸送の可視化を世界で初めて実現．

オートファジーの際に出現する膜の起源解明に本手法を適用し，小胞体膜がオートファーゴソームに PC を供給する様子を生細胞内で直接観察することに初めて成功．

T. Tamura *et al.*, *Nat. Chem. Biol.* 16, 1361–1367 (2020).

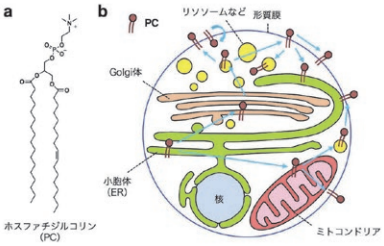


図 (a) ホスファチジルコリン(PC)の分子構造．
(b) PC は ER や Golgi 体で生合成された後，他のオルガネラに輸送される．

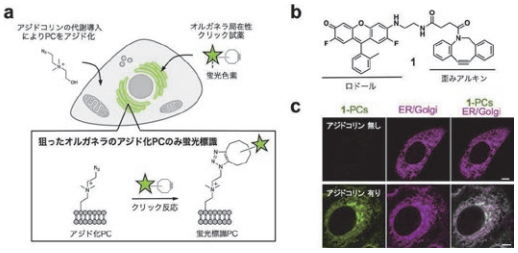


図 (a) オルガネラ脂質選択的標識の反応スキーム．
(b) OCR1 の分子構造．(c) 1-標識 PC(1-PC)の細胞内局在その局在は ER/Golgi マーカーと一致した．

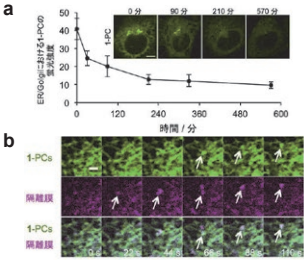


図 (a) ER/Golgi からの1-標識 PC 流出過程の測定結果．
(b) 1-標識 PC のオートファゴソーム前駆体 (隔離膜)への移行．

メカノバイオロジーを基軸とした骨格筋線維の再生機構の解明，および筋疾患治療法の開発

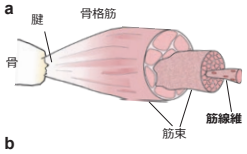
研究背景

骨格筋は筋収縮・弛緩により絶えずダメージを受けている．骨格筋を構成する基本単位である筋線維は，筋幹細胞（筋衛星細胞）を有しており，ダメージに応じて筋幹細胞は活性化され，筋線維を再生するが，その分子機構の全容は未だ明らかでない．

研究戦略と結果

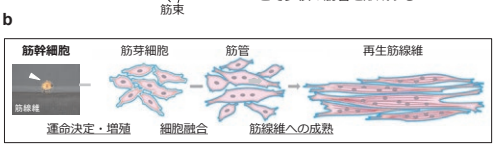
本研究では，筋線維に掛かる物理的な力がいかに筋再生に関わるか解明を試みた．特に筋再生の根幹をなす筋幹細胞にて発現し，膜張力を感知する「機械受容イオンチャネル」の機能解明を目指した．

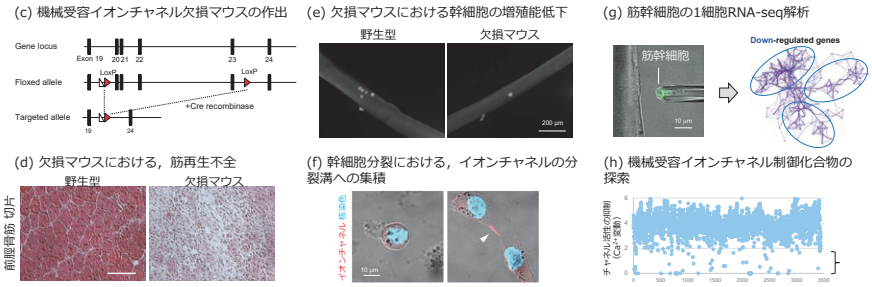
機械受容イオンチャネルの下流経路探索とともに，新規制御化合物の探索等を通じ，筋再生促進を介した筋疾患治療戦略の構築を目指している．



(a) 骨格筋の模式図：骨格筋は数多くの筋線維が寄り集まることで運動器官として機能する．

(b) 筋線維の再生過程：筋線維に付随する筋幹細胞（筋衛星細胞）から派生した筋芽細胞は，互いに融合しあうことで多核の筋管を形成する．





AMEDメカノバイオロジー，橋渡し研究戦略的推進プログラム・異分野融合型研究シーズによる成果

先端流体理工学研究部門

研究部門長　花崎 秀史（機械理工学専攻 教授）

E-mail hanazaki.hideshi.5w@.kyoto-u.ac.jp　TEL 075-383-3614
HP http://www.vortex.me.kyoto-u.ac.jp/

本研究部門の目的と主要構成員

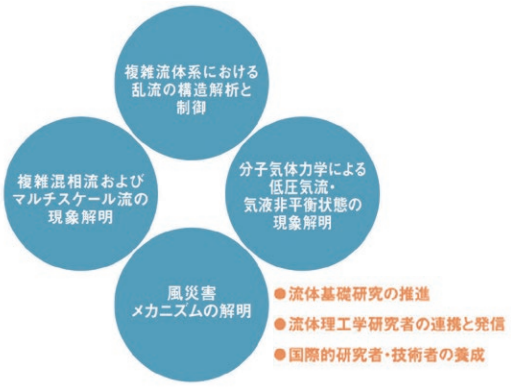
- 分子スケールから地球環境のような大スケールの**流れ**，**基礎研究**の積極的推進
- **複数分野**に所属する研究者が研究交流を積極的に行うことにより，従来の枠組みを超えた基礎研究体制を促進し，京都大学の流体理工学研究グループの成果を**世界へ向けて発信**
- **国際的に活躍する教員**による**先端的・多面的研究**を通して，**融合工学コース（応用力学分野）**を含む博士課程学生に対して知識を開拓・教授することにより，領域横断的な普遍的問題を理解でき，バランスのとれた若手研究者および高度技術者を養成

課題①　複雑流体系における乱流の構造解析と制御（代表者：花崎秀史（機械理工学専攻））

課題②　複雑混相流およびマルチスケール流の現象解明（代表者：横峯健彦（原子核工学専攻））

課題③　分子気体力学による低圧気流・気液非平衡状態の現象解明（代表者：髙田　滋（航空宇宙工学専攻））

課題④　風災害メカニズムの解明（代表者：八木知己（社会基盤工学専攻））



令和2年度までの研究活動及び主な成果

- 年に一度，工学研究科および他研究科の複数の分野に所属する流体理工学研究者が一堂に会し，セミナーを実施してきた．令和２年３月に開催された第２回先端流体理工学研究部門公開セミナーでは，以下に掲載するようなテーマで研究発表がなされ，活発な質疑応答が行われた．

工学研究科　地球系専攻

3次元的な反砂堆の形成に関する数値シミュレーション

相対迎角速度に着目した断面辺長比5矩形断面の大振幅空力自励振動特性に関する研究

工学研究科　物理系専攻

企業研究者として15年，大学教員として26年を振り返って

流通反応系の濃度境界条件に関する考察～水素・空気予混合気の触媒燃焼を題材に

高シュミット数の密度成層流体中の減衰乱流

Droplet Wetting Behavior on Groove-decorated Surface

Van der Waals流体の相分離現象に関する分子運動論的解析：
局所場近似を外力に用いないモデル

誘電泳動力を用いた粒子の等間隔整列技術における2粒子離隔機構の解明

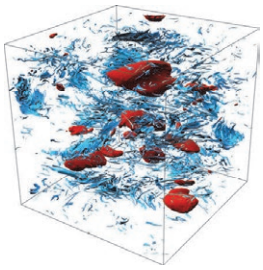
高密度プラズマ源を用いた絶縁体薄膜材料のスパッタリング耐性評価

データ同化を用いた核融合プラズマの統合輸送シミュレーション

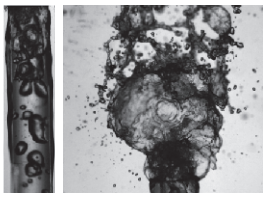
垂直磁場下における液体金属液膜流の温度混合特性

情報学研究科　先端数理科学専攻

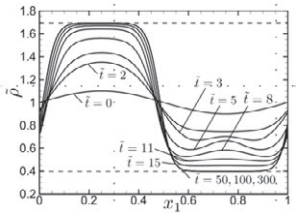
希薄気体中で自転を始める球により誘起される流れ



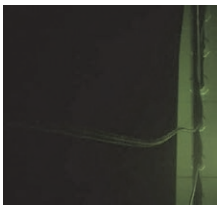
高シュミット数の成層乱流の三次元構造（赤：運動エネルギー，青：ポテンシャルエネルギー）



複雑混相流研究（固気液三相沸騰流での核生成・微細化促進可視化）



相分離現象の運動論モデルのシミュレーション結果（密度の時間発展）



斜張橋ケーブルのレインバイブレーション

ロバストエレクトロニクス用半導体材料・デバイスの研究

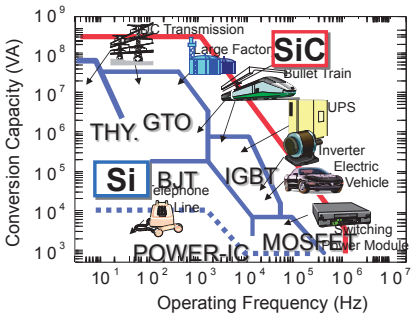
プロジェクト代表　木本 恒暢（電子工学専攻 教授）

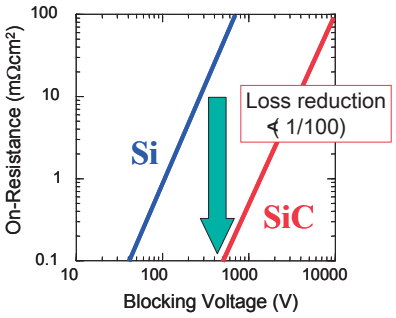
E-mail kimoto@kuee.kyoto-u.ac.jp　TEL 075-383-2300　FAX 075-383-2303
HP http://semicon.kuee.kyoto-u.ac.jp

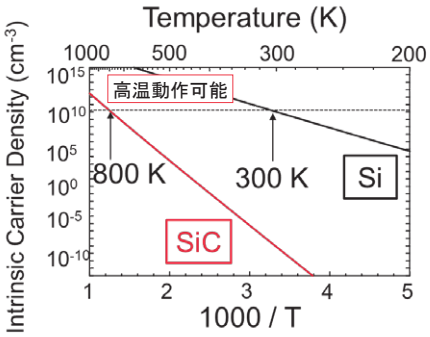
本研究プロジェクトの目的と主要構成員

高温動作、高電圧動作など従来の半導体では不可能な厳環境動作を実現する半導体材料・デバイスに関する基盤研究を行う。具体的には、(1)炭化珪素(SiC)結晶の物性解明と欠陥制御、(2)酸化膜/SiC界面欠陥の低減とMOS型電界効果トランジスタの特性向上、(3)高温や高電界におけるSiCデバイス物理の研究に取り組む。本プロジェクトでは、特に200～500℃の高温動作デバイスや10kV超級のパワーデバイスに関する基盤研究に取り込み、シリコン(Si)等の既存の半導体材料では実現できないロバストエレクトロニクス(Robust Electronics)分野を開拓する。革新的な高温動作集積回路や高耐圧・低損失パワーデバイス、高効率電力システムの実現を目指す。

