

# 研究設備センター年報

Annual Report 2020

電気通信大学 研究設備センター

Coordinated Center for UEC Research Facilities

基盤研究設備部門

Division of key research facilities

低温部門

Cryogenics Center

先端研究設備部門

Division of advanced research facilities

2020 年 発行

令和元年度報告



## 巻 頭 言

研究設備センター  
センター長 鈴木 勝

研究設備センターは、教育研究活動を支援することを目的として、平成21年4月1日に学内共同教育研究施設として発足しました。本センターは「基盤研究設備部門」、「先端研究設備部門」、「低温部門」の3部門で構成されておりましたが、令和元年度には新たに「動物実験支援部門」が加わり、4部門体制となりました。各部門は密接に連携して共同利用の大型設備・基盤的設備の管理と運営を行っています。

基盤研究設備部門では、表面・界面構造解析、化学構造解析、磁性・熱・光関連の物理量測定のための基盤的な分析・計測機器を備えております。今年度も前年度に引き続き(1)現有設備・機器の利用を促進するための設備メンテナンス、(2)設備・機器の利用における技術的支援の充実、(3)「設備予約システム」の安定稼働を重点課題として運営してきました。

先端研究設備部門では、電子・光デバイス、ナノテクノロジーやロボットおよびバイオセンサー等の研究開発のための設備・機器を備えております。先端研究設備部門の建物東8号館(旧SVBL研究棟)は、これらに関する研究開発が行えるよう、クリーンルームをはじめとする最先端の、材料・デバイス作製、加工、評価装置を有しております。

低温部門は、ヘリウム液化装置と液体窒素供給設備を有しており、学内外のユーザに対して寒剤供給サービスを行っています。液体ヘリウム供給に関連して、学内各棟にヘリウム回収管を配置する工事も低温部門の主導により行われてきました。学内の高圧ガス利用者を対象とした高圧ガス保安講習会も低温部門が実施しております。

また昨年度から新たに加わった動物実験支援部門は、本学における実験動物の購入と実験動物の管理を一元的に行うために発足しました。今年度5月には新しい動物飼養保管施設が完成し、本学でも最新設備を備えた実験動物の飼育・保管環境を利活用できるようになりました。

本学では今年度のコロナ禍の下で、4月から6月の間は教職員・学生の登学が制限され、センター設備を使用した教育・研究はほとんど行われておりませんでした。しかし7月に文科省事業「先端研究設備整備補助事業」に採択された結果、核磁気共鳴装置、超伝導量子干渉型磁束計、高磁場多目的物性測定システム、単結晶・粉末X線回折装置、ラマン分光計の計6台が、11月末に遠隔操作・自動測定可能となりました。12月以降はセンター設備の利用件数・利用時間ともに今年度の前半期と比較して倍以上の増加いたしました。また12月末に国の補正予算が措置された結果、質量分析計、X線回折装置、トンネル顕微鏡、レーザー顕微鏡を更新することが可能となりました。

本センターの研究成果は「研究設備センター年報」として広く公開をしています。今回、第11巻を発行しました。お目を通していただければ幸いです。本センターの活動内容はWebページ(<http://www.cia.uec.ac.jp/>)にも掲載されていますので年報と合わせてご覧ください。研究設備センターの教育研究活動支援により、本学が社会に対してこれまで以上に重要な役割を果たすことを期待して巻頭言とします。



## 目 次

卷頭言 .....	1
目次 .....	3
設置設備一覽 .....	5
研究活動成果要旨集 .....	9
低温部門活動狀況 .....	31
研究業績一覽 .....	35
外部資金獲得狀況 .....	41
委員 .....	47



## 設置設備一覧

### 基盤設備研究部門

#### 表面・界面構造解析室

X 線光電子分析装置	(日本電子(株)、JPS-9200)
イオンマイクロアナライザ	(ATOMIKA 社、SIMS4000)
熱電子放出型走査電子顕微鏡	(日立(株)、S-3500H)
結晶方位分散分析走査電子顕微鏡	(日立(株)、S-4300/EBSD)
温度可変超高真空原子間力顕微鏡	(Omicron、VT・AFM)
200 k V 熱電子放出型透過型電子顕微鏡	(日本電子(株)、JEM-2010)
200 k V 電界放出型透過型電子顕微鏡	(日本電子(株)、JEM-2100F)
電子線元素状態分析装置	(日本電子(株)、JXA-8530F)

#### 化学構造解析室

超伝導フーリエ変換 NMR (500MHz)	(日本電子(株)、ECA-500)
超伝導フーリエ変換 NMR (300MHz)	(Varian 社、Unity 300)
ESI - TOF 型質量分析装置	(日本電子(株)、JMS-T100 AccuTOF)
LCQ イオントラップ型質量分析計	(Thermo Scientific 社、LCQ Fleet)
二重収束質量分析計(EI,FAB,GC/MS)	(日本電子(株)、JMS-600)
円二色性分散計	(日本分光(株)、J-720W)
CCD 型単結晶 X 線回折装置	((株)リガク、Saturn70 CCD)
DSC 粉末 X 線同時測定装置	((株)リガク、Ultima III)
熱分析装置	((株)リガク、DSC8230・TG8120)
有機元素分析装置	(PerkinElmer、Series II CHNS/O 2400)
共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡	(Carl Zeiss、LSM710)
高速液体クロマトグラフィーシステム	(バイオ・ラッド(株)、NGC Quest 10 plus)

#### 分析・計測機器室

最先端三次元形状測定・評価システム	(ZWEISS、PRISMO Navigator 5 S-ACC mass)
超伝導量子干渉型磁束計	(Quantum Design 社、MPMS-XL7) (Quantum Design 社、MPMS-5)
電子スピン共鳴装置	(Bruker 社、ELEXSYS)
高磁場多目的物性測定システム	(Quantum Design 社、PPMS)
低温粉末 X 線回折装置	(マクサインス(現 BrukerAXS)、M18XHF22)
高速応答 FT-IR	(Thermo Scientific 社、Nicolet 6700)
顕微レーザーラマン分光計	(日本分光(株)、NRS-3100)
温度可変ホール測定装置	(ケースレー)
マクロフォトルミネセンス装置	(堀場製作所、PHOTOLUMINOR)
フラッシュ法熱物性測定装置	(Bruker AXS、NETZSCH LFA447 NanoFlash)
電磁環境測定装置 (電波暗室)	(TDK-EPC(株),(株)デバイス,Agilent Tech.(株))
無響室	
絶対 PL 量子収率測定装置	(浜松フォトニクス、Quantaaurus-QY)
最先端材料特性評価システム	

## 先端研究設備部門

### クリーンルーム

#### **Class100** イエロールーム（リソグラフィー室）

電流・電圧特性評価システム（評価設備）

ノマルスキー型微分干渉顕微鏡（評価設備）

デジタル顕微鏡（評価設備）

透過型赤外金属顕微鏡（評価設備）

電子線リソグラフィー装置（リソグラフィー設備）

高精細マスクアライナー（リソグラフィー設備）

オーブン（リソグラフィー設備）

スピナー（リソグラフィー設備）

ウエットステーション（エッチング設備）

#### **Class10000** ルーム（デバイスプロセス室）

マイクロ天秤（評価設備）

反応性イオンエッチング装置（F用）（エッチング設備）

反応性イオンエッチング（Cl用）（エッチング設備）

ウエットステーション（エッチング設備）

オゾンアッシャー（エッチング設備）

電子ビーム蒸着（旧）（成膜設備）

電子ビーム蒸着（新）（成膜設備）

酸化・拡散炉（成膜設備）

高周波スパッター（成膜設備）

ワイヤーボンダー（その他プロセス設備）

イオン注入装置（その他プロセス設備）

レーザー顕微鏡（評価設備）

### その他設備

GaN系 MOCVD（有機金属気相成長）装置（成膜設備）

簡易蒸着装置（成膜設備）

### 材料・デバイス分析・評価室

DEKTAK（表面粗さ計）

FE-SEM

走査型プローブ顕微鏡

X線回折装置



## マイクロマシン・ロボットシミュレーション 3D 位置計測研究設備

### 電磁シールド室

マイクロ光造形機  
マルチアングル実体顕微鏡  
超深度レーザ顕微鏡  
超微細放電加工機  
蛍光位相差顕微鏡

### 無響音室

#### 実験準備室

高速度ビデオスコープ

## 生体情報センサー融合実験設備（生物有機化学研究室）

冷却遠心機  
低温室  
超純水製造装置  
恒温恒湿培養器  
振盪培養器  
高圧蒸気滅菌機  
インキュベーター  
無菌ベンチ  
HPLC（高速液体クロマトグラフィー）  
微弱発光スペクトロメーター  
ルミノメーター（発光測定装置）  
発光プレートリーダー

## 低温部門

### 低温室

ヘリウム液化システム	(小池酸素工業 (株))	
ヘリウム液化機	(Linde Kryotechnik AG、L140)	液化速度 108 L/時
ヘリウム液化用圧縮機	(ケーザー、DS241)	0.93 MPa 840 Nm <sup>3</sup> /時
液体ヘリウム貯槽	(クライオフアブ、CMSH2000)	容量 2,000L
ヘリウムガス回収・貯蔵設備		貯蔵能力 2,700 Nm <sup>3</sup>
ヘリウム回収圧縮機 A	(ブルックハルト、C5U2.12)	14.7 MPa 90 Nm <sup>3</sup> /時
ヘリウム回収圧縮機 B	(ブルックハルト、C5N214.4GEX)	14.7 MPa 100 Nm <sup>3</sup> /時
ヘリウムガス長尺貯槽		36 本
液体窒素貯槽	(岩谷瓦斯、CEA-10K)	東地区容量 9,700 L 西地区容量 4,900 L



## 研究活動成果要旨集

多形磁性体 $(Al_xFe_{1-x})_2GeO_5$ の磁性 ..... (ヘリウム液化システム液体ヘリウム) 香取浩子・太田寛人・原口祐哉・大木祐明・柿本和勇	11
MBE 法による $Ba_{1-x}K_xFe_2As_2$ エピタキシャル薄膜の作製 ..... (ヘリウム液化システム液体ヘリウム) 秦 東益・山本明保・内藤方夫	11
半導体微細構造を用いた新規蛍光材料の作製と評価 ..... (DSC 粉末 X 線同時測定装置、X 線光電子分光装置、絶対 PL 量子収率測定装置、電子線元素状態分析装置) 奥野剛史・柿野良太郎・久島大輝・黒川郁弥・中村裕貴・渡部勇太・志村佳熙・田村祐樹・富田一光	12
半導体フォトニック結晶に関する研究 ..... (結晶方位分散分析走査電子顕微鏡、マクロフォトルミネッセンス装置、FE-SEM、電子線リソグラフィ装置、反応性イオンエッチング(CI 用および F 用)、GaN-MOCVD、XRD-X 線回折、走査型プローブ顕微鏡、電子ビーム蒸着、高周波スパッター、光学顕微鏡、ウェットステーション) 田尻武義・内田和男	12
CsPbBr <sub>3</sub> ナノ結晶の構造解析 ..... (DSC 粉末 X 線同時測定装置、200kV 電界放出型透過型電子顕微鏡、200kV 熱電子放出型透過型電子顕微鏡) 市川諒英・中村 淳	13
興味ある電子物性材料の開発 ..... (CCD 型単結晶 X 線回折装置、DSC 粉末 X 線同時測定装置、ESI-TOF 型質量分析装置、高磁場多目的物性測定システム、高速応答 FT-IR、超伝導フーリエ変換 NMR(500MHz)超伝導量子干渉型磁束計、電子スピン共鳴装置、熱分析装置、有機元素分析装置、ガラス細工、ヘリウム液化システム液体ヘリウム、液体窒素) 石田尚行	14
BiS <sub>2</sub> 系層状化合物における圧力誘起半導体-金属転移 ..... (超伝導量子干渉型磁束計、高磁場多目的物性測定システム、ヘリウム液化システム液体ヘリウム、液体窒素) 松林和幸・有馬 寛人・内藤康氏・矢藤優佑	14
導電性ポリマー薄膜電極の耐水性評価 ..... (X 線電子分光装置) 齊藤達貴・岡田佳子	15
金ナノキラル構造を用いた反射防止フィルタ ..... (円二色性分散計) 古澤 岳・菅 哲朗	16
Au 回折格子による MEMS 分光センサの研究 ..... 大下雅昭・菅 哲朗	17
ナノピペット先端を利用したナノ SQUID 素子の開発 ..... (電子線元素状態分析装置、DSC 粉末 X 線同時測定装置、DEKTAK(表面粗さ計)、高磁場多目的物性測定システム、ヘリウム液化システム液体ヘリウム、液体窒素) 今井哉汰・溝広拓洋・永田広泰・金沢成晃・小久保伸人	18
フラレンマイクロ構造体の形成技術に関する研究開発 ..... (顕微レーザーラマン分光計) 塚本貴広	19
超伝導デジタル論理セルを小型化する構成方法の考案と試作回路の動作検証 ..... (ヘリウム液化システム液体ヘリウム、液体窒素) 水柿義直・島田 宏・守屋雅隆・山崎洸生・曾明裕太・瀬賀直功	19
炭素被覆コバルトナノ粒子配列を用いた強磁性単一電子トランジスタの作製 ..... (電子ビーム描画装置・FE-SEM) 水柿義直・島田 宏・守屋雅隆・谷貝知起・関根一真・浦江哲也	20

光の振幅と位相を任意に操作する光学技術の原理実証および 100 THz を超える高繰返しモノサイクル光列の発生 .....	21
(ヘリウム液化システム液体ヘリウム、液体窒素)	
大饗千彰・Jian Zheng・鈴木 勝・美濃島薫・桂川眞幸	
磁性粒子を用いた高速・高感度・定量計測可能な医療診断プロトコルの構築 .....	22
(EBL 電子線リソグラフィ、MA マスクアライナー、RIE 反応性イオンエッチング、EBEvap 電子ビーム蒸着)	
Sandhu Adarsh・Sharma Jaiyam・小野泰輔・小野寺貴紀・加藤実久・中村風樹・Ly Seam・佐竹直仁	
透過型電子顕微鏡による液中試料観察に関する研究 .....	23
(EBL 電子線リソグラフィ、MA マスクアライナー、RIE 反応性イオンエッチング、EBEvap 電子ビーム蒸着)	
Sandhu Adarsh・Sharma Jaiyam・小野泰輔・小野寺貴紀・加藤実久・中村風樹・Ly Seam・佐竹直仁	
励起子分子から生成した光子対の 2 光子量子フーリエ変換分光 .....	23
(ヘリウム液化システム液体ヘリウム)	
関 浩弥・清水亮介	
1 次元ナノ細孔中 <sup>4</sup> He の液相の状態と超流動応答 .....	24
(ヘリウム液化システム液体ヘリウム、液体窒素)	
谷口淳子・鈴木真澄・名古屋亮人・鈴木 勝	
歪みによって蛍光色が変わる生体親和性ヒドロゲル .....	25
(ESI-TOF 型質量分析計、LCQ イオントラップ型質量分析計、超伝導フーリエ変換 NMR(500MHz))	
瀧 真清	
生物・化学発光の分子基盤確立と材料開発展開 (ソフトクリスタル化学発光系の分子基盤の確立) .....	26
(CCD 型単結晶 X 線回折装置、DSC 粉末 X 線同時測定装置、ESI-TOF 型質量分析装置、LCQ イオントラップ型質量分析計、ガラス細工加工設備、円二色性分散計、高速応答 FT-IR、絶対 PL 量子収率測定装置、超伝導フーリエ変換 NMR(500MHz)、二重収束質量分析計(ELFAB,GC/MS)、有機元素分析装置、低温粉末 X 線回折装置、熱分析装置)	
26 松橋千尋・上野拓哉・植草秀裕・佐藤文菜・一柳光平・牧昌次郎・平野 誉	
世界最長波長のホタル生物発光型人工発光基質“GeKiaka”の創製 .....	27
神谷弦汰・北田昇雄・平野 誉・牧昌次郎	
哺乳類受精卵の細胞内 Ca <sup>2+</sup> 振動の発生機構に関する研究 .....	28
(共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡、ヘリウム液化システム液体窒素・窒素ガス)	
菊池貴志・横山卓未・白川英樹	
環状ペプチドの二次構造解析を含む学生実験課題の実施 .....	28
(円二色性分散計)	
菅 虎雄	
神経情報伝達のメカニズム .....	29
(共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡)	
石田健司・仲村厚志	
DNA の液滴形成の観察 .....	29
(共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡)	
江角茉結・櫻井俊亮・田仲真紀子	
骨格筋細胞における過酸化水素 <i>in vivo</i> バイオイメージング .....	30
(凍結マイクロトーム、ヘリウム液化システム液体ヘリウム、液体窒素)	
狩野 豊・平山清也	