主要構成員：木本恒暢、金子 光顕







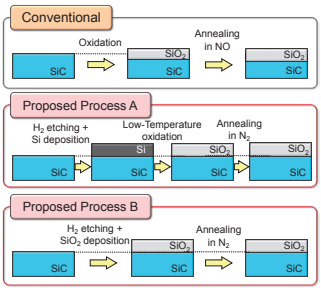
進捗状況：　本プロジェクトの目的は1~10kV超級のSiCパワーデバイス、および300℃以上の高温動作集積回路を見据えた基盤研究の推進である。本年度はMOSFETのオン抵抗削減に向けたSiO_2/SiC界面新規形成手法の開発に取り組み、界面欠陥の大幅低減に成功した。また、高温動作集積回路実現に向け、サイドゲートJFETの短チャネル効果の理論的解析と実験結果比較を行い、短チャネル効果抑制の指針確立を達成するなど、順調に進捗している。

外部資金獲得状況：　産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム(OPERA)　超スマートエネルギー社会基盤技術共創コンソーシアム
科学研究費（基盤研究A）　半絶縁性SiCの物性・欠陥解明とイオン注入による相補型ロバストJFETの作製
（研究代表者　木本恒暢）

令和2年度までの研究活動及び主な成果

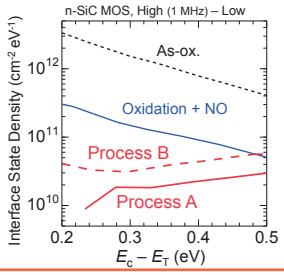
SiO_2/SiC界面欠陥の大幅低減

SiO_2形成プロセスの新規考案



SiC表面を水素ガスエッチング&SiCの酸化を極力排除

上記形成手法による
界面欠陥密度評価

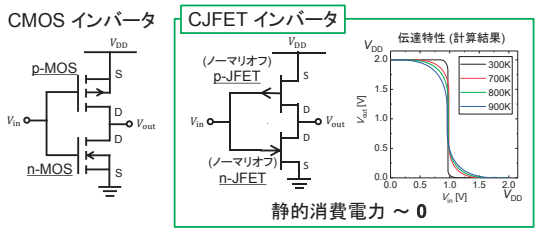


従来の低減手法（青線）より
大幅に界面欠陥密度低減

高温動作SiC集積回路

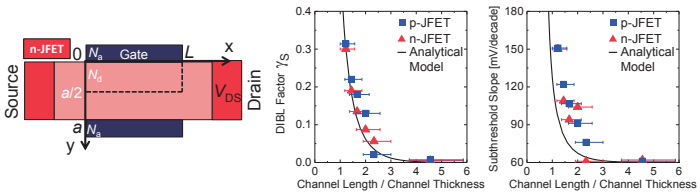
接合型電界効果トランジスタ(JFET)による論理回路構築

CMOSのp-MOS, n-MOSをp-JFET, n-JFETに置き換え



相補型動作により消費電力を抑制可能

サイドゲートJFETにおける短チャネル効果の理論的解析と実験結果比較



短チャネル効果抑制の指針(L/a > 4)を確立

元素ブロック研究会

プロジェクト代表　田中 一生（高分子化学専攻 教授）

E-mail tanaka@poly.synchem.kyoto-u.ac.jp　TEL 075-383-2604　FAX 075-383-2605
HP http://poly.synchem.kyoto-u.ac.jp/

本研究プロジェクトの目的と主要構成員

概要

Si-O結合から成るシリカの立方体構造を有し、各頂点に有機置換基を修飾可能なかご型シルセスキオキサン（POSS）は分子レベルの有機－無機ハイブリッド材料として注目を集めている。本研究では、POSSを無機元素を含む機能の最小ユニットである「元素ブロック」として捉え、設計に従い合成された機能性POSSを基盤として「デザイナブルハイブリッド」と呼べる様々な機能性有機－無機複合材料の開発を行う。熱安定性を有する規則構造形成と機能発現、相反関係にある物性を両立する分子フィラー開発、光学・磁気的機能を持つ先端材料への応用を通して学理を追求し、「デザイナブルハイブリッド」の設計性の高さや様々な特性を示し、各分野における課題の解決や新奇の材料設計指針確立につなげる。

構成員

氏 名	所属部局・職	電話番号	E-mail
田中一生	大学院工学研究科・教授	2604	tanaka@poly.synchem.kyoto-u.ac.jp
権　正行	大学院工学研究科・助教	2610	gon@poly.synchem.kyoto-u.ac.jp
伊藤　峻一郎	大学院工学研究科・助教	2608	ito@poly.synchem.kyoto-u.ac.jp

達成状況

おおむね順調に進展している。

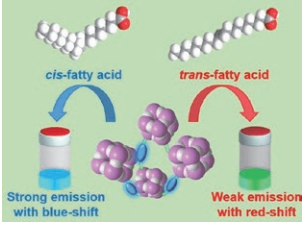
これまでに、POSSの高い設計性を生かして、低分子や高分子の発光性や導電性、化学発光特性などの機能向上を実現してきた。これによって、POSS骨格がテーラーメード分子として有用であることを示してきた。例えば、POSS骨格に対して柔軟な側鎖を介して発光性ユニットを連結することにより、脂肪酸やアニオン性界面活性剤の微小や構造の違いを蛍光色変化として検出可能なプローブ分子を開発した。また、POSSを汎用高分子鎖の両末端に導入することで光機能性を有する共役系高分子との親和性を向上させられることを示した。さらに、このように作製したPOSS導入高分子と共役系高分子との混合フィルムは、力学特性・発光量子収率・耐熱性といった基礎的な材料物性を向上するだけでなく、フィルムに加えた歪みを蛍光色変化で検出できる力学センサーとしての機能を発現することを見出した。

外部資金獲得状況

科研費：基盤研究（A・B）・挑戦的研究・若手研究・研究活動スタート支援、JST:ASTEP、AMED:橋渡し研究、助成金：稲盛財団・生産開発科学研究所・他

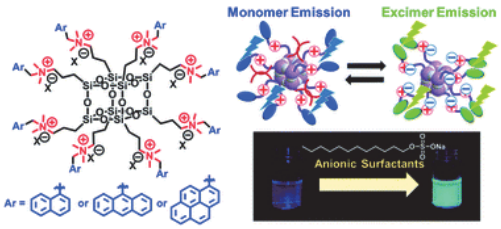
令和2年度までの研究活動及び主な成果

脂肪酸のシス-トランス蛍光検出



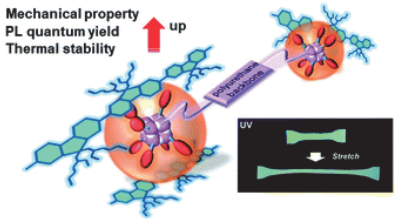
Bioorg. Med. Chem. **2017**, *25*, 3431–3436.

アニオン性界面活性剤の蛍光検出



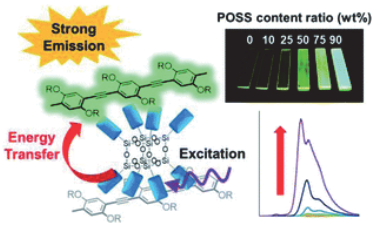
Mater. Chem. Front. **2018**, *2*, 1449–1455.

延伸ひずみの蛍光検出



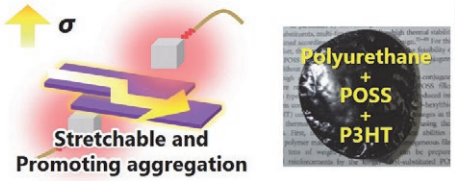
Mater. Chem. Front. **2019**, *3*, 1174–1180.

共役系高分子への光アンテナ



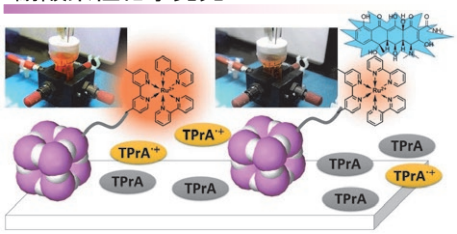
Mater. Chem. Front. **2019**, *3*, 314–320.

ストレッチャブル導電性高分子



Polymers **2019**, *11*, 1195.

耐酸素性化学発光



Polymers **2019**, *11*, 1170.

超巨大地震に対する鉄骨造建物の耐震性能向上技術の開発

プロジェクト代表　聲高 裕治（建築学専攻 教授）

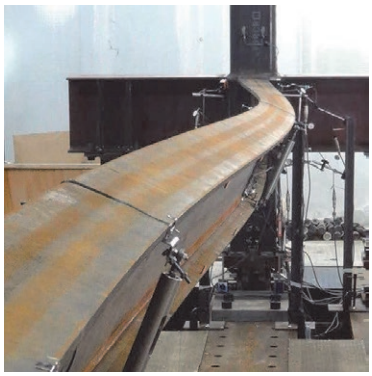
E-mail koetaka@archi.kyoto-u.ac.jp　TEL 075-383-2947　FAX 075-383-2947
HP http://www.suita-lab.archi.kyoto-u.ac.jp/faculty/koetaka/index.html

本研究プロジェクトの目的と主要構成員

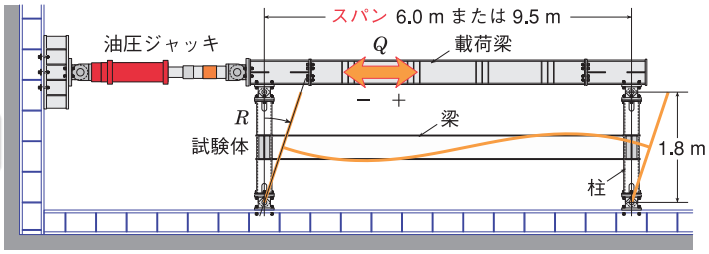
【背景】
○ 鋼構造建物に用いられるH形断面梁は，地震時に横座屈が生じる可能性がある。このような挙動を防ぐために，建築基準法等では小梁などの横補剛材を設けることが定められている。
○ 鉄筋コンクリート床スラブが取り付く梁では，床スラブによって横座屈が補剛されるものと考えられるが，その定量的な評価方法の構築には至っていない。

【目的】
○ 本プロジェクトでは，床スラブを有するH形断面梁の横座屈性状や性能限界を構造実験によって明らかにすることを目的としている。
○ 最終的には，鉄筋コンクリート床スラブを有するH形断面梁の横補剛材の設置条件を明らかにし，現行の規定よりも横補剛を簡略化することができる設計法（建築基準法）の構築をめざしている。

【主要構成員】
○ 聲高　裕治　（京都大学・教授）
○ 伊山　　潤　（東京大学・准教授）
○ 長谷川　隆　（建築研究所・主任研究員）



H形断面梁の横座屈

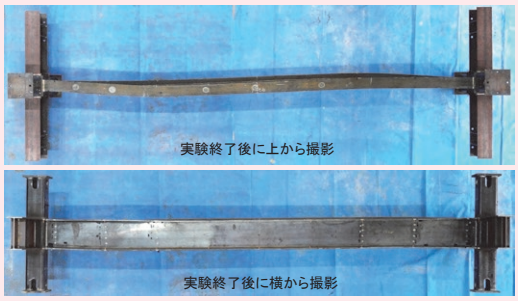


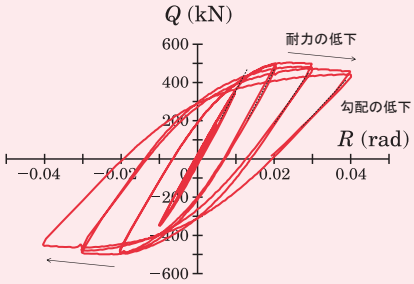
実験装置 @システムシミュレーションラボ

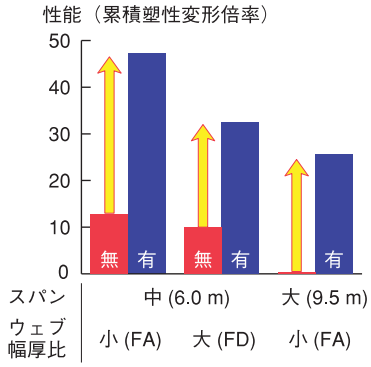
令和2年度までの研究活動及び主な成果

○ 床スラブがない場合とある場合の性能の差を確認するため，右図のような装置を用いて載荷実験を行った。
○ 実験により，床スラブを設置することによって梁の性能が大幅に向上することが明らかになった。
○ 今後は，床スラブによる横補剛効果を定量的に評価する方法の構築を進めていく。

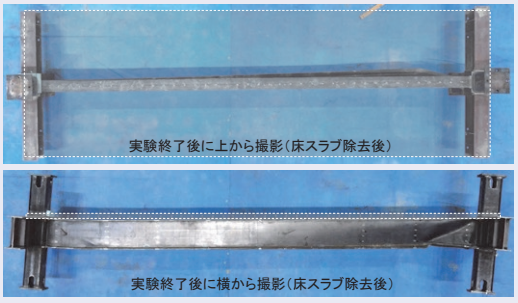
床スラブ 無

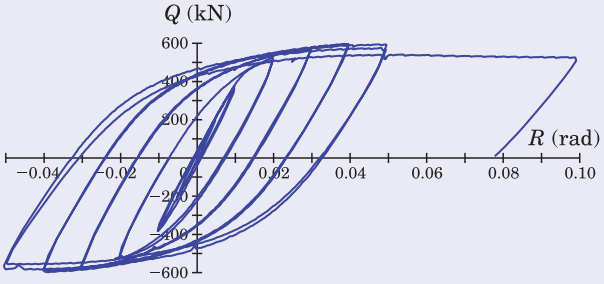






床スラブ 有





実験結果 （スパン6.0m）

高効率エネルギー変換を実現する
次世代固体電気化学デバイス材料の開発

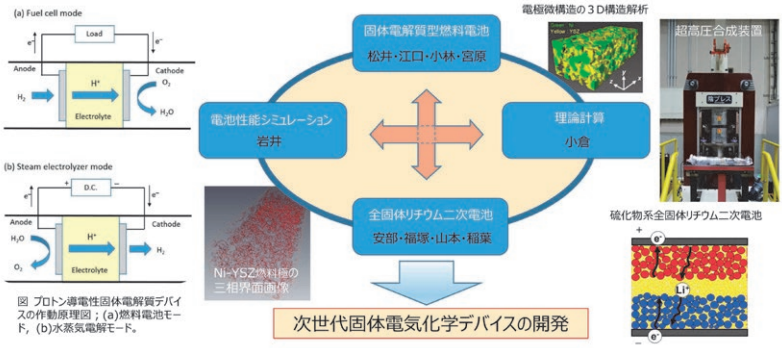
プロジェクト代表　**松井 敏明**（物質エネルギー化学専攻 准教授）

E-mail matsui@elech.kuic.kyoto-u.ac.jp　TEL 075-383-7060　FAX 075-383-2520
HP http://www.eguchi-lab.ehcc.kyoto-u.ac.jp/

本研究プロジェクトの目的と主要構成員

概要：燃料電池や二次電池は、省エネルギー・低炭素社会の実現やエネルギーセキュリティーの観点から、重要な電気化学的エネルギー変換デバイスとして広く認知されており、関連技術に関する研究開発が国内外で盛んに行われています。近い将来、風力や太陽光に代表される再生可能エネルギーやCO_2フリー水素が大量に導入され、これらのデバイスが果たす役割は今より格段に大きくなると予想されます。しかしながら、高効率エネルギー変換を達成するには、新規な材料や設計概念に基づいた次世代電気化学デバイスの構築が不可欠であり、材料化学的な問題点、電池特性に影響を与える電極反応の解明など未だ多くの課題があります。本研究では次世代固体電気化学デバイスのうち、固体電解質型燃料電池および全固体リチウム二次電池に着目し、その材料開発と特性の基礎評価を行い、設計指針を確立することを目指します。

進捗状況：概ね当初の予定通り進捗している



外部資金獲得状況：（国研）新エネルギー・産業技術総合開発機構「エネルギー・環境新技術先導プログラム」採択（R1.7月~）
「燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業」採択（R2.7月~）

令和2年度までの研究活動及び主な成果

プロトン伝導型固体電解質デバイスのための空気極開発

発電と高温水電解の可逆作動が可能な「プロトン伝導型固体電解質デバイス」に着目する。基本的なセル構成は両運転モードで同じであり，電流の向きが異なる。本デバイスの性能は，運転モードにかかわらず，主に選択する空気極材料により制限されている。このボトルネックを解決するために，空気極設計指針の獲得とその実証を目指し，新規複合電極の研究開発に取り組む。

電極　$(Ba,Sr)_6RE_2Co_4O_{15}$ (RE = Rare earth)

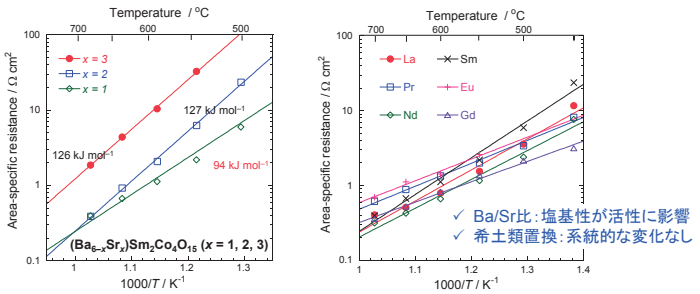


Fig. Temperature dependence of area-specific resistance for $(Ba_{6-x}Sr_x)Sm_2Co_4O_{15}$ and $Ba_5SrRE_2Co_4O_{15}$ electrodes in 20% O_2–77% N_2–3% H_2O.

複合電極　$(Ba,Sr)_6RE_2Co_4O_{15}$–$BaCe_{0.5}Pr_{0.3}Y_{0.2}O_{3-\delta}$ (RE = Sm, Gd)

✓$(Ba,Sr)_6RE_2Co_4O_{15}$成分の希土類サイトの元素置換やBa/Sr比の変更は，複合電極の酸素還元活性に大きく影響しない。
✓$(Ba,Sr)_6RE_2Co_4O_{15}$：酸素の解離吸着サイト
✓電気化学反応場：$(Ba,Sr)_6RE_2Co_4O_{15}$/BCPY/気相

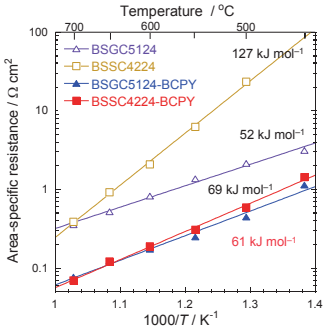


Fig. Temperature dependence of ASR for various cathodes in humidified air, which was evaluated with symmetrical cells.

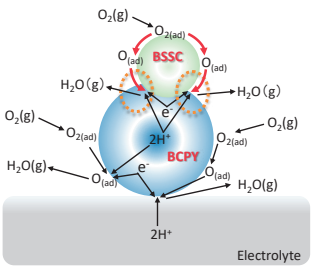
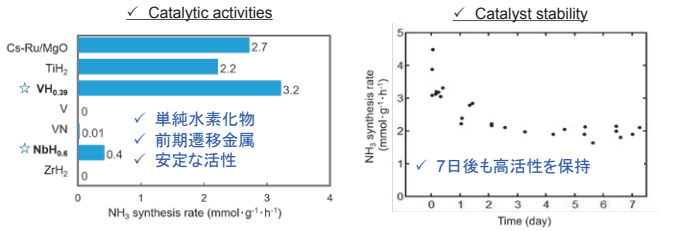


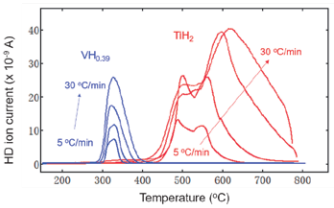
Fig. Plausible oxygen reduction reaction mechanism over $(Ba,Sr)_6RE_2Co_4O_{15}$–$BaCe_{0.5}Pr_{0.3}Y_{0.2}O_{3-\delta}$ composite.

アンモニア合成触媒バナジウム水素化物VH_x

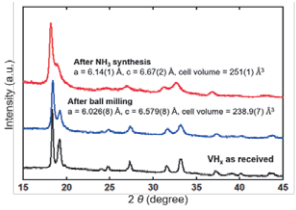
アンモニア合成に用いられる「ハーバー・ボッシュ法」では、限られた遷移金属元素のみが、高い触媒活性を示す。本研究では、従来不利と考えられていたVとNbの水素化物が、スケーリング則を破る有望なアンモニア合成触媒であることを見出した。これらの金属*M*は、比較的弱い*M*-N結合を有することに加えて、水素化物イオンH^-の拡散を促進するbcc型の充填構造を有するという利点を持つ。



Catalytic activities for NH_3 synthesis at 400 °C, 5 MPa over various catalysts and ammonia synthesis rate of $VH_{0.39}$ over 7 days (final TON 130).



H/D exchange of $VH_{0.39}$ and TiH_2. Performed under flowing 5% D_2/Ar at different heating rates.