## 多形磁性体 $(Al_xFe_{1-x})_2GeO_5$ の磁性

(ヘリウム液化システム液体ヘリウム)

香取浩子・太田寛人・原口祐哉・大木祐明・柿本和勇

東京農工大学工学部物理システム工学科

$Al_2SiO_5$  は Kyanite (三斜晶、空間群:  $P\bar{1}$ ), Andalusite (斜方晶、空間群:  $Pnmm$ ), Sillimanite (斜方晶、空間群:  $Pnma$ ) の構造をとる多形である。Al の一部を Fe に置換し、Si を Ge に置換した  $(Al_xFe_{2-x})GeO_5$  は  $Al_2SiO_5$  と同様に多形と考えられ、 $x$  の増加とともに Andalusite 構造から Kyanite 構造に変化することが報告されているが、各構造の磁性は明らかになっていない。そこで我々は  $(Al_xFe_{2-x})GeO_5$  の各構造での磁性を明らかにするために、多結晶試料を合成して交流磁化率の測定を行った。その結果、Andalusite 構造の試料の磁性は  $x$  の増加とともにフェリ磁性的な振舞からスピングラス的な振舞へと変化した。また、スピングラス的な振舞を示す試料ではスピングラスの特徴である周波数依存性も観測された。Andalusite 構造の試料については、磁気構造を決定するために中性子散乱実験を行っており、現在、磁気構造を解析中である。他方、Kyanite 構造の試料においては、低温に向かって磁化の単調増加が観測された。今後、比熱等の他の物性測定を行って磁性を明らかにする予定である。

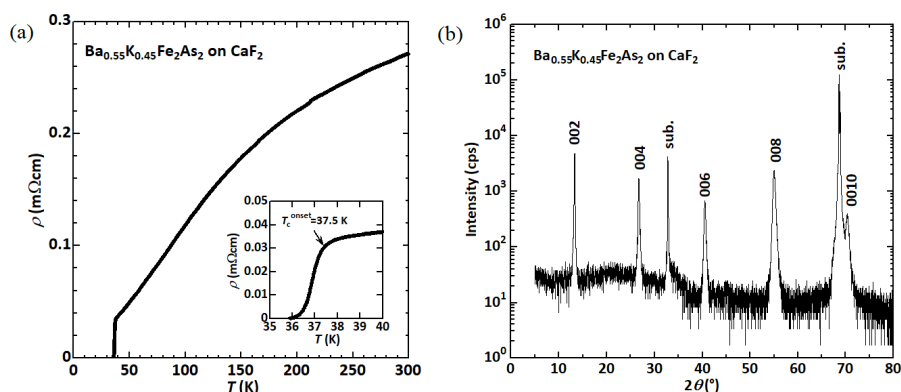
## MBE法による $Ba_{1-x}K_xFe_2As_2$ エピタキシャル薄膜の作製

(ヘリウム液化システム液体ヘリウム)

秦 東益・山本明保・内藤方夫

東京農工大学工学部物理システム工学科

鉄系超伝導体は銅酸化物系に次ぐ高い臨界温度  $T_c$  と上部臨界磁場を有することから応用に向けた研究が進められている。鉄系超伝導体には  $REFeAsO$  系や  $BaFe_2As_2$  ( $Ba122$ ) 系があり、本研究で扱う K ドープ  $Ba122$  は  $Ba122$  系で最高の  $T_c=38$  K が報告されている。K-doped  $BaFe_2As_2$  薄膜は  $Ba122$  系中でも合成が比較的難しいため、エピタキシャル薄膜の成長の報告例はない。今回、MBE 法により  $CaF_2(001)$  基板上に  $Ba_{1-x}K_xFe_2As_2$  エピタキシャル薄膜を作製し、その超伝導特性を評価した。



成膜した薄膜の抵抗率測定より、 $T_c^{\text{onset}}=37.5$  K,  $T_c^{\text{end}}=35.9$  K であり、残留抵抗比は  $\rho(300\text{K})/\rho(T_c)\approx 8$  であった。XRD より成膜した膜に不純物はほとんどなく、 $c$  軸配向していた。また、面内 X 線測定から 4 回対称性がみられたことからエピタキシャル薄膜であることが確認された。

## 半導体微細構造を用いた新規蛍光材料の作製と評価

(DSC 粉末 X 線同時測定装置、X 線光電子分光装置、絶対 PL 量子収率測定装置、電子線元素状態分析装置)

奥野剛史・柿野良太郎・久島大輝・黒川郁弥・中村裕貴・渡部勇太・志村佳熙・田村祐樹・富田一光  
電気通信大学 基盤理工学専攻

白色発光ダイオードを用いた電球は広く普及してきているが、さらなる省エネルギー社会の実現のために光材料の革新の継続は必須である。広い用途での実用には至っていない近紫外励起白色発光ダイオードで用いるための赤色蛍光体として、 $\text{BaMoO}_4:\text{Eu}^{3+}$  を室温での粉碎法や低温  $80^\circ\text{C}$  での水補助固相反応法で作製できることを実証した。通常の高温  $600^\circ\text{C}$  での作製法と比較し、Judd-Ofelt パラメータを実験結果から導く等、発光強度とユーロピウム周囲の対称性との関係について議論した。硫化物赤色材料  $\text{SrY}_2\text{S}_4:\text{Eu}^{3+}$  は通常酸化物や酸窒化物と異なり、比較的低温で作製できる。Sr のかわりに Ba を導入していくことにより、590 から 620 nm の範囲で波長を制御できることがわかった。ベガード則にそった粉末 X 線回折の結果から理解できる。いっぽう Sr のかわりに Ca を導入した場合には、空間群が変化してかつ発光が弱くなった。ヨウ化物の低い融点による気相を援用した固相反応をこころみることにより、1.5 倍の発光強度が得られた。緑色の蓄光材料として知られているアルミン酸塩  $\text{SrAl}_2\text{O}_4$  や  $\text{CaAl}_2\text{O}_4$  に  $\text{Ce}^{3+}$  や  $\text{Eu}^{2+}$  をくわえた試料において、Al を Ga に置換することによる発光効率の増大をこころみた。いずれも振動子強度の大きな 5d-4f 遷移をもつイオンを発光中心とする。発光中心の準位と蓄光をもたらす欠陥準位とのエネルギー位置の関係によって効率の変化を議論した。

## 半導体フォトニック結晶に関する研究

(結晶方位分散分析走査電子顕微鏡、マクロフォトリミネッセンス装置、FE-SEM、電子線リソグラフィ装置、反応性イオンエッチング(CI 用および F 用)、GaN-MOCVD、XRD-X 線回折、走査型プローブ顕微鏡、電子ビーム蒸着、高周波スパッター、光学顕微鏡、ウェットステーション)

田尻武義・内田和男

電気通信大学 情報理工学研究科 情報ネットワーク工学専攻

周期的な屈折率分布を有する人工構造「フォトニック結晶」は、構造内部で光の伝搬が禁止される「光バンドギャップ」を利用することで微小レーザやスローライト導波路、大出力レーザなどが実現されている。しかしながら、これまで研究されてきたフォトニック結晶構造は、作製が容易な二次元周期構造が中心である他、光のバンドギャップは近赤外領域に限られている。本研究では、三次元的周期性を有する「三次元フォトニック結晶」や、ワイドバンドギャップ半導体である窒化ガリウム (GaN) を用いたフォトニック結晶など、新たな構造・材料に基づくフォトニック結晶の作製と評価を行っている。こうした新たなフォトニック結晶は、全ての光状態を禁止する「完全光バンドギャップ」や、可視光領域における光バンドギャップを利用した光制御の実現が期待される。

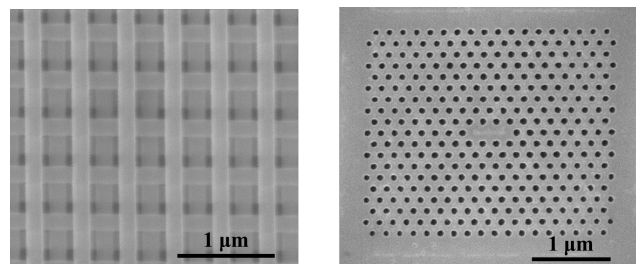


図 作製したフォトニック結晶の SEM 像  
(左) ヒ化ガリウム三次元フォトニック結晶  
(右) GaN 二次元フォトニック結晶

## CsPbBr<sub>3</sub>ナノ結晶の構造解析

(DSC 粉末 X 線同時測定装置、200kV 電界放出型透過型電子顕微鏡、200kV 熱電子放出型透過型電子顕微鏡)

市川諒英<sup>1,2</sup>・中村 淳<sup>2</sup>

日亜化学工業株式会社 総合部門 研究開発本部 研究開発第一部 第三グループ<sup>1</sup>、  
電気通信大学 大学院情報理工学研究科 基盤理工学専攻<sup>2</sup>

近年、CsPbBr<sub>3</sub>ナノ結晶が狭半値幅の緑色発光を呈することが報告されたが<sup>[1]</sup>、その結晶構造は明らかでない。バルクの CsPbBr<sub>3</sub>は、ペロブスカイト構造の多形を有する。T $\geq$ 130°Cでは立方晶、130°C>T $\geq$ 88°Cでは正方晶、88°C>Tでは直方晶構造をとり、温度変化に伴い変位型相転移を起こす。第一原理計算の結果、バルクでは立方晶構造が緑色発光を呈することが分かった。そこで多数のナノ結晶の中に立方晶構造の結晶が存在するか、X 線回折装置と透過型電子顕微鏡で分析した。ナノ結晶の X 線回折ピークがブロードであることと、各結晶構造の回折角が近いことから、立方晶構造の存在を調べるためにはピーク分離が必要である。200 反射 (立方晶) のみ、200 反射 (立方晶) + 004, 220 反射 (直方晶) で実測のピーク形状を再現した (図 1)。また、透過型電子顕微鏡の 2 次元格子像に関して、実像とマルチスライスシミュレーション像 (立方晶モデル) を比較したところ、2つの像は近いことが分かった (図 2)。これらは立方晶構造のナノ結晶の存在を示唆すると考えているが、今後より詳細な分析が必要である。

[1] L. Protesescu *et al.*, *Nano Lett.* **15**, 3692 (2015).

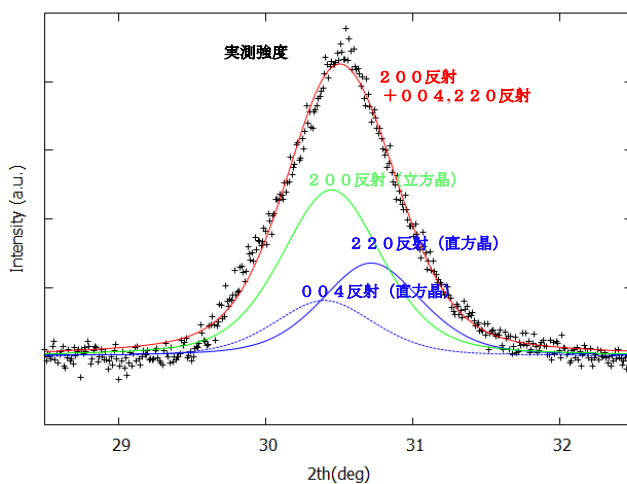


図 1 粉末 X 線回折の結果

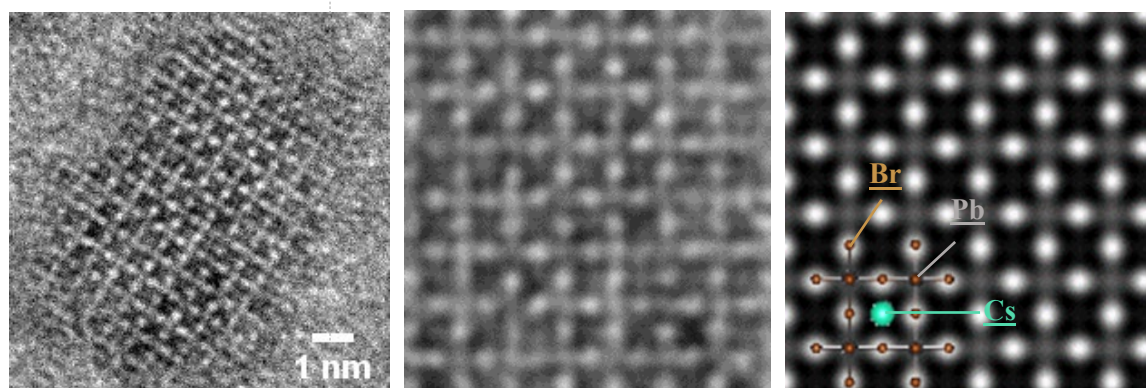


図 2 透過型電子顕微鏡像 (左: 実像、中央: 実像の拡大図、  
右: マルチスライスシミュレーション像 (立方晶モデル))

## 興味ある電子物性材料の開発

(CCD型単結晶 X 線回折装置、DSC 粉末 X 線同時測定装置、ESI-TOF 型質量分析装置、高磁場多目的物性測定システム、高速応答 FT-IR、超伝導フーリエ変換 NMR(500MHz)超伝導量子干渉型磁束計、電子スピン共鳴装置、熱分析装置、有機元素分析装置、ガラス細工、ヘリウム液化システム液体ヘリウム、液体窒素)

石田尚行

電気通信大学 基盤理工学専攻

本研究課題では、分子性磁性体を基調にして、複合磁性材料やナノ磁石の合成開発を推進した。以下の成果を挙げた：(1) 外部刺激によって基底スピン多重度を変える材料すなわちスピנקロスオーバー錯体を開発し、オーダー・ディスオーダー転移を伴うスピン転移物質を見出した。(2) スピנקロスオーバーは通常単イオン内で起こる現象とされるが、我々のグループは三中心スピン系でそれを実現し、極めて斬新なスピנקロスオーバーのシナリオを確立した。(3) 2p-4f ヘテロスピン化合物から単分子磁石を見出した。この研究はインドカルカタ大との共同研究として実施された。(4) 有機ビラジカル化合物で基底三重項状態を有する室温空気下で安定なスピロ分子を合成開発した。この論文は *Organic Letters* 誌の内表紙を飾った。この研究は東京理科大との共同研究として実施された。(5) 固相もしくは溶液相において、常磁性・反磁性のスイッチを見せる物質群を探索した。

標記の機器のうち、合成物の同定に NMR, MS, IR, 有機元素分析装置等が有効に使われた。ESR は有機ラジカルの同定およびその機能評価に用いられた。超伝導量子干渉磁束計 (SQUID) と高磁場多目的物性測定システム (PPMS) により磁性に関する広範なデータを得ることができた。なお、液体ヘリウムと液体窒素をほぼ通年にわたり低温室から供給を受けた。

## BiS<sub>2</sub>系層状化合物における圧力誘起半導体-金属転移

(超伝導量子干渉型磁束計、高磁場多目的物性測定システム、ヘリウム液化システム液体ヘリウム、液体窒素)

松林和幸・有馬 寛人・内藤康氏・矢藤優佑

電気通信大学 基盤理工学専攻

BiS<sub>2</sub>系層状化合物 LaOBiPbS<sub>3</sub> および La<sub>2</sub>O<sub>2</sub>Bi<sub>3</sub>AgS<sub>6</sub> におけるこれまでの圧力効果の研究からは、数万気圧程度の圧力印加により圧力誘起超伝導が発現することが見出されている。本研究では、より高い圧力領域までの電気伝導特性を調べることで、超伝導発現の舞台となる電子状態についてのさらなる理解を目指した研究を行った。その結果、低圧領域での半導体的振る舞いは加圧によって抑制され、超伝導転移温度が最大値をとる圧力領域では金属的に変化することがわかった。さらに興味深いことに、より高い圧力域では再び半導体的な挙動をとることが電気抵抗およびホール効果測定から明らかとなった。今後は高圧下比熱測定により、圧力印加によって誘起されるフェルミ準位近傍の電子状態および超伝導状態の変化について、さらなる詳細な研究を行う予定である。