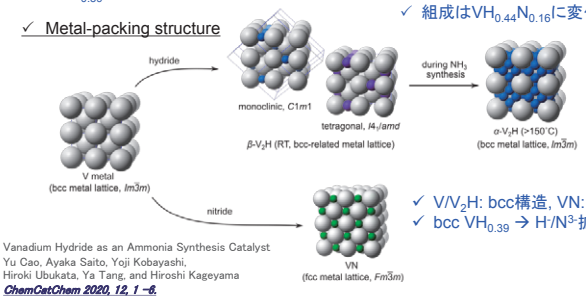


XRD patterns (Mo K_α) and lattice parameters of $VH_{0.39}$ before and after ammonia synthesis

✓ 水素化物：格子水素とH_2の直接交換が可能
✓ $VH_{0.39}$：比較的低いH/D交換温度

✓ アンモニア合成後、わずかに格子体積が増加
✓ 組成は$VH_{0.44}N_{0.16}$に変化

✓ Metal-packing structure



✓ V/V_2H: bcc構造, VN: fcc構造
✓ bcc $VH_{0.39}$ → H^-/N^{3-}拡散を促進

Vanadium Hydride as an Ammonia Synthesis Catalyst
Yu Cao, Ayaka Saito, Yoji Kobayashi, Hiroki Ubukata, Ya Tang, and Hiroshi Kageyama
ChemCatChem 2020, 12, 1 –6.

高次生体イメージングラボ

プロジェクト代表　小林 哲生（電気工学専攻 教授）

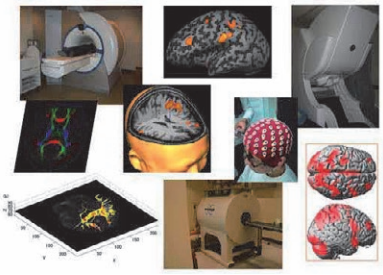
E-mail kobayashi.tetsuo.2c@.kyoto-u.ac.jp　TEL 075-383-2228　FAX 075-383-2228
HP https://bfe.kuee.kyoto-u.ac.jp

本研究プロジェクトの目的と主要構成員

プロジェクト概要

脳神経活動に伴って発生する磁界（脳磁界）を計測することはヒト脳機能の解明につながる．しかしながら，脳磁界は数fTと非常に微弱である．我々は光ポンピング磁気センサ（Optically Pumped Magnetometer: OPM）という磁気センサに着目し，研究を進めている．OPMは，液体ヘリウム等の冷媒を必要とせず，微弱な脳磁界を高感度に計測可能である．

本プロジェクトでは，OPMの高感度化および多チャンネル化の検討と，その生体磁気計測への応用を目的とする．また，心磁図（MCG），脳磁図（MEG）と磁気共鳴画像（MRI），核磁気共鳴（NMR）や磁気粒子イメージング（MPI）との融合イメージングシステムの実現を目指す．



プロジェクトの構成員

小林 哲生（工学研究科・教授）　笈田 武範（工学研究科・共同研究員）　山田 将来（工学研究科・共同研究員）　斉藤 右典（工学研究科・共同研究員）
伊藤 陽介（工学研究科・講師）　加藤 統久（工学研究科・共同研究員）　森谷 隆広（工学研究科・共同研究員）　中井 隆介（こころの未来研究センター・研究員）

プロジェクトの進捗状況

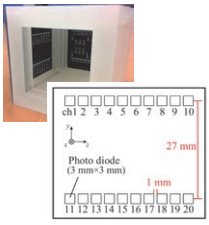
令和2年度は，作製した20チャネルセンサによりヒト脳磁図の多点計測に成功し，開発した光ポンピング磁気センサが生体磁気計測・イメージング分野に応用可能であることを実証した．さらに、30 mm × 30 mm × 120 mm のコンパクトなモジュールを作製し，数十fTレベルの高感度を実現した．これらは当初の計画の通りであり，順調に進んでいる．

プロジェクトの実施に伴う外部資金の獲得状況

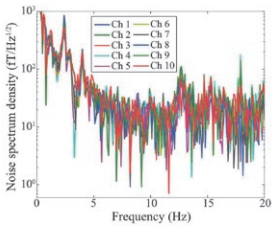
- 科研費基盤研究(A), 科研費挑戦的研究(萌芽), 中谷医工計測技術振興財団・特別研究助成, 共同研究費4件 他（研究代表者：小林 哲生）

令和2年度までの研究活動及び主な成果

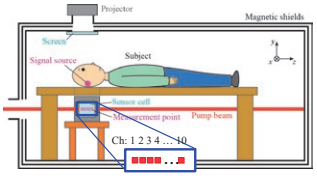
OPMの生体磁気計測への応用



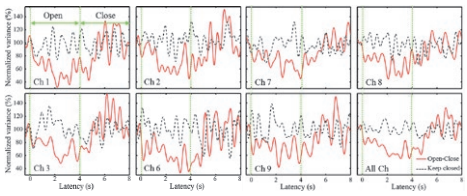
開発したセンサの検出部



各チャネルの計測感度

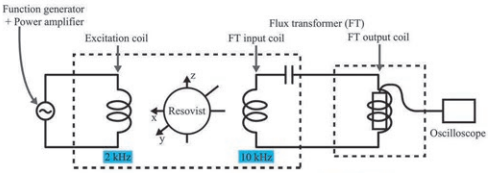


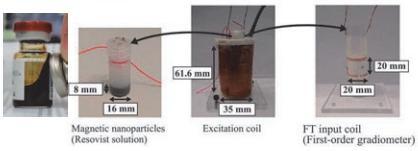
被験者の眼の開閉に伴うα波律動の変動を計測



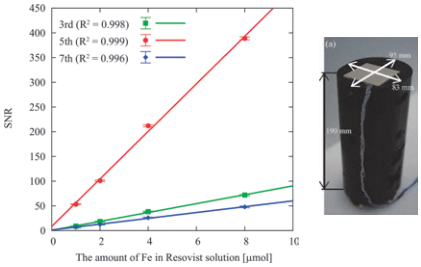
K. Nishi, Y. Ito and T. Kobayashi, Opt. Express **26**(2), 1988-1996 (2018).

OPMの磁気粒子イメージングへの応用





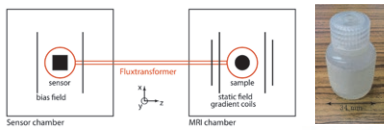
フラックストランスフォーマを用いた磁気粒子計測実験系

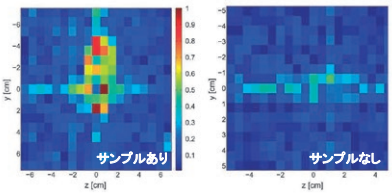


開発したセンサモジュールにより磁気粒子からの信号を検出

T. Oida, K. Kato, Y. Ito and T. Kobayashi, Int. J. Magn. Part. Imag. **4**(2), 1906001 (2019).

OPMのMRIへの応用

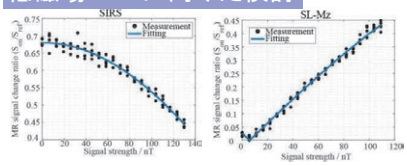




OPMにより水サンプルのMR画像を取得

公表済みデータより（I. Hilschenz, *et al.*, J. Magn. Res. **274**, 89 - 94 (2017). ）

低磁場fMRIに向けた検討



低磁場下で脳神経磁場を計測するfMRIの検証：2つのシーケンスで磁場強度によりMR信号が変化している。今後はOPMでの検出を目指す。

H. Ueda, *et al.*, J. Magn. Res. **319**, 106828 (2020).

バイオテクトニクス材料の創製

プロジェクト代表　秋吉 一成（高分子化学専攻 教授）

E-mail akiyoshi@bio.polym.kyoto-u.ac.jp　TEL 075-383-2589　FAX 075-383-2590
HP http:// www.akiyoshi-lab.jp/

本研究プロジェクトの目的と主要構成員

次世代ナノ医療において、核酸、タンパク質、さらに生体内ナノキャリアとして注目されている細胞外ベシクル(エクソソーム)などのバイオ医薬品の開発とその実用化に期待が寄せられています。

本プロジェクトでは、バイオ医薬品のための機能性ナノ微粒子(ナノゲル)の設計とそのナノ微粒子を材料とした機能性高分子材料の開発、応用を展開しています。さらに開発したナ微粒子や機能性高分子材料と生体高分子、無機•金属材料、細胞外ベシクル、細胞などのバイオ材料とを融合することにより、ナノからマクロレベルまで構造制御された階層的ナノハイブリッド材料を開発し、DDSや再生医療への応用を目指しています。

プロジェクト代表：
秋吉　一成（高分子化学・教授）
佐々木　善浩（高分子化学・准教授）　下田　麻子（特定研究員）
澤田　晋一（高分子化学・助教）　安藤　満（特定研究員）
西村　智貴（高分子化学・特定助教）　梅崎　香織

本プロジェクトは、機能性ナノ微粒子(ナノゲル)を基盤材料とし、バイオ材料と融合したバイオテクトニクス材料を創製しています。

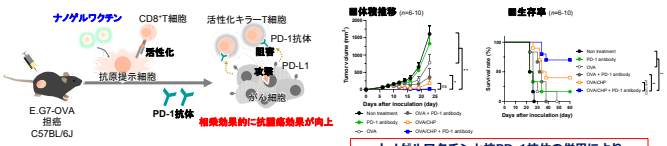
そのための基盤技術として、(1)機能性ナノ微粒子、(2)　機能性リポソーム、(3)エクソソーム工学の３つのテーマに取り組み、ナノ構造体およびバイオ材料を自在に制御・構築するための設計論を確立するとともに、革新的なハイブリッド化技術を開発することを目指します。

令和2年度までの研究活動及び主な成果

機能性ナノ微粒子研究グループ

1）ナノゲルハイブリッド材料

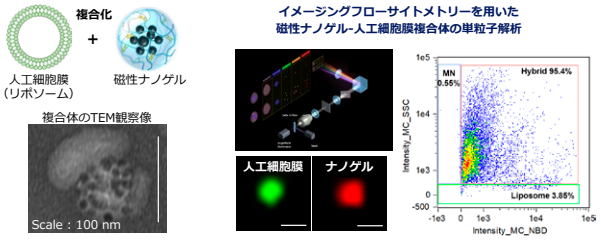
ナノゲルがんワクチン、免疫チェックポイント抗体併用療法



R. Miura et al. RSC Adv. 2020, 10, 8074
R. Miura et al. Biomacromolecules. 2020, 21, 621

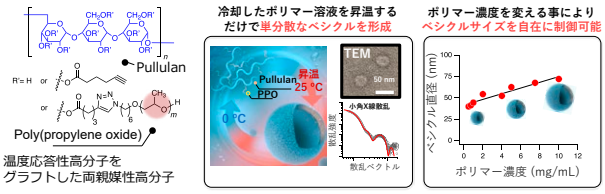
ナノゲルワクチンと抗PD-1抗体の併用により
高い完全奏功率を示した

磁性ナノゲル－人工細胞膜複合体の作製と評価



2）ポリマーベシクル材料

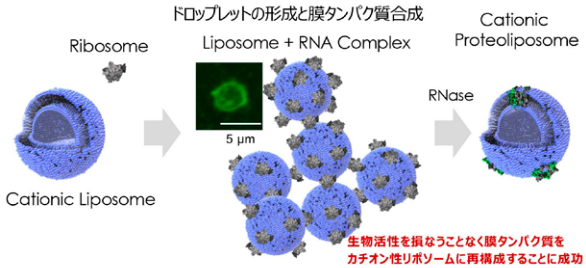
ベシクル構造を記憶する新規両親媒性グラフトポリマーの開発



T. Nishimura et al. JACS. 2020, 142, 11784

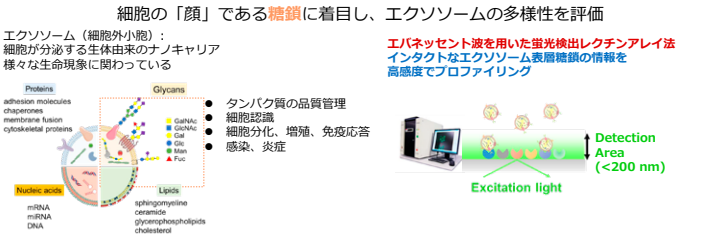
機能性リポソーム研究グループ

膜タンパク質によるリポソームの機能化

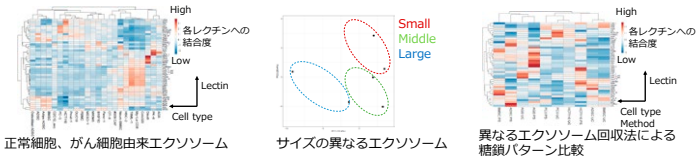


エクソソーム工学グループ

細胞の「顔」である糖鎖に着目し、エクソソームの多様性を評価



エクソソームの由来細胞、サイズ、回収方法の違いにより
エクソソーム表層糖鎖パターンが異なる



正常細胞、がん細胞由来エクソソーム　サイズの異なるエクソソーム　異なるエクソソーム回収法による糖鎖パターン比較

大強度広帯域周波数もつれ状態の実現と応用に関する研究

プロジェクト代表　竹内 繁樹（電子工学専攻 教授）

E-mail takeuchi@kuee.kyoto-u.ac.jp　TEL 075-383-2286　FAX 075-383-2290
HP http://qip.kuee.kyoto-u.ac.jp/

本研究プロジェクトの目的と主要構成員

研究概要

広帯域周波数量子もつれ光とは、2つの光子が、それぞれ広い周波数帯域（エネルギー）にわたり存在し、かつそれら2つの光子の周波数の和が確定した値を持つような状態である。本研究プロジェクトでは、高効率な広帯域量子もつれ光を実現について、導波路型チャープ擬似位相整合素子や、導波路付リング共振器を利用して研究を進める。また、そのような広帯域量子もつれ光源の応用として、高分解能量子光断層撮影やもつれ2光子吸収の研究を進める。

主要構成員

教授　竹内 繁樹　特定研究員　田嶌 俊之、曹 博、
准教授　岡本 亮　向井 佑、阿部 尚文
助教　髙島 秀聡

研究期間

2018年度～2021年度

研究進捗状況

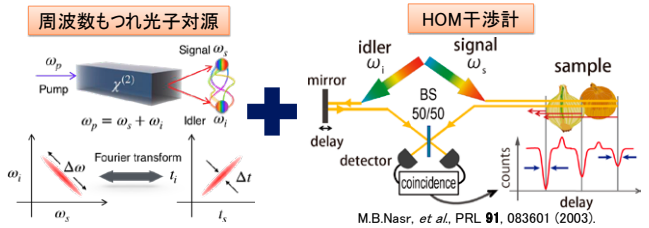
1. **PPSLTスラブ導波路を用いた高効率周波数もつれ光子対源の開発**
   PPSLT: 周期分極反転タンタル酸リチウム
   ➡バルク型と比べて10倍の光子対生成効率を非同軸発光で達成 [1]
2. **PPSLTリッジ導波路を用いた高効率周波数もつれ光子対源の開発**
   ➡・バルク型と比べて600倍の光子対生成効率を広帯域（660 nm～1000 nm）同軸発光で達成 [1]
   ・量子干渉を利用した異なる空間モードへの周波数もつれ光子対の分離を、90 nmの広帯域で実証 [2]
3. **量子古典ハイブリッドOCTシステムの開発**
   ➡測定位置を同期させた測定に成功
4. **広帯域窒化シリコンオンチップもつれ光源の開発**
   ➡オンチップリング共振器としては世界最大のモード数59・帯域23.6 nmの量子もつれ光を実現 [3, 4]

外部資金獲得状況

戦略的創造研究推進事業プログラム（CREST）
量子状態の高度な制御に基づく革新的量子技術基盤の創成
大強度広帯域周波数もつれ状態の実現と応用（2016～2021年度）

令和2年度までの研究活動及び主な成果

量子光コヒーレントモグラフィ（QOCT）



M.B.Nasr, *et al.*, PRL **91**, 083601 (2003).

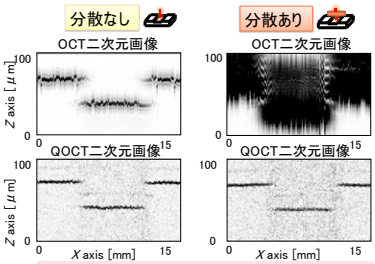
QOCTと古典OCTの比較

☺ 分散耐性
試料の偶数次分散によって深さ分解能が劣化しない

☺ 深さ分解能の向上
同帯域光の古典OCTよりも高分解能（最大2倍）

☹ 測定効率が低い
古典OCTより測定時間が長い

☹ 光源が大型



➡ QOCTの分散耐性付き高分解能を実証

末澤舜、竹内繁樹 他、日本物理学会2015年秋季大会、17aAC-6 (2015).

QOCTの分散耐性付き高分解能測定の社会的応用を目指す

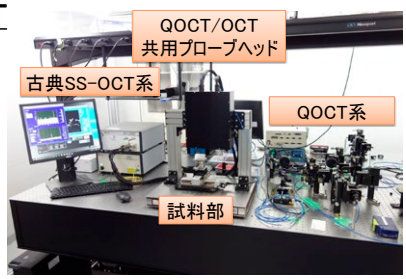
課題
- **高速測定**
  ➡ スラブ・リッジ導波路を用いた大強度もつれ光発生 [1, 2]
  スラブ導波路（1次元の光閉じ込め）

  リッジ導波路（2次元の光閉じ込め）

  量子・古典ハイブリッドOCT
- **深さ分解能の更なる向上**
  ➡擬似位相整合素子を用いた広帯域もつれ光発生 [1]
- **もつれ光源の小型化**
  ➡広帯域窒化シリコンオンチップもつれ光源 [3, 4]

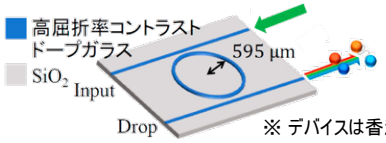
量子・古典ハイブリッドOCT

古典OCTの高速測定
→精密測定領域を決定
＋
量子OCTの高分解能と分散耐性
↓
両者の利点を生かし、興味ある領域を高速に精密測定



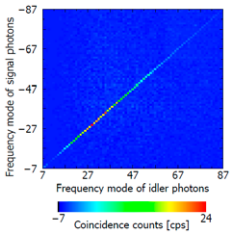
- QOCTサブシステムの開発に成功
- 共用プローブヘッドにより古典SS-OCT(サンテック㈱との共同研究)とQOCTを融合
- 古典SS-OCTとQOCTの測定位置の同期に成功

広帯域窒化シリコンオンチップもつれ光源



- 低損失
- CMOS互換性
- 低非線型損失

※ デバイスは香港城市大学 S. T. Chu先生よりご提供



オンチップリング共振器としては世界最大のモード数59・帯域23.6 nmの量子もつれ光を実現 [3, 4]

論文・学会発表等

[1] B. Cao *et al.*, CLEO, pp. 1-2 (2020).
[2] 亀井祐希 他、第81回応用物理学会秋季学術講演会、10p-Z21-5 (2020).
[3] 杉浦健太 他、第81回応用物理学会秋季学術講演会、10p-Z21-7 (2020).
[4] K. Sugiura *et al.*, Appl. Phys. Lett. **116**, 224001 (2020).

工学研究科寄附講座
「優しい地球環境を実現する先端電気機器工学」

プロジェクト代表　**中村 武恒**（電気工学専攻 特定教授）

E-mail nakamura.taketsune.2a@kyoto-u.ac.jp　TEL 075-383-3117　FAX 075-383-3090
HP http://aem.kuee.kyoto-u.ac.jp/

本研究プロジェクトの目的と主要構成員

プロジェクト概要：回転機(モータや発電機)を中心とする電気機器は，我々の社会・経済活動に必要不可欠のデバイスである．本プロジェクトでは，様々な導電材料や磁性材料を効果的に利用して，最先端の数理的・解析的・実験的技術を駆使した高性能低炭素排出電気機器を実現し，地球環境に優しい社会実現の一翼を担う．

プロジェクトの構成員：中村 武恒，Colle Alexandre，小笠 卓郎，松浦 潤，岡本 侑己，松木 健次郎

プロジェクト進捗状況：超伝導・常伝導材料を用いた各種回転機特性の特性評価，MRI用超伝導材料の精密な特性評価

プロジェクト実施による(実施に伴う)外部資金の獲得状況：

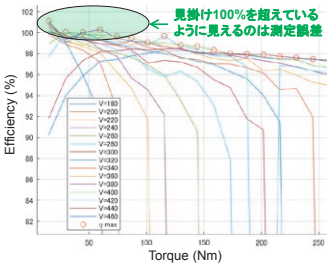
- 日本電産(株)からの寄附講座運営寄附金
- (国研)科学技術振興機構(JST) 戦略的創造研究推進事業 先端的低炭素化技術開発(ALCA) 実用技術化プロジェクト
  「低炭素社会を支える輸送機器用超伝導回転機システム」（プロジェクトリーダー）(R元年度で終了し，R2年度は取りまとめのための研究費を受領)
- (国研)科学技術振興機構(JST) 研究成果展開事業 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム (OPERA)
  「超スマート社会実現のカギを握る革新的半導体技術を基盤としたエネルギーイノベーションの創出」（分担）
- (国研)科学技術振興機構(JST) 研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP) 産学共同[本格型]
  「SiCスイッチングモジュールの高性能化とその応用開発」（分担）
- 日本学術振興会(JSPS) 科学研究費補助金(基盤研究(S))
  「高温超伝導線材・導体・コイル巻線の評価技術の体系化と高信頼性マグネットへの展開」（分担）
- 日本学術振興会(JSPS) 科学研究費補助金(基盤研究(B))
  「Energy-efficient lightweight drives by multi-parametric machine-inverter co-design and split-mid-point modularization」（分担）
- 三菱電機(株) 先端技術総合研究所とのNEDOプロ(MRI)に関する共同研究 (共研1)，アイシン精機(株)との車載用誘導機に関する共同研究 (共研2)，某社との輸送機器用超伝導モータに関する共同研究 (共研3)，(株)マツバとの分散電源向低速発電システムに関する共同研究(共研4)
  某社との車載向希土類磁石の特性評価に関する共同研究 (共研5; 手続中)