## 導電性ポリマー薄膜電極の耐水性評価

(X線電子分光装置)

齊藤達貴・岡田佳子

電気通信大学 基盤理工学専攻

有機材料である導電性ポリマーポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン):ポリ(スチレンスルホン酸)(PEDOT:PSS)は一般的な透明電極材料である酸化インジウムスズ(ITO)の代替として注目されている。本研究の目的は、PEDOT:PSSと光受容タンパク質バクテリオロドプシン(bR)を用いた有機光検出器の作製である。bRは純水に懸濁されており、PEDOT:PSS電極上にディップコート法を用いて成膜する。そのため、PEDOT:PSS電極の耐水性評価は重要である。PEDOT:PSS電極を純水にディップし、XPSで膜表面の元素分析をした。

インクジェット法で作製したPEDOT:PSS薄膜電極を純水にディップしたところ、膜の剥離は見られなかった。

図1のXPSスペクトルより、絶縁性であるPSS中の硫黄原子の $S_{2p}$ 軌道に対応する結合エネルギー(167.7 eV付近)が減少した。純水にディップしたことで導電性であるPEDOTより絶縁性であるPSSが多く除去された。

PEDOT:PSS電極の耐水性が示され、今後はPEDOT:PSSとbRを用いた光検出器を評価する。

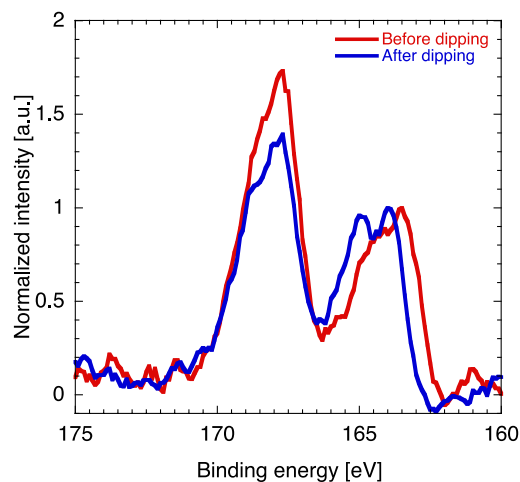


図1 PEDOT:PSS電極を純水にディップしたときのXPSスペクトル。

# 金ナノキラル構造を用いた反射防止フィルタ

(円二色性分散計)

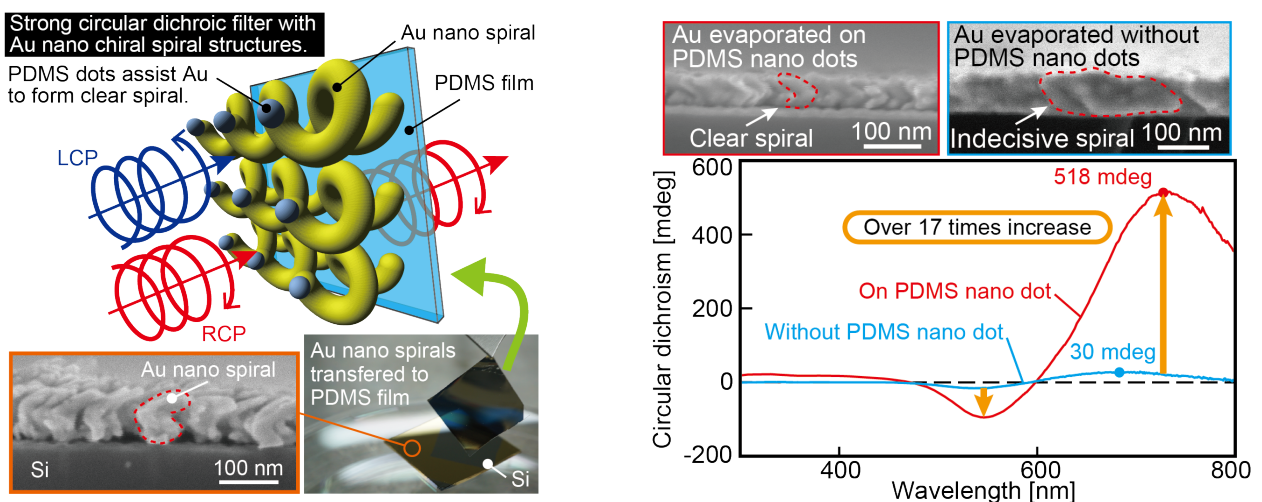
古澤 岳・菅 哲朗

電気通信大学大学院機械知能システム学専攻

近年、左円偏光と右円偏光に対して異なる誘電率を示すキラルメタ材料は、生体分子分析や新しい偏光素子への応用が期待できるため活発に研究されている。特に、ナノサイズの立体らせん状キラル構造は、可視光で非常に強いキラリティを持ち、これまでにない可視光で単層の円二色性フィルタの実現が期待できる。可視光の円二色性フィルタの先行研究において、透過型では、製作された金属ナノキラル構造を液体にリリースした後にセルに入れて円偏光の透過率の偏りを評価した例や、反射で円二色性を実現した例はあるが、単層フィルタ状の透過型円二色性フィルタの実施例は無い。そこで本研究では、可視光で動作する透過型の円二色性フィルタの実現を目標に、可視光で強い円二色性を持つ金属ナノキラル構造の製作に取り組んだ。

立体らせん状金ナノキラル構造の製作は真空蒸着を用いて行った。立体らせん状のナノキラル構造は新たな光学フィルタへの応用が期待されており、先行研究では、誘電体で立体らせん状のナノキラル構造の製作には斜方蒸着法が用いられてきた。そこで、より光との相互作用が強い金属を蒸着源に金属を用いてナノキラル構造の製作が取り組まれてきたが、金属蒸気は基板に接触後の再配置が発生することから膜を形成しやすいため、長い間立体らせん状の金属ナノキラル構造は実現されてこなかった。近年、立体らせん状の金属ナノキラル構造を製作するために、基板を極低温に冷却して斜方蒸着を行う方法が考案された。基板を極低温に冷却することで金属蒸気を瞬間的に凝固させ、膜を形成するのを防ぐことで金属立体ナノ構造の製作を実現した。

日本分光の円二色性分散計 (J-720W) で製作した金ナノキラル構造の透過特性を評価した。このとき、製作した金ナノキラル構造を PDMS 薄膜に転写して透過特性を計測した。透過特性を確認したところ、可視光で自然材料より強い円二色性を示していることが確認できた。



図：デバイスの概要と円二色性の計測値

## Au 回折格子による MEMS 分光センサの研究

(クリーンルーム・アライナ・蒸着装置・F系 RIE 等)

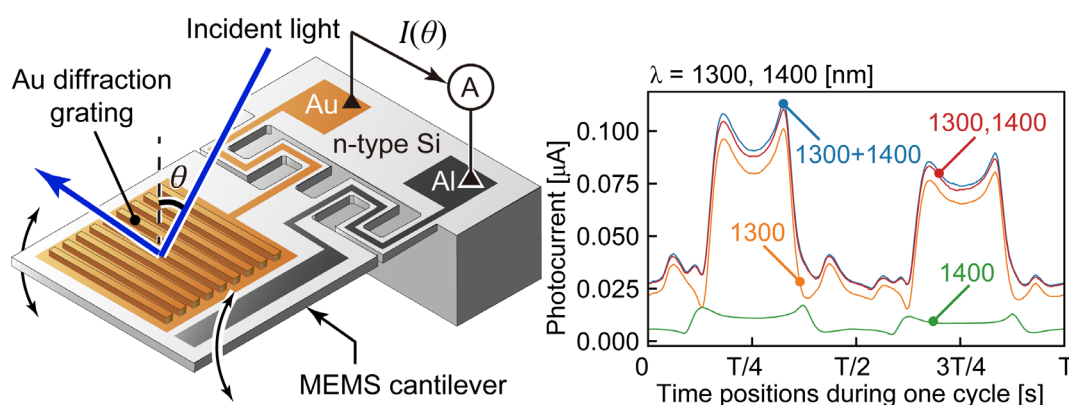
大下雅昭・菅 哲朗

電気通信大学大学院機械知能システム学専攻

プラズミック構造を半導体基板上に構成することで、特定の波長や偏光を選択的に検出できる光検出器を構成できる。プラズモニック構造の立体的な配置を MEMS で動的に変更できれば、単一の素子で検出波長をチューニングできるので、小型高機能なデバイス実現につながる。しかし、プラズモニック構造の配置を MEMS で変調可能とする報告はこれまでになかった。大型回転ステージ上においてプラズモニック光検出器で分光器を構成する研究についてはすでに当グループで研究報告を行っており、センサデバイスの MEMS 化が実現できれば分光機能のオンチップ化がはかれる。そこで、角度変化可能な MEMS カンチレバー上にプラズモニック光検出器を構成して構造を動的変更可能とし、さらにこの機能利用による分光を実証した。

光検出器は角度走査可能な n 型 Si カンチレバー上に金回折格子を形成した構造である (左図)。この金回折格子構造は金界面における表面プラズモン共鳴 (SPR) と金と n 型 Si 界面における Schottky 障壁により、特定の入射角において対応する波長の光を検出するプラズモニック光検出器になっている。先行研究の手法を用いてこの光検出器で分光が可能になる条件として、単色光 ( $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ) をそれぞれ入力して得られる出力電流の和とそれらを同時に入射し得られる電流が等しいという条件がある。本研究ではこの条件がこの光検出器上で成り立つことを確かめるために光検出器に単色光 ( $\lambda_1 = 1300$  [nm],  $\lambda_2 = 1400$  [nm]) を入射した場合とそれらを同時に入射した場合の出力電流を計測した。

右図に各出力電流が示されている。グラフ上の赤色の波形が単色光を同時に入射したときに計測された電流で、青色の波形が単色光波形の総和である。赤色の波形と青色の波形がそれぞれ一致していることからこの光検出器で分光をするために必要な条件が満たされていることがわかる。本研究では、これらのデバイスを試作するために、先端設備部門のクリーンルーム、アライナ、蒸着装置、そして、F系 RIE などを利用した。



図：デバイスの概要図と異なる波長入射に対する電流分散図

## ナノピペット先端を利用したナノSQUID素子の開発

(電子線元素状態分析装置、DSC 粉末 X 線同時測定装置、DEKTAK(表面粗さ計)、高磁場多目的物性測定システム、ヘリウム液化システム液体ヘリウム、液体窒素)

今井哉汰<sup>1</sup>・溝広拓洋<sup>1</sup>・永田広泰<sup>2</sup>・金沢成晃<sup>1</sup>・小久保伸人<sup>1,2</sup>

電気通信大学大学院基盤理工学専攻<sup>1</sup>、先進理工学科<sup>2</sup>

雑音レベルが不確定性原理で定まる超伝導量子干渉計 (SQUID) を微小化することにより、磁気モーメントの最小単位量であるボーア磁子  $\mu_B$  (電子スピン) の磁気感度でナノスケールの磁気イメージングを可能にする磁気顕微鏡技術の開発が進んでいる。[1] 我々は、その顕微鏡開発に向けた第一歩として、針状のガラス管(ピペット)先端を利用したナノ SQUID 素子の開発を行った。[2] 図 1 は作製したナノピペット型 Nb 薄膜素子の電子顕微鏡写真である。先端径  $\sim 200$  nm のリング先端の一部が微小な(Dayem)ブリッジを形成し、これがジョセフソン接合として振る舞う。素子の接触抵抗を考慮すれば、臨界電流など接合を特徴づける性質が図 2 に示す電流電圧特性にあらわれていることがわかる。低温では、臨界電流が増大し、素子先端部の構造を反映した熱浴の乏しさから、電流掃引に伴うヒステリシスが顕著となる。磁束量と電圧量を高感度に変換するトランスデューサーとして利用するため、このヒステリシスを抑えた素子の開発を今後進めていく。 [3]

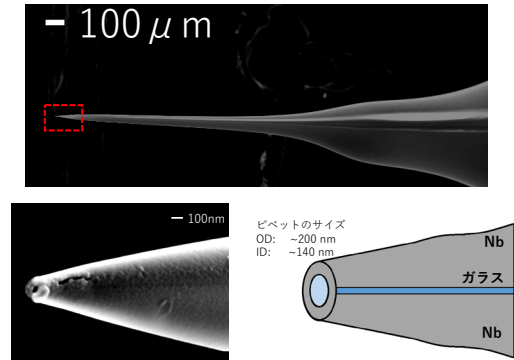


図 1: ナノピペットの先端形状を利用した Nb 薄膜ナノ構造素子の電子顕微鏡写真.

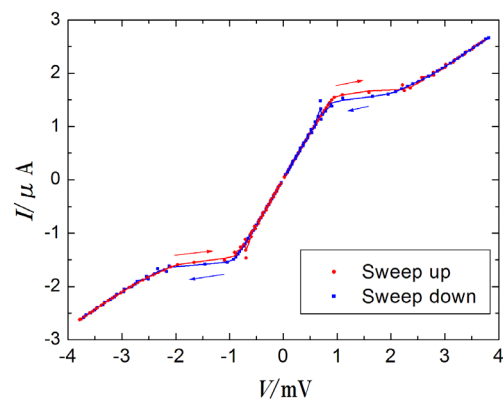


図 2: 3.1K で得られた電流電圧特性.

- [1] C.Granata, et.al, Phys. Rep. 614, 1 (2016).
- [2] L. Embon, et.al, Sci. Rep. 5, 7598 (2015).
- [3] A. Blois, et.al, J. Appl. Phys. 114, 233907 (2015).