令和2年度までの研究活動及び主な成果

1. 輸送機器用50 kW級超伝導機の研究開発

定格ならびに60 kWを超える過負荷特性，100%に迫る最大効率特性の実証

(a) アセンブリ

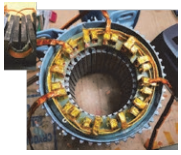


(b) 負荷試験結果

図1: 50 kW級全超伝導誘導同期モータ (ALCAプロ)

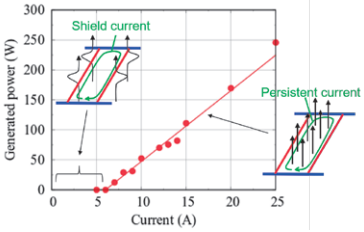
2. 全超伝導発電機の研究開発

世界初の全超伝導発電試験成功



(a) 超伝導固定子

(b) 超伝導回転子



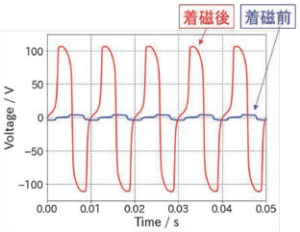
(c) 最大出力ー励磁電流特性

図2: 全超伝導発電機の写真と負荷試験結果

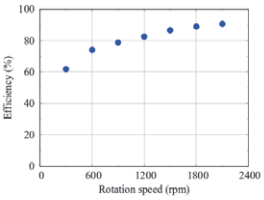
3. 新型永久磁石補助スイッチトリラクタンスモータ(PM-SRM)の研究開発

固定子巻線を利用したアルニコ磁石のパルス着磁に成功
→ スイッチトリラクタンスモータで初めて可変界磁技術を実現

(a) 固定子断面写真
(挿入図: 回転子)



(b) 固定子巻線によるパルス着磁特性 (実験結果)



(c) 負荷特性 (実験結果)

← 可変着磁後の負荷試験に成功

図3: 永久磁石補助スイッチトリラクタンスモータの写真とパルス着磁特性および負荷特性 (OPERAプロ)

4. その他

(1) 高温超伝導MRIマグネット用線材の特性評価 (NEDOプロ，共研1)
(2) 輸送機器用超伝導モータの冷却構造に関する検討 (共研3)
他

量子もつれ光子対を利用した量子計測デバイスの研究

プロジェクト代表　竹内 繁樹（電子工学専攻 教授）

E-mail takeuchi@kuee.kyoto-u.ac.jp　TEL 075-383-2286　FAX 075-383-2290
HP http://qip.kuee.kyoto-u.ac.jp/

本研究プロジェクトの目的と主要構成員

研究期間:2018年度～2022年度

研究概要

本プロジェクトでは、**量子もつれ光や量子干渉を利用した、新たなセンシングテクノロジー**を開拓します。具体的には、**可視域の光源と検出器のみで中赤外から遠赤外領域での高感度吸収計測を可能にする、「赤外量子吸収計測」**の実現に向けた研究をおこないます。

研究進捗状況

1. $LiNbO_3$結晶を用いた可視−赤外量子もつれ光子源の光学特性評価
   ➡ 赤外光波長域が2μm～5μmのもつれ光子対の発生を確認
2. $LiNbO_3$結晶を用いた可視−赤外量子もつれ光子源による赤外量子吸収分光のための干渉系の構築
   ➡ 光波長が810nm−1500nmによる量子干渉信号の観測に成功
3. PPMgSLTによる疑似位相整合素子を用いた可視-赤外量子もつれ光子源の光学特性評価
   ➡ 赤外光波長が2300nmまでの光子対源の同時計数評価

組織構成

プロジェクトリーダー
京都大学工学研究科
竹内 繁樹

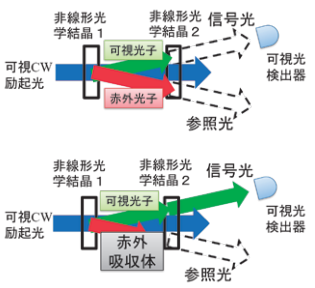
主要構成員
准教授　岡本亮
特定研究員　田嶌俊之
特定研究員　向井佑

外部資金獲得状況

文部科学省光・量子飛躍フラッグシッププログラム（Q-LEAP）
量子計測・センシング / 基礎基盤研究
量子もつれ光子対を利用した量子計測デバイスの研究 2018−2027年度

令和2年度までの研究活動及び主な成果

量子赤外吸収分光測定の原理

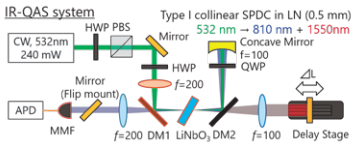


第1の結晶での「光子対発生過程」と、第2の結晶での発生過程が、**量子干渉の結果打ち消し合い**（または強め合い）、もつれ光子対は発生しない（増強される）。

非線形結晶間に測定試料を配置。赤外光子が吸収され、非線形量子干渉（発生過程間の干渉）が不完全に。

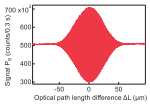
発生した、**可視の信号光子を検出**することで、**「赤外吸収」を知る**ことができる。

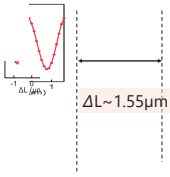
2. 可視−赤外もつれ光子源を用いた量子赤外吸収分光



HWP(QWP): λ/2(λ/4)波長板
DM:ダイクロイックミラー
MMF:マルチモードファイバー
APD: 単一光子検出器

量子干渉信号：可視光子カウントレート





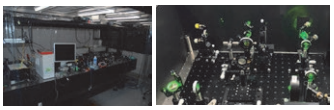
赤外波長1.55μmに対応する高明瞭度の量子干渉信号を取得[2,3]

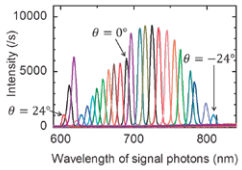
1. 波長可変可視−赤外もつれ光子源の構築

・バルク型非線形光学結晶$LiNbO_3$　自発的パラメトリック下方変換を利用した可視−赤外光子対の発生

結晶を傾けて生成光子対の波長を制御・広帯域化

可視−赤外もつれ光子発生評価系



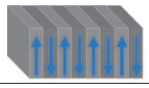


可視波長 600nm−800nm、**赤外波長1.5 um − 4.4 um**の光子対発生を観測[1]

3. 擬似位相整合素子によるもつれ光子発生

周期的分極構造を持つ非線形光学結晶（疑似位相整合素子）を用いることで
可視−赤外光子対の超伝導光子検出器による赤外波長が2300nmまでの同時計数の観測

周期分極Mg ドープ$LiTaO_3$
(PPMgSLT)



実験条件
結晶長:10mm
ポンプ光の強度は、
(a),(b)は、10mW, (c)は、50mW
(偏光:V偏光)

	Visible single count (/s)	Infrared single counts (/s)	Coincidence counts (/s)
(a)824 nm + 1500 nm	591 × 10^3	725 × 10^3	30.6 × 10^3
(b)755 nm + 1800 nm	372 × 10^3	259 × 10^3	8.30 × 10^3
(c)692 nm + 2300 nm	3.29 × 10^6	12.2 × 10^3	431

擬似位相整合素子を用いた広帯域での可視−赤外もつれ光子対の超伝導光子検出器による同時計数の観測[4]

学会発表、論文等

[1] 荒畑 雅也, 曹 博, 岡本 亮, 竹内 繁樹, 第80回応用物理学会秋季学術講演会　21a−E207−6 (2019)
[2] 向井 佑, 荒畑 雅也, 田嶌 俊之 ,岡本 亮 ,竹内 繁樹, 第81回応用物理学会秋季学術講演会　10p−Z21−6 (2020)
[3] Y. Mukai, M. Arahata, T. Tashima, R. Okamoto, and S. Takeuchi, Under review.
[4] 蒲　優樹, 荒畑 雅也, 田嶌 俊之, 向井 佑, 久光 守, 徳田 勝彦, 岡本 亮, 竹内 繁樹, 第67回応用物理学会春季学術講演会　14p−B406−9 (2020)

鉄筋コンクリート構造物の耐震安全性と継続使用性の確保に関する研究

プロジェクト代表　谷 昌典（建築学専攻 准教授）

E-mail tani@archi.kyoto-u.ac.jp　TEL 075-383-2936
HP http://www.rc.archi.kyoto-u.ac.jp/index.html

本研究プロジェクトの目的と主要構成員

プロジェクト概要

コンクリート杭基礎を有する新築および既存建物の大地震時における耐震安全性および継続使用性を確保するため，杭と杭頭接合部および損傷制御型構造システムに対する構造実験の実施，上部構造と基礎構造の一体解析モデルの開発および性能設計法の提案を行う．

本研究で得られた成果を学会指針規準に反映させ，基礎構造を含めた建物全体の性能設計を実用化し，地震に代表される災害に対してレジリエントな社会資本の実現に資する．

プロジェクトの構成員

- 京都大（谷昌典・西山峰広）
- 東工大（河野進・西村康志郎・小原拓・田村修次・Anil Wijeyewickrema）

プロジェクト進捗状況

- SC杭・耐震杭6体の曲げせん断実験を行い，終局時におけるせん断耐力および変形性能評価を行った．
- SC杭・耐震杭の曲げおよびせん断性能を評価するための解析モデル（ファイバーモデルおよびFEMモデル）を発展させつつある．

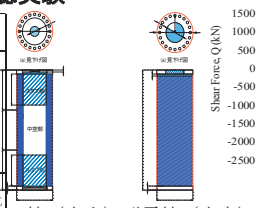
プロジェクト実施による外部資金

- 科学研究費・基盤研究(A)：大地震に対するコンクリート杭および杭頭接合部の性能評価と2次設計法の提案（2019年4月～2022年3月）

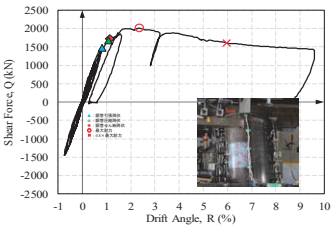
令和2年度までの研究活動及び主な成果

軸力を受けるSC杭・耐震杭のせん断挙動確認実験

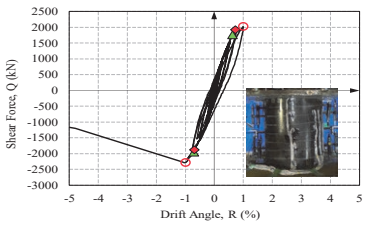
名称	直径 mm	杭厚み mm	軸力比	コメント
SC2	400	85.75 (鋼管厚6) (コンクリート厚79.5)	0.093	既製SC杭
SC1		71 (鋼管厚6) (コンクリート厚65)	-0.4	
SC3			0.5	
TS1		中実 (鋼管厚4.5)	-0.35	場所打ち鋼管コンクリート杭
TS2			0.1	
TS3			0.5	



SC杭（中空）　耐震杭（中実）

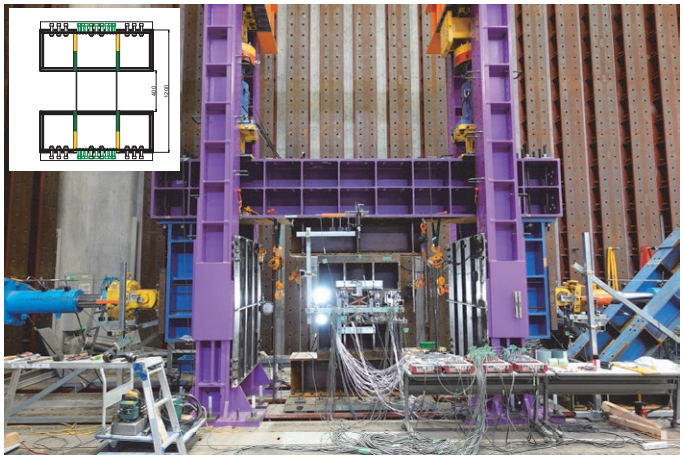


(a)SCS1（低圧縮η=0.09）



(b) SCS3（高圧縮η=0.50）

SC杭2体の荷重－変形角関係



桂インテックセンター・シミュレーションラボにおける載荷装置

SC杭の損傷状況

- 軸力比に関わらず，最大耐力以前に鋼管のせん断降伏が生じた（SCS1ではR=+1.14%，SCS3ではR=+0.710%と-0.705%）．しかし，SCS1では鋼管のせん断降伏より鋼管の引張降伏（R=+0.811%）および圧縮降伏（R=+1.08%）が先行した．
- SCS3では正側で鋼管圧縮降伏が鋼管せん断降伏より先行したものの，負側では鋼管せん断降伏が先行した．SCS1では，最大耐力経験後，せん断力は緩やかに減少し，安全限界時変形角はR=5.96%であった．一方，試験体SCS3では負側R=-1.00%時に最大耐力を迎えた後，急激な耐力劣化を示した

実験研究の結論

軸力比を変数とした6体のSC杭・耐震杭のせん断終局耐力および構造性能について検討した．以下に結論を示す．

- 圧縮軸力比が0.50の高軸力試験体では，せん断変形が曲げ変形を大きく上回り，鋼管のせん断降伏が生じたため，せん断破壊したと考えられる．
- 耐震杭のせん断終局耐力式を用いることで，せん断破壊した試験体のせん断終局耐力を安全側に評価できた．今後は，せん断抵抗機構に基づいたせん断式の提案が望まれる．

研究成果

査読論文3件
- Thusoo S., Obara T., Kono S., Miyahara K.: Design models for steel encased high-strength precast concrete piles under axial-flexural loads, Engineering Structures, Elsevier, 2020.
- Thusoo S., Kono S., Hamada J., Asai Y.: Performance of Precast Hollow Steel-Encased High-Strength Concrete Piles, Engineering Structures, Elsevier, Vol. 204, #109995. 2020. https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109995
- 成瀬俊佑, 小原拓, 河野進, 宮原清: マルチスプリングモデルを用いたPRC杭の曲げ解析, コンクリート工学年次論文報告集, JCI, 41, 2, pp. 493-498, 2020.

世界地震工学会議に，下記を含め6件
- Obara T., Egawa M., Thusoo S., Kono S., et al.: Experimental study on shear behavior of hollow precast steel-encased high-strength spun concrete piles, The 17th WCEE, 2020, Sendai, Japan, PaperID 2i-0077, 2020.
- Naruse S., Obara T., Kono S., et al.: Experimental study on moment resisting mechanism at pile-pile cap interface, #1 Experimental investigation, The 17th WCEE, 2020, Sendai, Japan, PaperID 2i-0080, 2020.
- Kono S., et al: Japanese recent experimental studies on ultimate behavior of concrete piles and pile caps, The 17th WCEE, 2020, Sendai, Japan, PaperID 2i-0084, 2020.

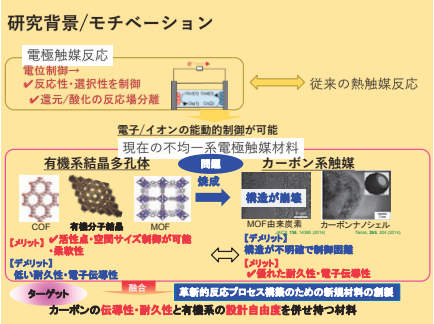
日本建築学会梗概集に，下記を含め7件
- Thusoo S., Kono S., Obara T., Mukai D.: Verification of strength of steel-encased high-strength concrete piles under combined axial and flexure forces using different design codes, Summaries of technical papers of annual meeting, AIJ, Struc.IV, pp. 487-488, 2020.
- 小原拓, Subedi N., 阿部紗也加, Thusoo S., 河野進, 平尾一樹, 今井康幸, Mukai D.: 軸力を受ける鋼管コンクリート杭のせん断終局耐力に関する実験的研究(その1～3), 日本建築学会大会学術講演梗概集構造系, 構造IV, pp. 577-582, 2020.

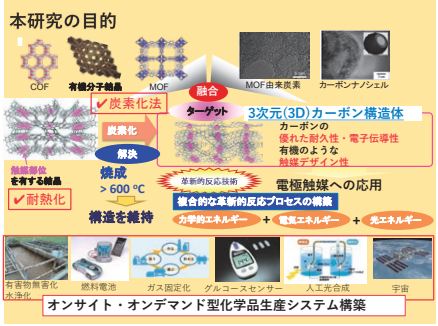
3次元カーボン構造体の構築

プロジェクト代表　坂本 良太（物質エネルギー化学専攻 准教授）

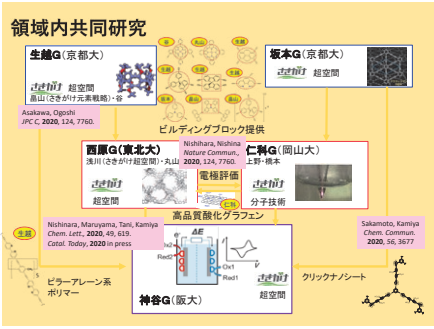
E-mail r.s@scl.kyoto-u.ac.jp　TEL 075-383-7044　FAX 075-383-2479
HP http://www.ehcc.kyoto-u.ac.jp/eh41/home/abe/sakamoto_profile/

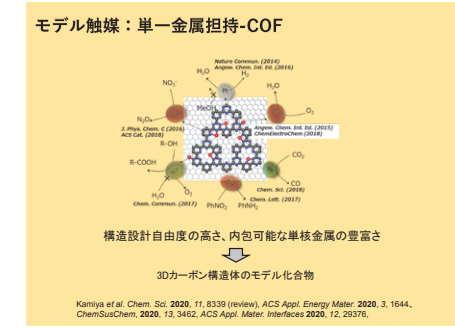
本研究プロジェクトの目的と主要構成員

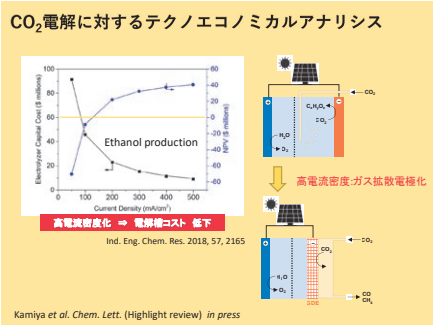


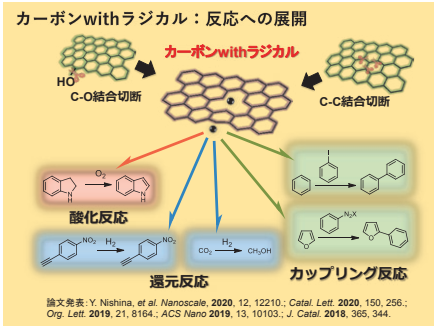


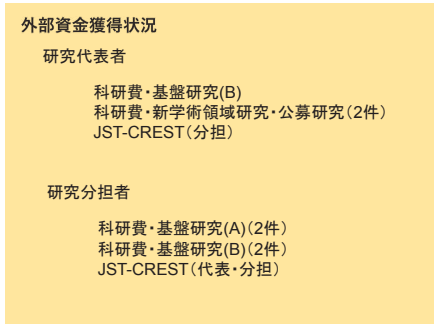
令和2年度までの研究活動及び主な成果











持続可能な高分子材料科学の確立

プロジェクト代表　沼田 圭司（材料化学専攻 教授）

E-mail numata.keiji.3n@kyoto-u.ac.jp　TEL 075-383-2400　FAX 075-383-2401
HP http://pixy.polym.kyoto-u.ac.jp/index.html

本研究プロジェクトの目的と主要構成員

プロジェクト概要

本研究では、アミノ酸から成るポリアミノ酸やポリペプチドの構造と機能の相関を明らかにすることで新たな学問分野を創出し、タンパク質材料や植物素材を環境低負荷型・資源循環型の新規材料として確立することを目指します。具体的には、下記4つの研究を推進します。

1 人エクモ糸のようなポリアミノ酸を、構造材料として自動車部材などへ実用化する研究
2 植物オルガネラを改変することで、植物を利用した新規高分子素材を創出する研究。そして要素技術を利用した医療用ナノマシンの創出
3 天然ゴムの代替材料となる新規高分子および架橋分子の開発
4 空気と海水から高分子素材を合成する光合成代謝システムの構築
5 上記4つの研究から創出した新規高分子材料の環境分解性を評価する研究

これらの研究を通じて、階層構造を有するバイオ高分子材料の基盤科学を構築するとともに、企業との共同研究を通じて次世代型の構造材料としての地位を確立することを目指します。

プロジェクトの主要構成員

プロジェクト代表：沼田　圭司（教授）

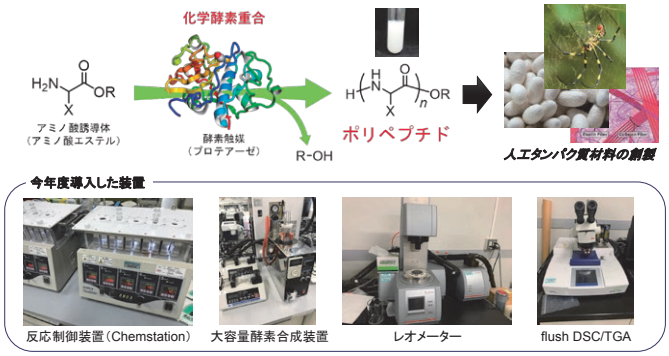
大前　仁	講師	宇治　広隆	助教
土屋　康佑	特定准教授	及川　和聡	特定講師
藤田　聖矢	特定助教	Choon Pin Foong	特定助教
寺田　佳世	特定研究員	渡邊　拓巳	特定研究員