## フラーレンマイクロ構造体の形成技術に関する研究開発

(顕微レーザーラマン分光計)

塚本貴広

電気通信大学大学院情報理工学研究科基盤理工学専攻

フラーレンは、有機エレクトロニクスにおける N 型半導体として重要な材料であり、フラーレンの結晶体であるフラーレン構造体は、立体構造を有しているため表面積が大きく、電極などの触媒担持材料やフィルタ材料としての応用が期待されている。フラーレン構造体は、フラーレンの溶解度の異なる溶媒の液液界面を反応場とした液液界面析出法により形成可能であるが、形成に時間を要するなど課題があり、産業応用に耐えうる形成手法の開発が必要であった。

本研究では、昇華法に基づく気相成長によるフラーレン構造体の形成技術の開発に取り組んだ。本技術では、加熱により昇華させたフラーレンを気体原料として供給し、加熱部よりも低温な領域において凝華反応を起こすことによりフラーレン構造体を形成する。これまでに、気相成長を用いることで図 1 に示すマイクロ構造体が形成することがわかっている。本実験では、ラマン分光法により本構造体の評価を行った。ラマン分光法の結果から、フラーレンと同様のラマンスペクトルが得られることがわかり、図 1 の構造体はフラーレンの結晶体であることがわかった。気相成長によりフラーレン構造体が形成可能であることがわかった。

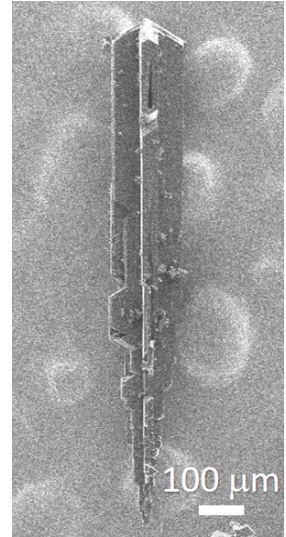


図 1. フラーレンマイクロ構造体の走査型電子顕微鏡像。

## 超伝導デジタル論理セルを小型化する構成方法の考案と試作回路の動作検証

(ヘリウム液化システム液体ヘリウム、液体窒素)

水柿義直<sup>1</sup>・島田 宏<sup>1</sup>・守屋雅隆<sup>1</sup>・山崎洸生<sup>1</sup>・曾明裕太<sup>1</sup>・瀬賀直功<sup>2</sup>

電気通信大学 大学院・基盤理工学専攻<sup>1</sup>、III 類<sup>2</sup>

単一磁束量子 (Single Flux Quantum: SFQ) を情報担体とする超伝導デジタル回路は、高速性と低消費電力性を兼ね備えており、種々の信号処理応用が期待されている。我々は、SFQ デジタルセルライブラリを利用して、ライブラリに用意されている各種デジタル論理セルを組み合わせることで様々なデジタル回路を実現してきた。

デジタル回路の性能を向上させる方法についてセルレベルで考えた場合、より少ない素子で小型なセルを実現することが重要になる。その観点から、今年度はセルライブラリに含まれる NOT ゲートに関して、その少素子化と小面積化を図った。具体的には、ジョセフソン接合数を 11 から 7 に減らし、回路面積を  $80\mu\text{m} \times 80\mu\text{m}$  から  $40\mu\text{m} \times 80\mu\text{m}$  に縮小した。切り替え型ストレージループ構造の採用が少素子化と小面積化のキーポイントである。設計したセルについては、産業技術総合研究所 CRAVITY の Nb 集積プロセスで試作し、液体ヘリウム浴中で測定し、正常動作を確認した。さらに、この NOT ゲートを利用した否定論理ゲートとして、NOR ゲート、NAND ゲート、XNOR ゲートをそれぞれ  $80\mu\text{m} \times 80\mu\text{m}$  のサイズで設計、Nb 集積プロセスで試作し、いずれのゲートについても液体ヘリウム浴での実験で正常動作を確認した。

# 炭素被覆コバルトナノ粒子配列を用いた強磁性単一電子トランジスタの作製

(電子ビーム描画装置・FE-SEM)

水柿義直<sup>1</sup>・島田 宏<sup>1</sup>・守屋雅隆<sup>1</sup>・谷貝知起<sup>1</sup>・関根一真<sup>1</sup>・浦江哲也<sup>2</sup>

電気通信大学 大学院・基盤理工学専攻<sup>1</sup>、III類<sup>2</sup>

トンネル接合のサイズを縮小すると、その静電容量が減少することから、そこに電子1個が帯電したときのエネルギー（単一電子の帯電エネルギー）が大きくなる。この単一電子帯電エネルギーが温度エネルギーを上回る状況では、トンネル接合での電子のトンネリングが抑制される「クーロン閉塞」が現れる。これまで、クーロン閉塞を利用する種々の単一電子素子が提案され、さらには動作実証も行われている。

単一電子素子では、その単一電子帯電エネルギーが大きくなるほど動作可能温度が上昇する。金ナノ粒子は、単一電子帯電エネルギーを大きくするための材料として広く用いられており、我々もコロイド散布法や誘電泳動法を利用した単一電子素子作製法の開発を行ってきた。

本研究では、ナノ粒子の材料を、金から強磁性体に変更した。強磁性体を利用することで、ナノ粒子間の磁化の並行配置や反並行配置による特性制御が可能になる。これにより、ゲート電荷のみならず、ゲート磁場にも応答する強磁性単一電子トランジスタとして機能することが期待される。

まず、強磁性ナノ粒子の選定を行った。まずはニッケルナノ粒子を用いたが、電極ギャップ間に隙間なく堆積した状況でも電極間の導通が得られなかったこと。その後の調査の結果、炭素被覆コバルトナノ粒子を用いることで、ナノ粒子が接触した状態での電氣的導通が確認されたことから、本研究では炭素被覆コバルトナノ粒子を用いることにした。

続いて、誘電泳動法を利用して炭素被覆コバルトナノ粒子を電極ギャップ間に配置した。誘電泳動の各種条件（電極ギャップ間に印加する交流電圧の周波数、電圧振幅、および印加時間）を変えることで、種々の形状のナノ粒子配列を得ることができた。

作製した炭素被覆コバルトナノ粒子配列の一例（SEM 図）を図 1(a)に示す。ナノ粒子の直径は 50 nm であり、誘電泳動に用いた交流電圧は周波数 100 kHz、振幅 8.0 Vpp、印加時間は 120 秒とした。このナノ粒子配列の液体ヘリウム浴における電流－電圧特性を図 1(b)に示す。ゼロ電圧付近に電流が抑制された領域、すなわちクーロン閉塞が見られる。この配列では、ゲート電圧で電流が周期的に変調されるクーロン振動も確認された。測定系の都合により、現時点では磁場応答を確認できていないが、今後、磁場応答の検証に取り組みたい。

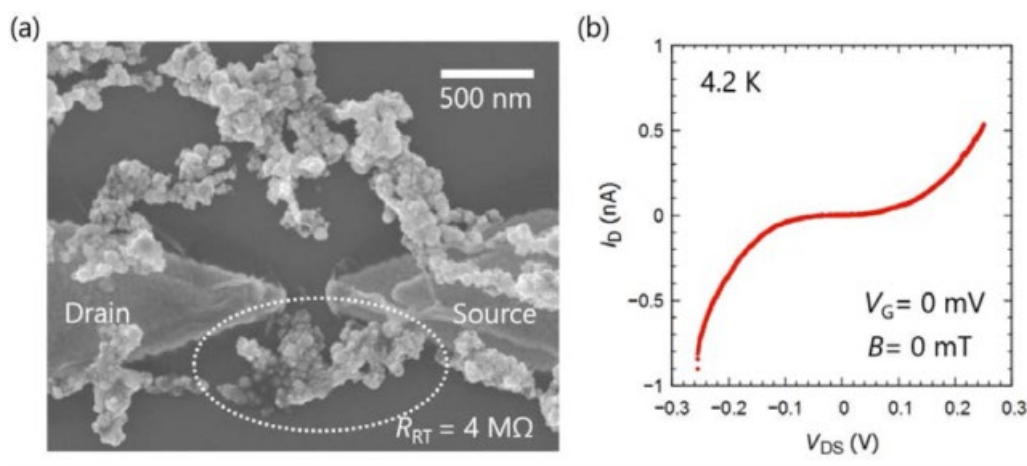


図 1: (a) 誘電泳動法で金電極間ギャップに形成された炭素被覆コバルトナノ粒子配列の SEM 像。 (b) 液体ヘリウム浴での電流－電圧特性。ゼロ電圧付近に電流が抑制された領域（クーロン閉塞）が見られる。

# 光の振幅と位相を任意に操作する光学技術の原理実証および100 THzを超える高繰返しモノサイクル光列の発生

(ヘリウム液化システム液体ヘリウム、液体窒素)

大饗千彰<sup>1,2</sup>・Jian Zheng<sup>3</sup>・鈴木 勝<sup>1,3</sup>・美濃島薫<sup>1,2,3</sup>・桂川眞幸<sup>1,2,3</sup>

量子科学研究センター<sup>1</sup>、 JST, ERATO Minoshima IOS<sup>2</sup>、基盤理工学専攻<sup>3</sup>

光軸上に透明な分散媒質を配置し、その厚みを高精度 (~1 $\mu\text{m}$ ) かつ比較的広範囲 (~mm) に渡って操作すると、帯域が1 THzを超えるようなスペクトルから成る広帯域光であっても、その振幅と位相をほぼ任意に操作することができる。ただし、光スペクトルが離散的であることが条件となる。この光学技術は光スペクトルを空間的に分離する必要が無いので、高い安定性と良好な空間プロファイルが維持された光の操作・発生をおこなうことができる。図1は繰り返しが100 THzを超えるモノサイクル光列の発生をターゲットとしておこなったこの光操作技術の原理検証実験の結果である [1]。

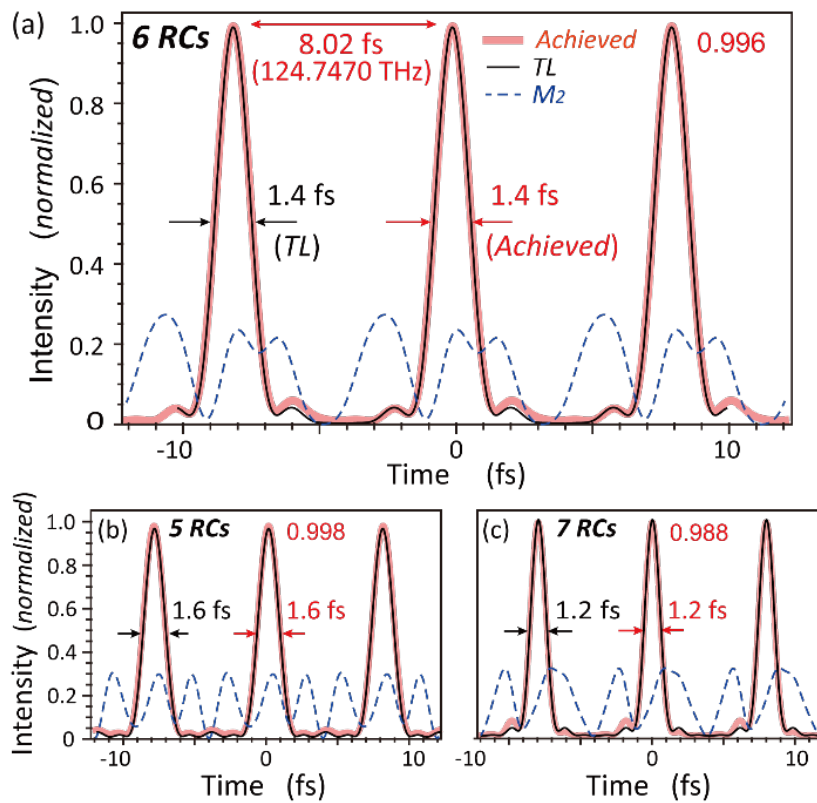


図 2. 光の振幅と位相を任意に操作する光学技術を用いて生成した 125 THz 繰返しのモノサイクル光パルス列。評価された最小光パルス幅は 1.2 fs (半値全幅) であった。

[1] C. Zhang, K. Yoshii, D. Tregubov, C. Ohae, J. Zheng, M. Suzuki, K. Minoshima, and M. Katsuragawa, Optical technology for arbitrarily manipulating amplitudes and phases of coaxially propagating highly discrete spectra, Physical Review A, 100, 05836 (2019).

# 磁性粒子を用いた高速・高感度・定量計測可能な医療診断プロトコルの構築

(EBL 電子線リソグラフィー、MA マスクアライナー、RIE 反応性イオンエッチング、EBEvap 電子ビーム蒸着)

Sandhu Adarsh・Sharma Jaiyam・小野泰輔・小野寺貴紀・加藤実久・中村風樹・Ly Seam・佐竹直仁  
電気通信大学大学院 情報理工学研究科 基盤理工学専攻

高速、高感度そして定量検出可能な医療診断技術として、蛍光磁性粒子(図1)の利用に着目した。磁性粒子は外部磁場による操作が可能であるため、磁気を用いて捕集することで、検出の反応時間を大幅に向上させることが可能である、加えて、ナノサイズの粒子を用いることで比表面積が増加し反応効率を向上させることが可能である。抗体抗原の特異的な反応を利用して、サンドイッチ法によって検出対象のバイオ物質(抗原)を基板上で検出する(図2)。

作製したバイオセンシングチップ上に①標的物質(アミノ基)が修飾された磁性粒子とその②標的物質と結合する物質(カルボキシル基)が修飾された磁性粒子を滴下し、チップ上の金配線に交流電流を印加することで電場を発生させる。この電場により、磁性粒子は円を描くように動く。その様子を光学顕微鏡に取り付けたスマートフォンで撮影する。撮影後、粒子の挙動をトラッキングして、②の磁性粒子の振幅を算出する。結果として、アミノ基粒子の濃度とカルボキシル基修飾磁性粒子の振幅の相関関係(図3)が確認できた。

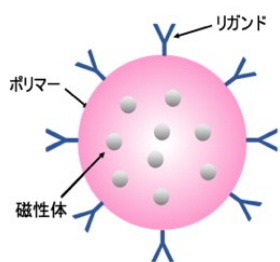


図1 磁性粒子の構造

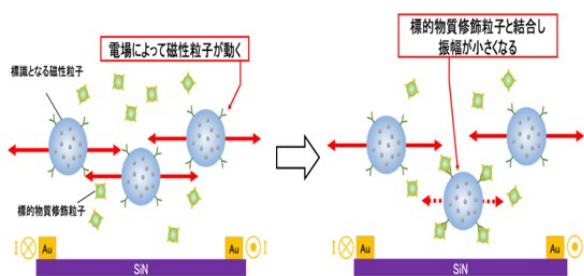


図2 バイオセンシングの原理

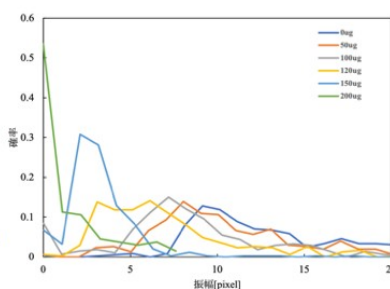


図3 トラッキングの結果



## 透過型電子顕微鏡による液中試料観察に関する研究

(EBL 電子線リソグラフィ、MA マスクアライナー、RIE 反応性イオンエッチング、EBEvap 電子ビーム蒸着)

Sandhu Adarsh・Sharma Jaiyam・小野泰輔・小野寺貴紀・加藤実久・中村風樹・Ly Seam・佐竹直仁  
電気通信大学大学院 情報理工学研究科 基盤理工学専攻

ナノスケールの観察には電子顕微鏡が有用であるが高真空下での観察という制限があり、乾燥試料の観察に限られてきた。そこで、高真空と液体試料を分離させ、電子線の透過が可能な構造を有するカプセル(図4)を作製し、透過型電子顕微鏡(TEM)を用いて液中試料のナノスケール観察を目的に研究に取り組んでいる。私達は半導体微細加工技術を用い TEM カプセルを作製した。液体注入テスト及び真空度下での耐久テストを評価実験として特殊なホルダーに本カプセルを装着し、高真空下での耐久性(図5)を確認した。40nm 金ナノ粒子の 5%溶液を調整し、チューブを通して TEM 外部よりカプセル内に導入し観察を行った。観察した後、カプセル表面は溶けた金ナノ粒子に覆われている事(図6)が確認できた。今後、電子線による試料への影響を調べ、液体中の粒子の挙動や生体と化学物質との相互作用を解析する予定である。

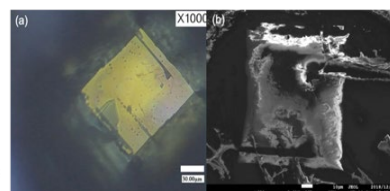
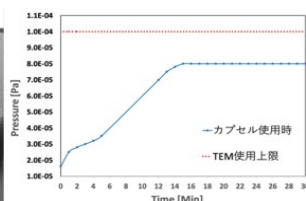
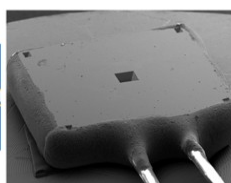
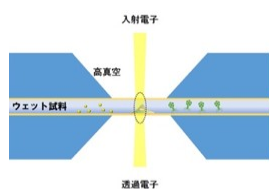


図4 TEM カプセルの概略図

図5 真空度評価実験

図6 金が付着した様子

## 励起子分子から生成れた光子対の 2 光子量子フーリエ変換分光

(ヘリウム液化システム液体ヘリウム)

関 浩弥・清水亮介

電気通信大学大学院 基盤理工学専攻

我々は、Hong-Ou-Mandel 干渉に代表される 2 光子量子干渉波形を利用した「量子フーリエ変換分光」の実現を目指して研究を進めている。この手法では、2 光子量子干渉波形のフーリエ変換から、光子対の差周波、和周波の強度スペクトルを推定できることに特徴を持つ。そこで、CuCl 単結晶中の励起子分子から生成された光子対に、量子フーリエ変換分光を適用することにより、位相緩和時間を反映した励起子分子スペクトルの直接推定が可能になる。通常の励起子分子準位への分光測定で得られるスペクトルは、励起子分子の緩和と中間状態の緩和の双方の影響が含まれており、それらを分離して捉えることが困難である。しかし、量子フーリエ変換分光では、和周波の強度スペクトルとして励起子分子に起因した緩和のみを分離して測定できることが期待できる。この目的のために、CuCl から生成された光子対を用いた和周波型 2 光子量子干渉測定を行った。過去の四光波混合の測定から励起子分子の位相緩和時間は 16 ps 程度と推定されており、干渉波形の時間幅 19 ps と同程度であった。このことから、光子対の和周波のコヒーレンス時間と励起子分子の位相緩和時間とが対応していることがわかった。

# 1次元ナノ細孔中<sup>4</sup>Heの液相の状態と超流動応答

(ヘリウム液化システム液体ヘリウム、液体窒素)

谷口淳子・鈴木真澄・名古屋亮人・鈴木 勝

電気通信大学 大学院情報理工学研究科 基盤理工学専攻

1次元ナノ細孔中<sup>4</sup>Heは、孔径 $d$ が小さくなるにつれ量子揺らぎが増すため、超流動の振る舞いが大きく変化することが期待されている。実際に我々は $d=2.8\text{ nm}$ ,  $2.5\text{ nm}$ の間で急激な超流動応答の抑制が観測している。今年度は、超流動の振る舞いと細孔中液体<sup>4</sup>Heの吸着状態との関係を調べるために、二つの孔径(2.8、2.5 nm)において、蒸気圧唐音曲線の測定を行った。

2.8 nm 細孔においては、圧力のプラトーが観測されたことから、まず円筒状の液相が形成され、その内側の空間で毛細管凝縮が起きていることが明らかになった。一方、2.5 nm 細孔ではプラトーは観測されず、圧力が加速的に増加していることから、固相の内側の空間でマイクロ孔充填が起きていると考えられる。また、細孔が液相<sup>4</sup>Heで満たされた時、2.5 nm 細孔における液相<sup>4</sup>Heの量は、2.8 nm 細孔の6割程度に減少することが明らかになった。蒸気圧および超流動測定の結果から、細孔断面内に存在できる液相<sup>4</sup>Heの個数が少ないほど、1次元性が強まり、超流動が抑制されるが示唆される。蒸気圧と1次元He密度との精密な対応を調べることにより、超流動の1次元密度依存を明らかにすることが今後の課題である。

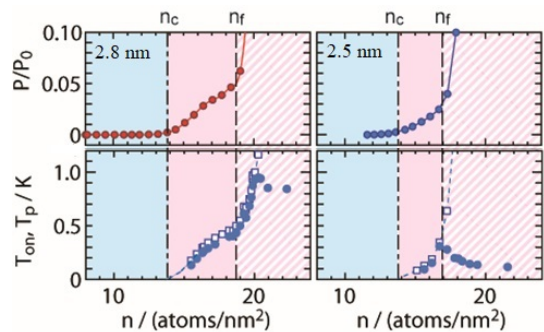


図1. 上段: 1.59 Kにおける蒸気圧等温曲線。下段: 細孔外のKT転移温度( $T_{on}$ )と細孔内超流動による散逸ピークの温度( $T_p$ )。

## 歪みによって蛍光色が変わる生体親和性ヒドロゲル

(ESI-TOF 型質量分析計、LCQ イオントラップ型質量分析計、超伝導フーリエ変換 NMR(500MHz))

瀧 真清

電気通信大学大学院 情報理工学研究科 基盤理工学専攻

### 1. はじめに

近年、変形や疲労によって生じる材料の内部歪みを光学的に検出可能なメカノクロミック材料の開発が、様々な分野で盛んに行われている。中でも、細胞歪みの三次元的な解析を課題とするメカノバイオロジー分野において、そのような材料に生体適合性を持たせることで、細胞培養の足場材料へと変換することが渴望されている。今回、ヒドロゲル共重合体と、蛍光共鳴エネルギー移動(FRET)を起こす蛍光色素ペアが修飾された蛋白質（フィブロネクチン; Fn）とを共有結合で架橋させて複合材料化することでこれを達成した (*Soft Matter*, **15**, 9388 (2019); back cover article)。このヒドロゲルを変形した際に生じる内部歪みは、蛍光画像から FRET 比を算出することで、光学的に定量解析することが可能である。

### 2. 実験・結果

#### a) 生体親和性ヒドロゲルの合成

まず、Fn の N 末端とアジド基 ( $N_3$ ) 含有有ペプチドとを酵素(FXIIIa)反応にて位置特異的に連結させることで、 $N_3$ -Fn を作製した。次に、 $N_3$ -Fn の持つチオール基およびアミノ基に対してそれぞれ、二種類の別々の蛍光基を化学修飾することで結合させ、 $N_3$ -Fn-FRET へと変換した。最後に、 $N_3$ -Fn-FRET、4 鎖 PEG-環状アルキンを持つリンカー化合物(4-arm DIB-PEG linker)、および  $N_3$  含有ポリ *N*-イソプロピルアクリルアミド( $N_3$ -PNIPAAm)を三種混合することで、 $N_3$  と DIB との歪み促進型アジド-アルキン付加環化 (SPAAC)反応によってワンポットでヒドロゲルを合成した (下図)。

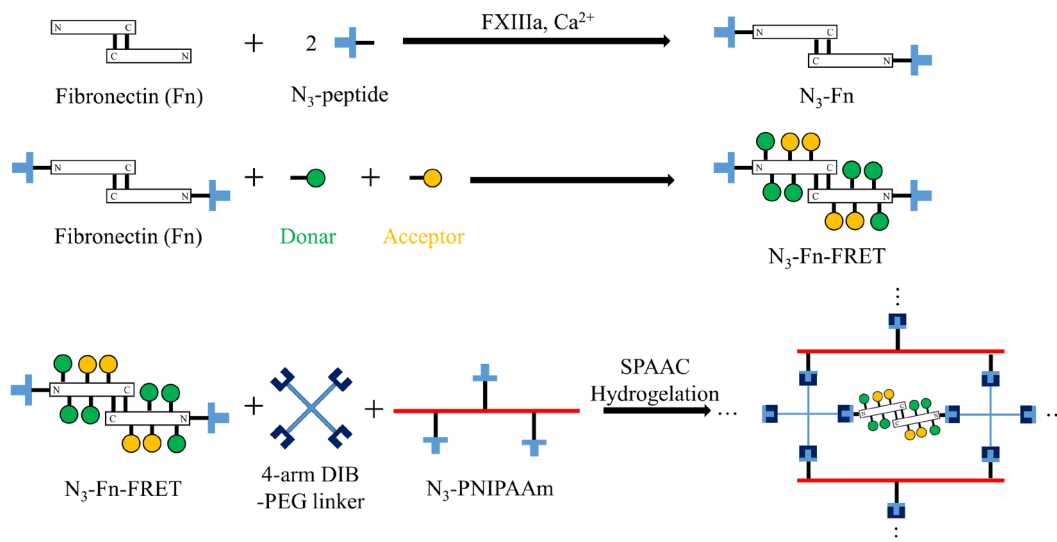


Fig. Strategy to synthesize the mechanochromic Fn-FRET hybrid hydrogel

#### b) 生体親和性ヒドロゲルにかかる歪みの蛍光イメージング

ポリジメチルシロキサン(PDMS)シート上に上記手法によってヒドロゲルを形成させた。PDMS シートを伸縮させて共焦点蛍光顕微鏡によるイメージングを行ったところ、ヒドロゲルが受ける歪みと FRET 比 (蛍光色) とが対応していることが分かった。

**謝辞:** 本研究は慶応大・山下先生および ETH Zurich Vogel 先生との共同研究であり、本学 H29 年度若手教員の海外研修制度にてご支援いただきました成果でございます; 5 か月間の本研究立ち上げ (出張) に際してご理解・ご協力いただきました学内の先生方に、この場をお借りして心より御礼申し上げます。

## 生物・化学発光の分子基盤確立と材料開発展開

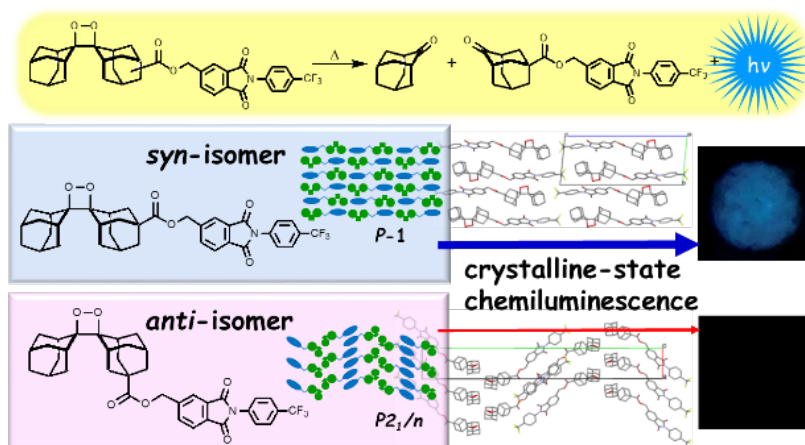
### (ソフトクリスタル化学発光系の分子基盤の確立)

(CCD型単結晶X線回折装置、DSC粉末X線同時測定装置、ESI-TOF型質量分析装置、LCQイオントラップ型質量分析計、ガラス細工加工設備、円二色性分散計、高速応答FT-IR、絶対PL量子収率測定装置、超伝導フーリエ変換NMR(500MHz)、二重収束質量分析計(ELFAB,GC/MS)、有機元素分析装置、低温粉末X線回折装置、熱分析装置)

松橋千尋<sup>1</sup>・上野拓哉<sup>2</sup>・植草秀裕<sup>2</sup>・佐藤文菜<sup>3</sup>・一柳光平<sup>3</sup>・牧昌次郎<sup>1</sup>・平野 誉<sup>1</sup>

電気通信大学 基盤理工学専攻<sup>1</sup>、東京工業大学<sup>2</sup>、自治医科大学<sup>3</sup>

我々は生物発光の分子機構解明とソフトクリスタル化学発光の学理探求に関する研究を行っている。後者では、ソフトクリスタル化学発光系の構築と反応解析を進めている。この中で、化学励起部位となるアダマンチリデンアダマンタン 1,2-ジオキセタンに、蛍光団を連結してエネルギー移動が関与するように設計した誘導体の合成に成功し、結晶状態での化学発光特性を調査した。特に、アダマンタン骨格の5位に蛍光団を1つ連結した誘導体は、2つの異性体(*syn* 体, *anti* 体)が存在する。異性体は対照的な結晶構造の違いを示し、この結晶構造の特徴が化学発光特性と反応性に反映することを見出した。この結果より、ソフトクリスタル化学発光系は、結晶内反応の可視化の良いモデルとなり、結晶内の反応動力学の学理構築への大きな貢献が期待される。



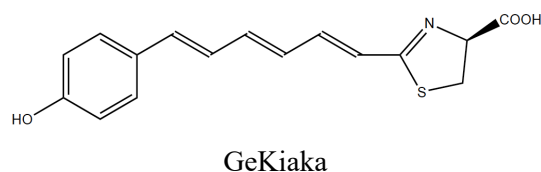
参考文献： Matsushashi, C.; Ueno, T.; Uekusa, H.; Sato-Tomita, A.; Ichiyanagi, K.; Maki, S.; Hirano, T. "Isomeric difference in the crystalline-state chemiluminescence property of an adamantylideneadamantane 1,2-dioxetane with a phthalimide chromophore," *Chem. Commun.*, **2020**, 56, 3369–3372.

# 世界最長波長のホタル生物発光型人工発光基質 “GeKiaka” の創製

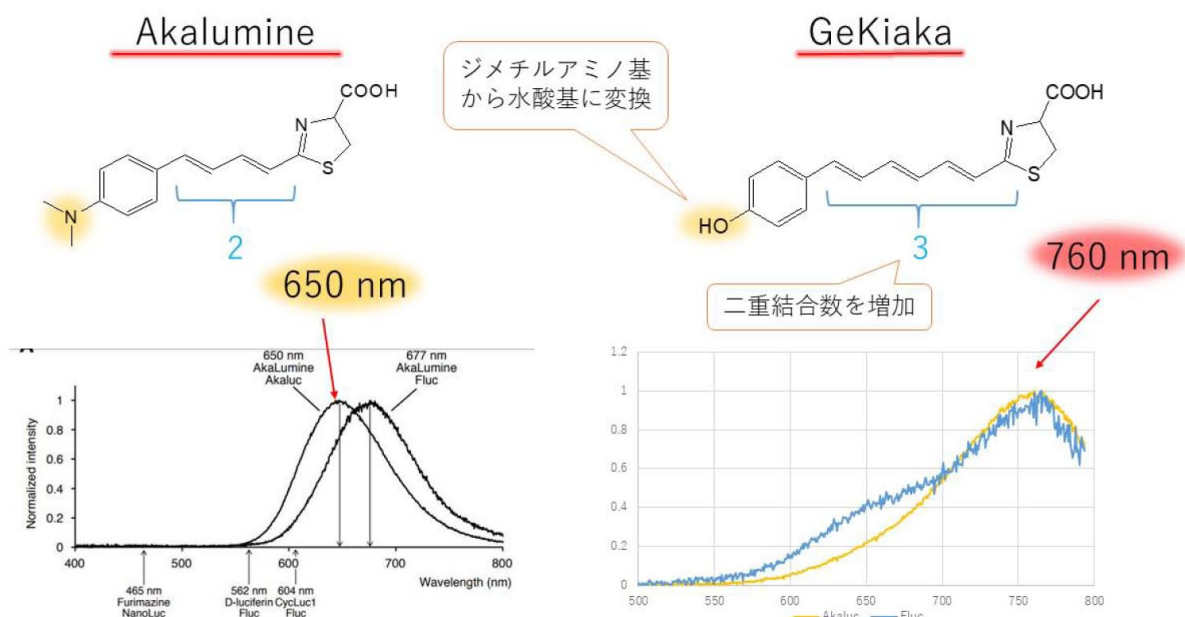
神谷弦汰・北田昇雄・平野 誉・牧昌次郎

電気通信大学・大学院情報理工学研究科 基盤理工学専攻

ホタル生物発光系を利用した、生体内イメージングが、常法となって久しい。しかし当初は、「光 in vivo 光イメージングは、精密計測ができるが、生体内深部可視化には適していない」との共通認識があった。そこで、とても多くのホタル発光酵素の変異体が作成され、発光波長伸長の検討がなされたが、630nm程度にとどまり、生体内深部可視化に適するとされる650nm以上には及ばなかった。しかし、電気通信大学から、ホタル生物発光型近赤外発光材料”AkaLumine”, “TokeOni” (675 nm)が製品化されると、生体内可視化技術は飛躍的に向上し、世界的に競争が激化した。数々の報告がなされたが、2018年に米国プロメガ社から、世界最長波長の材料として740nmの材料が人工基質、人工酵素で実現された。



しかし、2019年に電気通信大学から汎用型の天然発光酵素で760nmの長波長発光を示す“GeKiaka”が創製<sup>1</sup>され、世界最長波長を奪還<sup>2</sup>した。また“GeKiaka”は、理化学研究所で創製された人工発光酵素”AkaLuc”<sup>3</sup>とも発光を示した。



## New analog × AkalucとGeKiaka × Flucの長波長化を実現

岩野science論文より引用

1. 特願 2020-051705 「新規複素環式化合物及びその塩、並びに発光基質組成物」
2. 日刊工業新聞 「ホタル発光系で最長波長 電通大、生命科学向け試薬」：2020年7月7日
3. Iwano et. al, *Science*, **359**, 935–939 (2018).