プロジェクトの実施に伴う外部資金の獲得状況

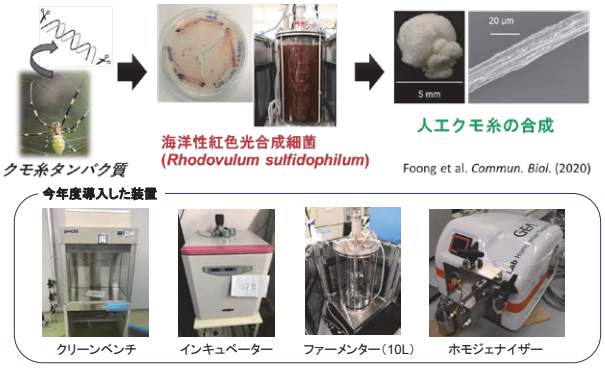
- 沼田オルガネラ反応クラスター （JST ERATO）
- 高分子材料と高分子鎖の精密分解科学 （学術変革B）
- 革新的力学機能材料の創出に向けたナノスケール動的挙動と力学特性機構の解明 （JST CREST）
- Theranostic医薬品に用いる第3世代ナノキャリアの規格決定とGLPでの製造 （AMED　次世代がん医療創生研究事業）
- zwitterion構造を持つポリペプチドによるセルロースの可塑化と複合体形成 （科研費基盤C）
- 植物ミトコンドリア移行性を示す膜透過性ペプチドの創製（科研費基盤C）
- 分子ダイポールを利用した電子移動経路設計の光電変換ナノデバイスへの展開 （科研費若手）
- 構造が規定された新規ポリマーベシクルの創製 （科研費若手）
- 企業との共同研究 （BASF、Spiber）

令和2年度までの研究活動及び主な成果

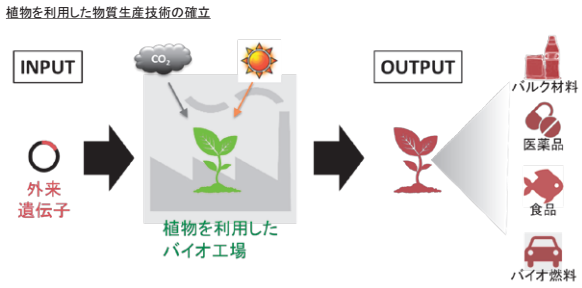
1. 酵素を利用した機能性ポリペプチド合成法の確立

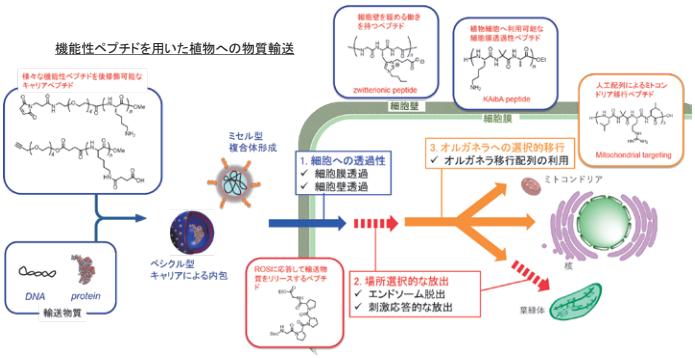


2. 光合成細菌によるタンパク質材料の創出



3. ペプチド集合体を用いた植物オルガネラ改変技術の開発





技術相談室及び桂ものづくり工房

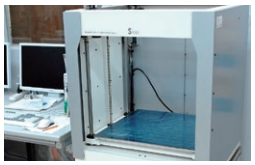
工学研究科技術部長　鈴木 基史

工学研究科技術部 http://www.tech.t.kyoto-u.ac.jp/

技術相談室と桂ものづくり工房はたがいに隣接しており、工学研究科技術部の４つのサービス（技術相談・桂ものづくり工房・大判プリンター・物品貸出）を提供する活動拠点です。
技術相談では、おもに技術部ホームページから申し込まれた内容に対して、地球建築系・機械工作系・物理系・化学電気系・共通支援の５つのグループの技術職員が、それぞれの専門知識・技術に基づいて対応しています。
桂ものづくり工房では、研究過程における試作品や比較的簡単な実験部品等を自ら製作・加工することができますので、効率的に研究を進めるために役立ててもらうことができます。また、ものづくりの大切さを実感してもらえる場にもなれば良いと考えています。工学研究科の学生および教職員（研究員等含む）が利用することができます。加工に際しての安全指導・助言などは技術職員が行っています。

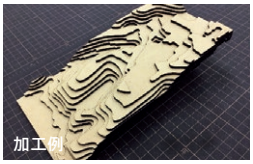
新規導入機械（2018年10月より運用開始）

エス.ラボ社製
3Dプリンター S3DP555
最大造形サイズ:W500×D500×H500 mm**
熱溶解積層方式（FDM）　材料:PLA（全6色）

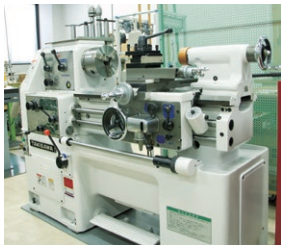


製作例

オーレーザー社製
レーザー加工機 HAJIME CL1
加工サイズ:W500×D300 mm**
樹脂/木材/ゴム等の切断、ガラス/金属等への彫刻


加工例

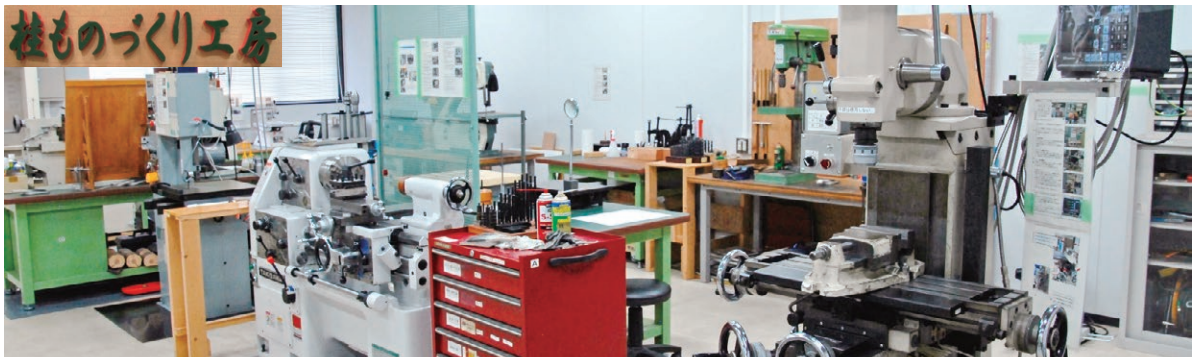
工作機械一例


旋盤:棒形状物の加工

フライス盤:平面･溝等の加工

ボール盤:穴あけ

ファインカット:難削硬脆材料の切断

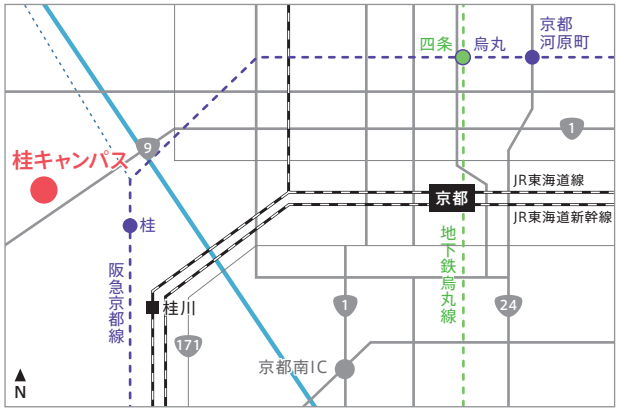


MEMO

「Int'tech」はIntとTechの造語

専攻の枠組みを超えて	Interdepartment
それぞれの英知を結集融合	Intelligence
学際的な応用研究課題に取り組み	Interdisciplinary
世界を先導する	International
新しい技術を創出する	Technology

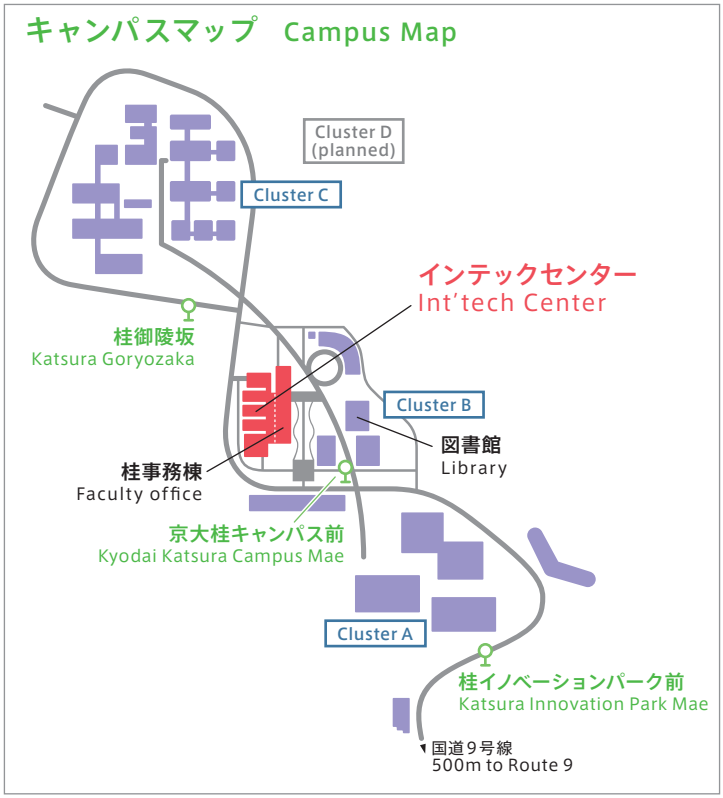
交通アクセス Access



阪急桂駅から
桂駅西口から市バス(西6系統) または京阪京都交通バス(20･20B系統)「桂坂中央」行きで「京大桂キャンパス前」下車

JR桂川駅から
ヤサカバス(6･6S系統)「京大桂キャンパス経由、桂坂中央」行きで「京大桂キャンパス前」下車

京都駅(JR･近鉄)から
京阪京都交通バス(21、21A系統)「五条通、桂坂中央」行きで「京大桂キャンパス前」下車



お問い合わせ

京都大学工学研究科 附属桂インテックセンター

〒615-8530 京都市西京区京都大学桂
京都大学工学研究科学術協力課
TEL:075-383-2056
FAX:075-383-2061
E-mail:090aintec@mail2.adm.kyoto-u.ac.jp
http://www.kic.t.kyoto-u.ac.jp/ja

2021.00(000)