## 哺乳類受精卵の細胞内Ca<sup>2+</sup>振動の発生機構に関する研究

(共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡、ヘリウム液化システム液体窒素・窒素ガス)

菊池貴志・横山卓未・白川英樹

電気通信大学基盤理工学専攻

哺乳類卵初期発生のトリガーとなる細胞内Ca<sup>2+</sup>振動の発生機構を明らかにするため、細胞内Ca<sup>2+</sup>ストアである小胞体内腔のCa<sup>2+</sup>濃度([Ca<sup>2+</sup>]<sub>ER</sub>)変化を測定・解析した。[Ca<sup>2+</sup>]<sub>ER</sub>測定のための蛍光プローブとして、小胞体移行配列を付加したFRET型Ca<sup>2+</sup>プローブD1ERを元に、蛍光タンパク質Citrineを循環置換型Venusに変更し、さらにFKBP506由来のタンパク質不安定化ドメイン(DD)を付加することにより、従来型よりFRETシグナル変化率が増大し、かつ小胞体への局在率も大幅に改善された新規プローブ(DD-D1ER-cpV)を得ることができた。精子由来の卵賦活化タンパク質PLC $\zeta$ で誘発したCa<sup>2+</sup>振動の際のDD-D1ER-cpVのシグナル変化を測定したところ、従来のプローブでの測定で見られたCa<sup>2+</sup>スパイク時の[Ca<sup>2+</sup>]<sub>ER</sub>の一過性上昇を示唆するFRETシグナル変化は見られなくなり、これがアーチファクトであったことが確かめられた。個々のCa<sup>2+</sup>スパイク後の小胞体Ca<sup>2+</sup>ストアの回復過程は、[Ca<sup>2+</sup>]<sub>ER</sub>減少直後の速い回復とその後の緩やかな回復の二相性を呈することが明確に示された。[Ca<sup>2+</sup>]<sub>ER</sub>の緩やかな回復の速度は、小胞体Ca<sup>2+</sup>ポンプを阻害しても影響されなかったのに対し、細胞外のCa<sup>2+</sup>濃度を低下させると有意に遅くなり、Ca<sup>2+</sup>振動の周期も遅くなった。これらの結果から、細胞外からのCa<sup>2+</sup>流入が小胞体へのCa<sup>2+</sup>の再充填の過程を律速していること、またその結果Ca<sup>2+</sup>振動の周期を制御していることが示唆された。

## 環状ペプチドの二次構造解析を含む学生実験課題の実施

(円二色性分散計)

菅 虎雄

電気通信大学教育研究技師部実験実習支援センター

昨年度から継続して本学III類化学生命工学プログラム3年次において開講されている化学生命工学実験第二の学生実験課題の実施における機器利用となった。測定サンプルはタンパク質として、リゾチーム塩酸塩とBSA(Bovine Serum Albumin)を採用し、ペプチドサンプルとして、環状ペプチドであるバシトラシンとコリスチン硫酸塩を取り入れた。コリスチン硫酸塩においては図1に示すように、イオン交換水中でランダム様構造のスペクトルが観察された。サンプルを溶解・希釈する溶媒はイオン交換に加え、10 mM SDS(Sodium Dodecyl Sulfate)、TFE(TriFluoro Ethanol)でも行い、溶媒環境の違いによる二次構造変化の評価も行った。

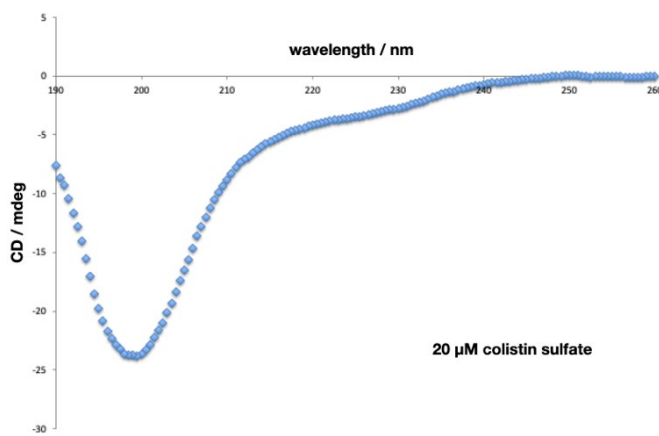


図1. コリスチン硫酸塩のCD(Circular Dichroism)測定結果

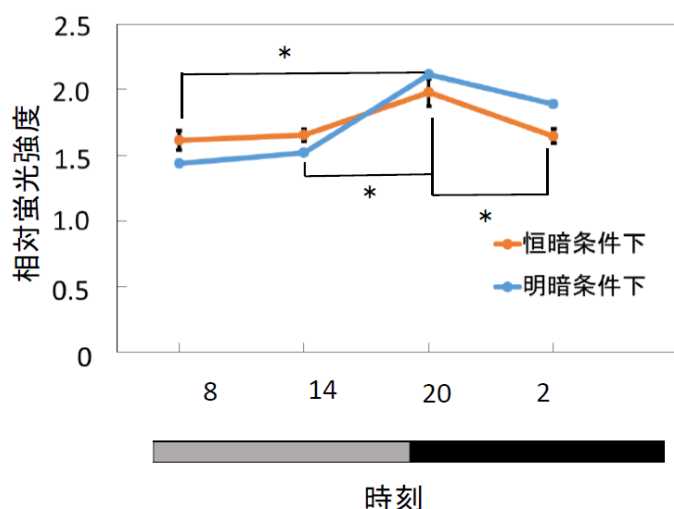
## 神経情報伝達のメカニズム

(共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡)

石田健司・仲村厚志

電気通信大学 大学院情報理工学研究科 基盤理工学専攻

我々の体内の様々な生理現象には、約1日周期のリズムが存在する。このリズムは概日リズムと呼ばれ、概日リズムを生み出す生物時計を概日時計と呼ぶ。概日時計が約24時間周期のリズムを生み出す仕組みは、まだ不明な点が多い。本研究ではAMPキナーゼと呼ばれる蛋白質リン酸化酵素の、概日時計機構における24時間のリズムを生み出す仕組みへの関与を調べている。哺乳類において、概日時計の中核は脳の視床下部の視交叉上核という領域に存在している。視交叉上核におけるAMPキナーゼの機能を明らかにするために、共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡を用いて、マウスの脳における組織学的な解析を行った。その結果、AMPキナーゼの活性化が視交叉上核に局



在していることが明らかになった。さらに、その活性が夜の前半の時間帯に高く、さらにその変動が恒暗条件下でも継続することが分かった(図)。このことから、AMPキナーゼの活性が内因性の概日時計により制御されていることが明らかになった。

図 マウス視交叉上核におけるAMPキナーゼ活性の日周変動

One way ANOVA を行った後、ポストホックテストとして Tukey 検定を行った。

\* $P < 0.05$

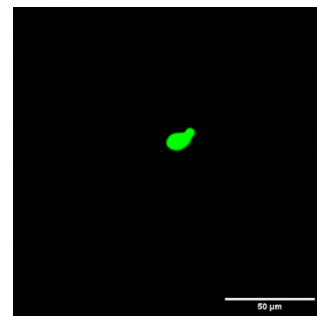
## DNAの液滴形成の観察

(共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡)

江角茉結・櫻井俊亮・田仲真紀子

電気通信大学基盤理工学専攻

生体高分子の液液相分離(LLPS)が、細胞中での生命活動に重要な役割を担っていることが近年急速に明らかになってきている。DNAも条件によって相分離することが知られ、本研究では、液液相分離したDNA液滴の試験管中での形成を試みた。実験では、これまでの報告例を参考に、一般的な二本鎖DNAではなく三本のDNA鎖から形成されるY型のDNA(Y-motif)を用い、DNAにインターカレートする蛍光色素SYBR Green Iを使用することで、共焦点レーザー走査型蛍光顕微鏡によるDNA液滴の形成を観察した。その結果、5  $\mu$ M Y-motif DNA、350 mM NaCl、50 mM Tris-HCl 緩衝液の条件でDNAによる液滴が形成されることが確認された。右図は、二つの液滴が融合する、液滴状態特有の挙動を観察したものである。



## 骨格筋細胞における過酸化水素*in vivo*バイオイメーキング

(凍結マイクローム、ヘリウム液化システム液体ヘリウム、液体窒素)

狩野 豊・平山清也

電気通信大学情報理工学研究科

活性酸素種 (ROS) は免疫機能や細胞内シグナル伝達制御などの生体機能の維持に重要な役割を持つ。しかしながら、骨格筋細胞の ROS を *in vivo* 環境下でイメージングした研究は行われていない。本研究は、過酸化水素濃度に応じて蛍光強度が変化するタンパク質 HyPer を利用した骨格筋 *in vivo* イメージング法の確立、および ROS 産生が活発になる筋収縮前後における過酸化水素動態を観察することを目的とした。Wistar 系雄性ラットの脊柱僧帽筋に HyPer タンパク質を導入し、異なる濃度の過酸化水素滴下または電気刺激による筋収縮 (100 Hz、50 回、2 分 30 秒間、5 セット) による過酸化水素動態を HyPer の蛍光強度比変化によって *in vivo* 測定した。250-1000  $\mu\text{M}$  濃度の過酸化水素の滴下により、筋線維毎に蛍光強度比の変動を画像化することに成功した。筋収縮直後は過酸化水素が増加する動態が確認された。セット数の増加によって、収縮前後の変化率は減少した。本研究は、過酸化水素の動態を *in vivo* イメージングによって評価した初めての研究であり、筋収縮の繰り返しによって ROS 産生と消去バランスは変動することが示された。



## 低温部門活動状況

研究設備センター低温部門 部門長 島田 宏  
学術技師 小林利章

### 1. 業務概要

種々の材料の電氣的、磁氣的あるいは光学的性質等を調べる物性研究，それらを材料として利用したデバイスやセンサーなどの新機能開発，超伝導材料開発と応用，超伝導磁石による強磁場発生など，様々な理工学研究分野において，極低温からの広い温度範囲を利用する測定技術の利用が不可欠である。時代を切り拓く科学技術の創造的研究活動とそれを担う人材育成による社会への貢献を目指す本学にとって，上記分野の教育・研究の重要性は言うまでもない。この教育研究活動の基盤整備と支援のために，研究設備センター低温部門低温室は，実験用寒剤の液体窒素（大気圧での沸点 77 K）と液体ヘリウム（同じく 4.2 K）の供給，寒剤利用に関連する技術的サポートを業務として活動している。また，近隣する東京農工大学に対しては，両大学間の大学間連携の一環として，平成 16 年 9 月より本学学内利用者への供給と同一の条件（供給価格・ガス回収の義務）で液体ヘリウムの供給を行なっている。

液体窒素は大気中の窒素ガスが原料である。低温室では大学キャンパス東西地区それぞれに液体窒素供給設備（CE：Cold Evaporator）を備え，外部業者より調達した液体窒素の貯蔵と利用者への供給，および配管による窒素ガスの供給を行なっている。

液体ヘリウムの原料ヘリウムガスは，枯渇が憂慮される地球資源の 1 つである。またヘリウムガスの産出地は世界的に偏在しており，我が国は全量を輸入にたよっている。本学ではこのような背景のもとで，利用者が液体ヘリウムを使用した後の蒸発ヘリウムガスを回収し，再液化して寒剤として再度供給するというヘリウムの循環的利用を行なっている。

ヘリウムの回収液化業務を行なうには高圧ガス保安法に基づき高圧ガス製造の許可が必要であり，本学は東京都の許可を受けた第一種製造者である。国立大学法人化に伴い，本学は平成 16 年度より特認事業所から一般事業所に移行し，保安統括者を選任する等の保安制度の整備を行なった。研究設備センター低温部門では法規に基づき高圧ガス保安の体制を整え維持し，東京都による保安検査の受検，全学の高圧ガス（液体ヘリウムおよび液体窒素を含む）利用者を対象とした保安教育（年 1 回の保安講習会や従業者に対する保安教育）の実施など自主的な高圧ガス保安に努めている。保安講習会では寒剤利用者に限らず一般高圧ガスの利用者を対象とし，保安や研究遂行のうえでの危険防止だけでなく，寒剤資源の有効利用のための教育も行なっている。

以下に，近年の活動状況について述べる。

### 2. 設備の現状

図 1 は，低温室開設以来の液体窒素と液体ヘリウムの供給量の年次推移を示している。液体窒素の供給量は 1990 年代前半にほぼ飽和した。一方，液体ヘリウムの供給量は 1990 年頃から急速に増大しはじめ，1995 年に年間約 4 kL に至り，ほぼ供給能力の限界に達した。そこで，平成 12 年度（2000 年度）に実施した液化室の東 6 号館移転に合わせ，ヘリウム液化設備を増強した。この具体的には液化能力の高い液化機を東大物性研究所より移設することで液化能力を格段に増強し，以後の需要量の飛躍的な増大に対応できた。

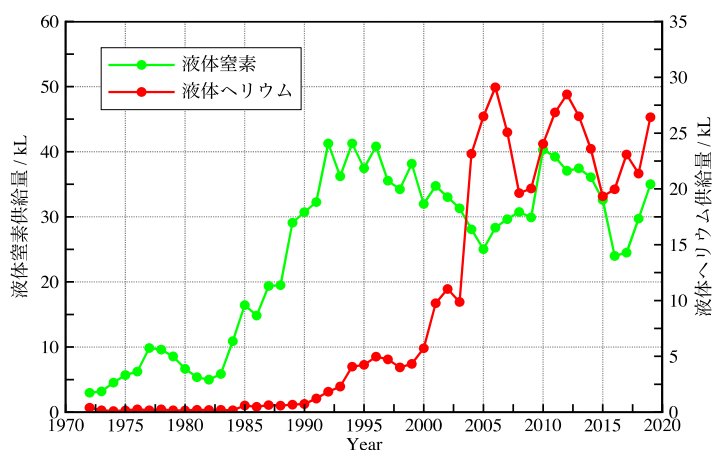


図 1 寒剤供給量の年次推移

液体ヘリウム需要の飛躍的な増大（2003年度の10 kLから2006年度の29 kL）に対応する液体ヘリウムの円滑な供給と蒸発ガスの確実な回収のために、回収設備、ガス貯蔵設備の増強を行なった。

平成21年度（2009年度）には大規模な設備増強と更新を行い寒剤供給の安定をはかった。この設備更新と増設により液化システムの液化速度は108 L/時（設計値）となった。またヘリウム回収系は2台の圧縮機の並列運転が可能となり、異常・保守時には相互に代替するシステムとなった。

窒素ガス配管に関しては、平成24年度（2012年度）には東1号館への窒素ガス供給配管の延伸、続いて平成25年度（2013年度）には東1号館各実験室に配管を敷設した。2014年度には東8号館へ主管の延伸を実施し供給を開始した。

2017年には東地区液体窒素供給所の台秤（ロードセル）の更新を行った。

近年は、2018年に発覚した回収圧縮機Aの漏洩事故など機器の経年老朽化に伴うトラブルが散発しており、2020年1月には数週間にわたりヘリウム液化機が停止する障害も発生した。現在の液化システムは2010年導入で導入後10年が経過しておりシステムの更新を目指した準備等を進め、可能な機器更新など予防保全に努める必要がある。2021年度に中圧ガスドライヤーの更新を実施するべく準備を進めている。

近年の設備増強を表1に、現在のヘリウム液化システムの概要を表2に示す。

表1 近年の主な設備増強

年度	設備	内容
2007	回収設備	長尺容器増設（6本組）
2009	液化システム	更新（L140）
2012	窒素ガス配管	東1号館へ延伸
2012	液体窒素供給設備（CE）	西地区への新設
2013	窒素ガス配管	東1号館室内配管工事
2014	窒素ガス配管	東8号館への延伸
2015	ヘリウムガスカードル受入設備	容器置場の新設と配管変更
2016	液化システム	保安用無停電電源装置の導入
2017	液体窒素供給設備（CE）	東地区ロードセル更新

表2 2019年度末のヘリウム液化システムの概要

設備	形式・製造業者	諸元
ヘリウム液化機	L140（リンデ）	液化速度 108 L/時
液化用ヘリウム圧縮機	DS241（ケーザー）	0.93 MPa 840 m <sup>3</sup> /時
中圧乾燥器	小池酸素工業	
液体ヘリウム貯槽	CMSH2000（クライオフアブ）	2000 L
ヘリウムガス中圧タンク		0.93 MPa 16 m <sup>3</sup>
ヘリウム回収圧縮機	C5U2.14（ブルックハルト）	14.7 MPa 100 m <sup>3</sup> /時
ヘリウム回収圧縮機	C5U2.12（ブルックハルト）	14.7 MPa 90 m <sup>3</sup> /時
長尺容器（36本組）		14.7 MPa 2700 Nm <sup>3</sup>
ガスバッグ（3基）		計 30 m <sup>3</sup>
液体窒素貯槽（東地区）	CEA-10K（岩谷瓦斯）	9700 L
液体窒素貯槽（西地区）	CE-5（巴商会）	4900 L

### 3. 高圧ガス保安教育

定期開催の高圧ガス保安講習会では、低温室危害予防規程に基づき高圧ガス保安法など法令教育、高圧ガスの安全な扱い方、低温寒剤の取り扱い方法について、低温室寒剤利用者を対象に（学内で高圧ガスを利用する関係者（職員、学生）も受講可能）保安教育を行った。各年度の講習会受講者数を表3に示した。寒剤の利用者の増加に対応し、例年150人から200人程度が受講している。講習では学外から講師を招くなど講習企画の改善に取り組んでいる。

定期的な保安教育以外に必要時には要望に応じ個別に保安講習会を開催した。また自主的な高圧ガス保安推進の一環として高圧ガスに関わる従業者を対象にした保安教育を企画し表4の通り実施した。

表 3 高圧ガス保安講習会の受講者数

年度	2014	2015	2016	2017	2018	2019
人数 (人)	169	158	176	217	176	195

表 4 2019 年度に実施した保安教育

実施年月	対象者	内容
2019 年 5 月	全学の高圧ガス利用者	高圧ガス保安講習会, 追加講習会
2019 年 5 月	西地区液体窒素利用者	液体窒素液取り講習会
2019 年 7 月	保安係員・従業者	保安係員法定義務講習
2019 年 8 月	保安係員・従事者	機器・分析技術研究会
2019 年 11 月	保安係員・従事者	ISSP ヘリウムワークショップ
2020 年 3 月	保安係員・従事者	千葉大学技術研究会

#### 4. 液体ヘリウム供給体制と価格について

液体ヘリウム供給の利用者負担金には喪失ヘリウムの補填, 液化に必要な液体窒素等の供給コストを含めており, 供給コストは回収率に大きく依存する。図 2 に示すように, 回収率は液化室の東 6 号館移転前 (2000 年以前) の 60 %程度に比べ大きく改善され, かつ近年の供給量の増大もあって液体ヘリウム供給価格はかなり下げることができた。2013 年度以降は 220 円/L で供給を行った。低価格に安定した液体ヘリウム供給を行うにはガス回収率を高く維持する必要がある, 低温室では回収率維持のために利用者への積極的な技術協力を行っており, 液体ヘリウム供給の安定に努めている。

ヘリウムの世界市場状況は, 2018 年頃から構造的な需給タイト化が進行している。背景には, 供給側は主要なヘリウム供給地である中東の情勢悪化, 米国 BLM の備蓄ヘリウム払い下げの終了, 天然ガス生産のシェールガスへの移行などによる供給量不足, 不安定化があり, 需要側は中国や東南アジア, インドなどでの半導体生産の拡大によるヘリウム需要の増大がある。理化学研究向けヘリウムの供給は抑制傾向にあり, ヘリウムの研究利用において回収再液化の重要性はますます高まっている。

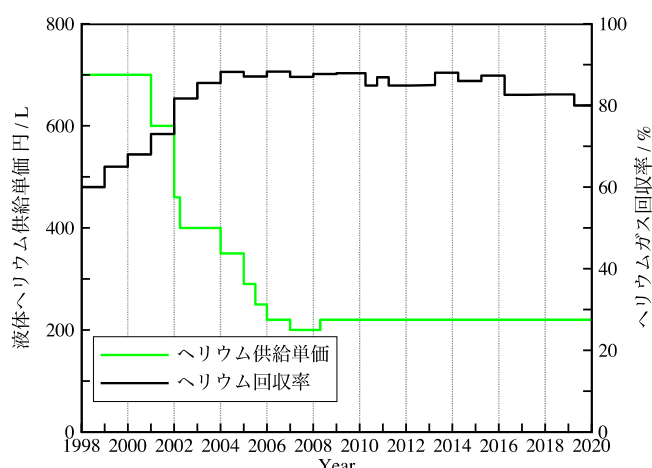


図 2 ヘリウムガスの回収率と供給単価

#### 5. 終わりに

低温室が供給した液体ヘリウムを使用して, 本学および寒剤供給先の東京農工大学では, 低温環境を利用した新奇電子材料や新奇電子デバイスに関する研究が行われている。具体的には, 低温下で発現する量子現象の研究, 素子材料の開発を目指した材料物性研究, 量子効果を利用した新機能デバイスやセンサーの開発など, そのテーマは多岐に渡っている。「低温寒剤を利用した (低温環境を必要とする) 研究分野」は活性化しており, 大学として戦略的に重要な分野となっている。低温室が提供する安定した寒剤の供給体制はこれら研究分野の活性化に大いに貢献するものである。今後寒剤利用者数はさらなる増加が見込まれており, 研究支援組織として低温室が果たしている役割は大きい。

また, 現在のところヘリウムガスの回収なしに (蒸発ヘリウムガスを使い捨てて) 低温実験を行なっている教育・研究機関は日本国内に多く存在するが, 全ての研究機関にヘリウム液化機を導入する事は効率的ではない。現在, 本学と東京農工大学で行なっている協力体制は, 地域協力や大型基盤設備の共同利用の観点からの 1 つのモデルになると考えられる。



## 研究業績一覧

- H. Ohta, A. Suzuki, H. Aruga Katori  
Study on Magnetism and Electronic Structure of New Layered Compound  $\text{Sr}_3\text{Sc}_2\text{O}_5\text{Co}_2\text{As}_2$  with Body-Centered Crystal Structure,  
*J. Phys. Soc. Jpn.* **88**, pp.054714/1-6 (2019).
- H. Ohta, Y. Kato, Y. Watanabe, H. Aruga Katori, N. Tsujii, N. Kikugawa, and H. Sakurai,  
Magnetocaloric study of  $\text{Ln}_2\text{Co}_{12}\text{P}_7$  ( $\text{Ln} = \text{Y}, \text{Nd}, \text{and Sm}$ )  
*J. Jpn. Soc. Powder Powder Metallurgy* **67**, pp.97-99 (2020).
- 中村裕貴、青野瑞樹、奥野剛史、七井靖  
シリコン上に膜形成可能なシリコン硫化物蛍光体の研究  
映像情報メディア学会技術報告 ITE Technical Report vol44, no1, 33-36 (Jan. 2020)
- T. Tajiri, S. Takahashi, C. A. M. Hartevelde, Y. Arakawa, S. Iwamoto, W. L. Vos,  
Reflectivity of three-dimensional GaAs photonic band-gap crystals of finite thickness  
*Physical Review B* **101**/ 235303-1 - 235303-9 (2020)
- P. Mahapatra, N. Koizumi, T. Kanetomo, T. Ishida, and A. Ghosh,  
A Series of  $\text{Cu}^{\text{II}}\text{-Ln}^{\text{III}}$  Complexes of an  $\text{N}_2\text{O}_3$ -donor Asymmetrical Ligand and a Possible SMM Candidate  $\text{Cu}^{\text{II}}\text{-Tb}^{\text{III}}$  in No Bias Field,  
*New J. Chem.*, **43**, 634-643 (2019).
- A. Kashiro, K. Some, Y. Kobayashi, and T. Ishida,  
Iron(II) and 1,1,1-Tris(2-pyridyl)nonadecane Complex Showing an Order-Disorder-Type Structural Transition and Spin-Crossover Synchronized over Both Conformers,  
*Inorg. Chem.*, **58**, 7672-7676 (2019).
- T. Kanetomo, K. Ichihashi, M. Enomoto, and T. Ishida,  
Ground Triplet Spirobiradical: 2,2',7,7'-Tetra(*tert*-butyl)-9,9'(10*H*,10'*H*)-spirobiacridine-10,10'-dioxydyl,  
*Org. Lett.*, **21**, 3909-3912 (2019)
- Y. Kyoden, Y. Homma, and T. Ishida,  
High-Spin and Incomplete Spin-Crossover Polymorphs in Doubly Chelated  $[\text{Ni}(\text{L})_2\text{Br}_2]$  ( $\text{L} = \text{tert-Butyl 5-Phenyl-2-pyridyl Nitroxide}$ ),  
*Inorg. Chem.*, **58**, 10743-10755 (2019).
- T. Ishida,  
Moving Molecules in Crystalline Solids: Gradual Structure Transition and Spin Transition/Crossover”  
*IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, **515**, 012001 (16 pages) (2019).
- K. Ichihashi, M. Okamura, T. Kanetomo, and T. Ishida,  
Synthetic Investigation for Spiro-Junctioned Biradical Compounds,  
*AIP Conf. Proc.*, **2067**, 020011 (5 pages) (2019).
- M. Arai and T. Ishida,  
Biphenyl-Hinged Bisnitroxide Biradicals toward Intramolecular Para- and Diamagnetic Switching,  
*AIP Conf. Proc.*, **2067**, 020008 (7 pages) (2019).
- H. Sekine and T. Ishida,  
Structures and Magnetic Properties of Lanthanide Complexes Involving Ground Triplet Bisnitroxide Radicals,  
*AIP Conf. Proc.*, **2067**, 020003 (3 pages) (2019).
- 嘉代 敦・京田幸也・岡澤 厚・石田尚行,  
結晶固体中で有機分子は動く：緩やかな構造転移とスピン転移/クロスオーバー,  
*有機合成化学協会誌*, **77**, 684-695 (2019).

- Y. Mizugaki, K. Higuchi, and H. Shimada,  
Enhanced voltage swing of rapid-single-flux-quantum distributed output amplifier equipped with double-stack superconducting quantum interference devices,  
IEICE Electronics Express (ELEX), vol. 16, 20190331, 2019.
- Y. Mizugaki, Y. Arai, T. Watanabe, and H. Shimada,  
1000-fold double-flux-quantum voltage multiplier employing directional propagation of flux quanta through asymmetrically-damped junction branches,  
IEEE Transactions on Applied Superconductivity, vol. 29, 1400105, 2019.
- K. Higuchi, H. Shimada, and Y. Mizugaki,  
Design and Operation of Distributed Double-SQUID Amplifier for RSFQ Circuits,  
Journal of Physics: Conference Series, vol. 1293, 012060, 2019.
- Y. Mizugaki, M. Moribayashi, T. Yagai, M. Moriya, H. Shimada, A. Hirano-Iwata, and F. Hirose,  
Dielectrophoretic Assembly of Gold Nanoparticle Arrays Evaluated in Terms of Room-Temperature Resistance,  
IEICE Transactions on Electronics, vol. E103-C, pp. 62-65, 2020.
- T. Yagai, K. Matsumoto, M. Moriyabashi, M. Moriya, H. Shimada, A. Hirano-Iwata, F. Hirose, and Y. Mizugaki,  
Evaluation of inter-particle distance of gold nanoparticles dispersed on silane-treated substrates to fabricate dithiol-connected arrays,  
Japanese Journal of Applied Physics, vol. 58, SDDF09, 2019.
- Y. Tomioka, S. Takashima, M. Moriya, H. Shimada, F. Hirose, A. Hirano-Iwata, and Y. Mizugaki,  
Equivalent circuit model modified for free-standing bilayer lipid membranes beyond 1 T $\Omega$ ,  
Japanese Journal of Applied Physics, vol. 58, SDDK02, 2019.
- Yu Suido, Yosuke Yamamoto, Gaulier Thomas, Yoshiharu Ajiki, Tetsuo Kan\*,  
Extension of Measurable Wavelength Range for Near-infrared Spectrometer Using a Plasmonic Au Grating on a Si Substrate,  
Micromachines, vol. 10, no. 6, art. no. 6, 2019.
- Yoshiki Saito, Yosuke Yamamoto, Tetsuo Kan\*, Takuya Tsukagoshi, Kentaro Noda, and Isao Shimoyama:  
Electrical detection SPR sensor with grating coupled backside illumination,  
Optics Express, vol. 27, no. 13, p. 17763-17770, 2019.
- Masaaki Oshita, Hidetoshi Takahashi, Yoshiharu Ajiki and Tetsuo Kan:  
Reconfigurable Surface Plasmon Resonance Photodetector with a MEMS Deformable Cantilever,  
ACS Photonics, vol. 7, no. 3, pp. 673-679, 2020.
- 小菅拓也、菅 哲朗:  
可変 3D キラル THz メタマテリアルのための機械的変形方法の研究,  
電気学会論文誌 E (センサ・マイクロマシン部門誌) , vol. 140, no. 7, pp. 170-176, 2020.
- Gayeong Lee, Hidetoshi Takahashi, Tetsuo Kan, Jieun Kim, Nilsu Donmez, Jihoon Park, Dongwook Kim, Sanghoon Ka, Misong Nam, Donggi Lim and Yun Jung Heo:  
3D Hydrogel Manufacturing Employing Self-Focusing During Photo-Curing Process,  
The 33rd IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS 2020), pp. 323-324, Vancouver, Canada, 18-22 Jan. 2020. Award Finalist
- Yosuke Yamamoto, Masaaki Oshita, Masahiro Fukasawa, Shiro Saito and Tetsuo Kan:  
Gas Detection by Near-Infrared Spectroscopy Based on a Surface Plasmon Resonance Photodetector,  
The 33rd IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS 2020), pp. 204-207, Vancouver, Canada, 18-22 Jan. 2020. Oral presentation

Kazuki Kobayashi and Tetsuo Kan:

S/N Improvement of Nano-cuboid Photodetector Using Combination of Small Device Area and Converging Lens,  
The 33rd IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS 2020), pp. 1163-1166,  
Vancouver, Canada, 18-22 Jan. 2020.

Takuya Kosuge, Tetsuo Kan, Kuniaki Konishi, Mizuho Matoba, Natsuki Kanda, and Makoto Kuwata-Gonokami:  
Mechanical Large Deformation 3D Chiral THz Metamaterial,

The 33rd IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS 2020), pp. 1292-1295,  
Vancouver, Canada, 18-22 Jan. 2020.

Yosuke Yamamoto, Yoshiki Saito, Masaaki Oshita, Shun Yasunaga, Tetsuo Kan:

Plasmonics Based Photodetector Devices and Applications,

Industry UCB UEC Keuo Workshop 2019, Keio University Hiyoshi campus, p28, 10th-11th Dec 2019.

Yoshiki Saito, Tetsuo Kan:

Miniaturization of SPR Chemical Sensor Using Electrical Detection and Backside Illumination to Au grating,

Industry UCB UEC Keuo Workshop 2019, Keio University Hiyoshi campus, p30, 10th-11th Dec 2019.

Shun Yasunaga, Tetsuo Kan, Hidetoshi Takahashi, Tomoyuki Takahata and Isao Shimoyama:

Infrared Photodetector with Copper Infrared Resonator Placed in Nano-Hole Array on Silicon Substrate,

The 20th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems, Berlin, Germany, W4D.002,  
23-27, June, 2019.

Yoshiharu Ajiki, Tetsuo Kan, Masayuki Yahiro, Akiko Hamada, Junji Adachi, Chihaya Adachi:

Infrared Detector Using Organic Nano-Pillar Arrays,

The 20th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems, Berlin, Germany, W4D.001,  
23-27, June, 2019.

Kazuki Kobayashi, Yoshiharu Ajiki, and Tetsuo Kan:

S/N Improvement of Au/Si Nano-Antenna Photodetector Using Small Device Area and Converging Lens,

The 20th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems, Berlin, Germany, T3P.067,  
23-27, June, 2019.

Gaku Furusawa, Takashi Sekiya, Hiroaki Nakamura, Tetsuo Kan:

Au Nano-Spiral Structure for Circular Dichroic Filter in Visible Region,

The 20th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems, Berlin, Germany, W3P.060  
(4 pages), 23-27, June, 2019.

C. Zhang, K. Yoshii, D. Tregubov, C. Ohae, J. Zheng, M. Suzuki, K. Minoshima, and M. Katsuragawa,

Optical technology for arbitrarily manipulating amplitudes and phases of coaxially propagating highly discrete spectra,

*Physical Review A*, *100*, 05836 (2019).

J. Sharma, T. Ono, A. Sandhu,

Smartphone enabled medical diagnostics by optically tracking electromagnetically induced harmonic oscillations of magnetic particles suspended in analytes,

*Sensing and Bio-Sensing Research*, *29*, 100347(2020)

J. Sharma, T. Ono, R. Yukino, H. Miyashita, N. Hanyu, H. Handa & A. Sandhu,

Smartphone based platform for real-time sharing of medical diagnostics information by optical detection of functionalized fluorescent magnetic nanoparticles,

*Biomed. Phys. Eng. Express*, *5*, 035014 (2019)

- T. Ono, J. Sharma, A. Sandhu,  
Smartphone based medical diagnosis protocol enabled by dynamic tracking of electromagnetically induced harmonic oscillation in magnetic particles  
*The Irago Conference 2019*, P28(2019), Tokyo, Japan.
- J. Sharma, T. Ono, A. Sandhu,  
Detection of Biotin by Tracking Movements of Functionalized Magnetic Particles in Solution  
*The Irago Conference 2019*, P39(2019), Tokyo, Japan.
- J. Sharma, T. Ono, A. Sandhu,  
Rapid biosensing protocol based on self-assembly of monolayers and magnetic particles  
*The Irago Conference 2019*, P40(2019), Tokyo, Japan.
- S. Ly, T. Onodera, N. Satake, A. Sandhu,  
Fabrication of Liquid Flow Capsule for In Situ Transmission Electron Microscopy”  
*The Irago Conference 2019*, P26(2019), Tokyo, Japan. 200kV
- N. Satake, T. Onodera, S. Ly, A. Sandhu,  
In situ chemical reaction observation using multi- function capsule  
*The Irago Conference 2019*, P36(2019), Tokyo, Japan. 200kV
- T. Onodera, S. Ly, A. Sandhu,  
In situ transmission electron microscopy of gold and polymer nanoparticles in liquid solution with a using vacuum proof liquid flow cell  
*The Irago Conference 2019*, P43(2019), Tokyo, Japan. 200kV
- M. Kato, F. Nakamura, Akito Kuramata, A. Sandhu,  
Potential of gallium oxide for power devices  
*The Irago Conference 2019*, P30(2019), Tokyo, Japan.
- F. Nakamura, M. Kato, A. Sandhu,  
AlGaN/GaN hetero-structure based Hall sensors for high temperature operation  
*The Irago Conference 2019*, P42(2019), Tokyo, Japan.
- J. Taniguchi, K. Mikami, M. Suzuki,  
Structure of an inert layer of  $^4\text{He}$  adsorbed on mesoporous silica,  
*Phys. Rev. B* 100, 024103-1,-6 (2019).
- J. Taniguchi,  
Ultrasound and heat capacity study of  $^4\text{He}$  films on mesoporous silica,  
International Symposium on quantum fluids and solids, QFS2019, Edmonton, Univ. Alberta (2019.8) invited
- Junko Taniguchi, Kento Taniguchi, Kousuke Kanno, Masaru Suzuki,  
Possible thermodynamical phase slips in superfluid  $^4\text{He}$  confined in a 2.5-nm channel of FSM,  
International Symposium on quantum fluids and solids, QFS2019, P3.19, Edmonton, Univ. Alberta (2019.8)
- M. Taki\*, T. Yamashita, K. Yatabe, and V. Vogel\*,  
Mechano-chromic protein-polymer hybrid hydrogel to visualize mechanical strain,  
*Soft Matter*, **15**, 9388-9393 (2019), **back cover article.**
- S. Hirasawa\*, Y. Kitahara, Y. Okamatsu, T. Fujii, A. Nakayama, S. Ueno, C. Ijichi, F. Futaki, K. Nakata, and M. Taki\*,  
Facile and Efficient Chemoenzymatic Semi-Synthesis of Fc-Fusion Compounds for Half-Life Extension of Pharmaceutical Components,  
*Bioconjugate Chem.*, **30**, 2323-2331 (2019), **front cover article.**



- Bevilaqua, V. R.; Matsuhashi, T.; Oliveira, G.; Oliveira, P. S. L.; Hirano, T.; Viviani, V. R.  
Phrixotrix luciferase and 6'-aminoluciferins reveal a larger luciferin phenolate binding site and provide novel far-red combinations for bioimaging purposes,"  
*Sci. Rep.*, **2019**, *9*, 8998 (17 pages).
- Misawa, R.; Matsuhashi, C.; Yamaji, M.; Mutai, T.; Yoshikawa, I.; Houjou, H.; Noguchi, K.; Maki, S.; Hirano, T.  
Halogen-substituent effect on the spectroscopic properties of 2-phenyl-6-dimethylaminobenzothiazoles,  
*Tetrahedron Lett.*, **2019**, *60*, 1702–1705.
- Matsuhashi, C.; Ueno, T.; Uekusa, H.; Sato-Tomita, A.; Ichianagi, K.; Maki, S.; Hirano, T.  
Isomeric difference in the crystalline-state chemiluminescence property of an adamantylideneadamantane 1,2-dioxetane with a phthalimide chromophore,  
*Chem. Commun.*, **2020**, *56*, 3369–3372.
- Yusuke Takahashi, Takuya Uehara, Chihiro Matsuhashi, Minoru Yamaji, Toshiki MUTAI, Isao Yoshikawa, Hirohiko Houjou, Kota Kitagawa, Tomoyoshi Suenobu, Shojiro Maki, Takashi Hirano,  
Spectroscopic properties of push-pull 2-(4-carboxyphenyl)-6-dimethylaminobenzothiazole derivatives in solution and the solid state,  
*Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* **376**, 324-332 (2019).
- 岩野 智, 牧 昌次郎, 宮脇 敦史,  
実験医学別冊発光イメージング実験ガイド,  
発展編第2章「動物にやさしい in vivo 生物発光イメージング」< ISBN 978-4-7581-2240-5> (株式会社 羊土社), P. 182-187
- 牧 昌次郎,  
実験医学別冊発光イメージング実験ガイド,  
発展編第1章「生体内深部可視化を可能とするホタル生物発光型長波長発光材料」(株式会社 羊土社)  
< ISBN 978-4-7581-2240-5>, P. 178-181
- 岩野 智, 牧 昌次郎, 宮脇 敦史,  
ライフサイエンス指向のホタル発光進化研究～高感度 in vivo 生物発光イメージング技術 AkaBLI～  
生体の科学, 第70巻・第3号, 244-251
- Shirakawa, H., Arakawa, S. and Yoshida,  
T. Differential regulation of cortical actin cytoskeleton by intracellular calcium in mouse eggs.  
*J Physiol Sci* 70 Suppl 1: S138, March 2020
- Sakurai, S.; Esumi, M.; Tanaka, M.,  
Drastic promotion of guanine oxidation via electron transfer in Ψ-type DNA  
*Chem. Commun.* **2019**, *55*, 7695-7698.
- Esumi, M.; Sakurai, S.; Tanaka, M.,  
Effect of spermidine on guanine decomposition via photoinduced electron transfer in DNA  
*Org. Biomol. Chem.* **2020**, *18*, 47-51.
- Kodama S, Ohta M, Ikeda K, Kano Y, Miyamoto Y, Osten W, Takeda M, Watanabe E.  
Three-dimensional microscopic imaging through scattering media based on in-line phase-shift digital holography.  
*Appl Opt.* 2019 Dec 1;58(34):G345-G350.
- Kitaoka Y, Watanabe D, Nonaka Y, Yagishita K, Kano Y, Hoshino D.  
Effects of clenbuterol administration on mitochondrial morphology and its regulatory proteins in rat skeletal muscle.  
*Physiol Rep.* 2019 Oct;7(19):e14266.

Tabuchi A, Eshima H, Tanaka Y, Nogami S, Inoue N, Sudo M, Okada H, Poole DC, Kano Y.

Regional differences in  $\text{Ca}^{2+}$  entry along the proximal-middle-distal muscle axis during eccentric contractions in rat skeletal muscle.

J Appl Physiol. 2019 Sep 1;127(3):828-837.

Hirai DM, Craig JC, Colburn TD, Eshima H, Kano Y, Musch TI, Poole DC.

Skeletal muscle interstitial PO<sub>2</sub> kinetics during recovery from contractions.

J Appl Physiol. 2019 Oct 1;127(4):930-939.

## 外部資金獲得状況

『部門』は、右肩に下記略称を記載してある。

- ・基盤研究設備部門：基
- ・先端研究設備部門：先
- ・低温部門：低

(科学研究費補助金)

### ・基盤研究(A)

- (1) 波長変換の任意操作による超広帯域単一周波数波長可変レーザーの開発<sup>低</sup>  
代表者 桂川 眞幸
- (2) 彩層からコロナまでの広温度域太陽大気プラズマに実験室から迫る<sup>低</sup>  
代表者 中村 信行

### ・基盤研究(B)

- (3) 光受容タンパク質を用いた単純細胞受容野型フィルター素子の作製と画像処理<sup>基、先</sup>  
代表者 岡田 佳子
- (4) 高圧力制御による励起子凝縮と超伝導の研究<sup>基、低</sup>  
代表者 松林 和幸
- (5) MEMS キラルメタマテリアルによるテラヘルツ分光方法の研究<sup>基、低、先</sup>  
代表者 菅 哲朗
- (6) クラウドセンシングを用いた無線環境相関認識による異種システム周波数共用手法の研究<sup>基</sup>  
代表者 藤井 威生
- (7) 新設計マルチコアファイバーによる自己収束限界を超える高出力反位相モード光発生<sup>基</sup>  
代表者 白川 晃
- (8) 強スピン軌道結合系における劇的スピン応答の制御<sup>基</sup>  
代表者 伏屋 雄紀
- (9) 高次励起状態から発光する分子設計と光エネルギー材料への応用<sup>基、低</sup>  
代表者 平田 修造
- (10) 筋細胞の適応を決定する運動後のカルシウムイオンダイナミクス的重要性<sup>基、低</sup>  
代表者 狩野 豊
- (11) ヘテロ接合型量子ドット太陽電池のナノ界面制御と多重励起子の電荷分離に及ぼす効果<sup>基、低、先</sup>  
代表者 沈 青
- (12) マイクロ波 UWB レーダによる超分解能生体内部画像化法の研究<sup>基</sup>  
代表者 木寺 正平
- (13) 錫ペロブスカイト光電変換素子の発電阻害機構解明とナノヘテロ界面構築による高効率化<sup>基、先</sup>  
代表者 早瀬 修二

### ・基盤研究(C)

- (14) 超音波の非線形伝搬に伴う広帯域化を利用したマイクロホン簡易感度校正の実現<sup>基</sup>  
代表者 鎌倉 友男
- (15) 次世代の会話支援に向けた発話音声の3次元空間制御<sup>基</sup>  
代表者 羽田 陽一
- (16) 多周波ステップ CPC 方式における空間・周波数ダイバーシチ技術の研究<sup>基</sup>  
代表者 秋田 学
- (17) 光照射したチオシリケート発光材料における Eu 発光中心の局所状態観察<sup>基、低</sup>  
代表者 小林 義男
- (18) 1次元ヘリウム系における超流動量子相転移の臨界現象<sup>低</sup>  
代表者 谷口 淳子

- (19) GeSiSn/GeSn 量子井戸を用いた高周波発振素子の開発 <sup>基、先</sup>  
代表者 塚本 貴広
- (20) クラウドに基づく歩行者測位システムの研究開発 <sup>基</sup>  
代表者 湯 素華
- (21) 酸化物半導体トンネル接合電極導入による AlGaIn 系 UVC-LED 高効率化の研究 <sup>基、先</sup>  
代表者 内田 和男
- (22) 生物発光における鍵反応過程の分子機構と高性能化要因の解明 <sup>基、低、先</sup>  
代表者 平野 誉
- (23) 星間減光 217.5nm 吸収を示す炭素質物質の構造解析 <sup>基</sup>  
代表者 木村 誠二
- (24) 音響放射圧による液面形状変化を利用した超音波プローブ評価システムの開発 <sup>基</sup>  
代表者 野村 英之
- (25) ナノ液滴成長法による SiO<sub>2</sub>/Si 基板上への InGaIn 量子ドットの自己形成 <sup>基、低、先</sup>  
代表者 山口 浩一
- (26) 微小な超伝導単結晶薄膜に閉じ込めた量子渦状態と制御 <sup>基、低、先</sup>  
代表者 小久保 伸人
- (27) 導電性ナノ粒子の 2 次元ランダム配列を用いた低コストな確率論的単一電子素子作製法 <sup>低、先</sup>  
代表者 水柿 義直
- (28) 蛍光分子の 2 段階成熟による環境応答性センサー型分子の取得 <sup>基、先</sup>  
代表者 瀧 真清
- (29) 摩擦制御を目指したナノ滑りでのエネルギー散逸の研究 <sup>低</sup>  
代表者 鈴木 勝
- ・研究活動スタート支援
- (30) 能動素子と受動素子を同時集積した窒化物半導体フォトニック結晶 <sup>基、先</sup>  
代表者 田尻 武義
- ・国際共同研究加速基金
- (31) 鉛を含まない Sn-ペロブスカイト太陽電池の高効率化指針提案 <sup>基、先</sup>  
代表者 早瀬 修二
- (32) 協調型自動運転実現のための無線環境学習型高度車両無線ネットワークの研究 <sup>基</sup>  
代表者 藤井 威生
- ・若手研究
- (33) ドーピング禁止薬物の投与による代謝的適応にエピジェネティクスな制御は関わるか <sup>基、低</sup>  
代表者 星野 太佑
- (34) 高い形状自由度を持つ積層型誘電エラストマーアクチュエータの研究開発 <sup>先</sup>  
代表者 新竹 純
- (35) 光周波数の分周を基盤とする極限光波制御 <sup>低</sup>  
代表者 大饗 千彰
- ・若手研究独立基盤形成支援
- (36) ドーピング禁止薬物の投与による代謝的適応にエピジェネティクスな制御は関わるか <sup>基、低</sup>  
代表者 星野 太佑
- ・新学術領域研究（研究領域提案型）
- (37) ソフトクリスタル化学発光系の創製と刺激応答機能の時空間制御 <sup>基、低、先</sup>  
代表者 平野 誉
- (38) 高圧力で拓く多極子と伝導電子の混成効果による新奇物性 <sup>基、低</sup>  
代表者 松林 和幸
- (39) フッ化物イオン電池材料のイオン伝導性の研究 <sup>基、低</sup>  
代表者 小林 義男

- (40) 土に還るロボット：生分解性ソフトアクチュエータの変性機序の解明と設計法の確立<sup>先</sup>  
代表者 新竹 純
- (41) 先端的宇宙 X 線検出器で迫る多価重イオンの量子電磁力学<sup>低</sup>  
代表者 中村 信行
- (42) 高品質トンネルスピニンジェクタを用いた電荷・スピン・超伝導複合効果の研究<sup>基、低、先</sup>  
代表者 島田 宏
- (43) ソフトキラル分子結晶による刺激応答性室温円偏光蓄光材料の創生<sup>基、低</sup>  
代表者 平田 修

・挑戦的研究（萌芽）

- (44) 骨格筋細胞の温度バイオイメーキング技法の開発<sup>基、低</sup>  
代表者 狩野 豊
- (45) 量子チューリングパターンの理論<sup>基</sup>  
代表者 伏屋 雄紀

（共同研究）

- (1) プログラマブルマルチスパッタ装置の開発と金属複合酸化物薄膜の作製及び評価<sup>基、低、先</sup>  
代表者 一色 秀夫
- (2) 新規材料創製に向けた高精度プラズマ制御技術に関する研究<sup>基、低、先</sup>  
代表者 一色 秀夫
- (3) 波面合成音響技術の球面最適化に向けた検討に向けた研究<sup>基</sup>  
代表者 羽田 陽一
- (4) 深層学習に基づく音響信号処理のための基底関数に関する基礎検討<sup>基</sup>  
代表者 羽田 陽一
- (5) 洗浄方法変更による石英セル及びサファイアセルの強度変化に関する研究<sup>基</sup>  
代表者 奥野 剛史
- (6) 食品加工作業支援システムに関する研究<sup>基</sup>  
代表者 金森 哉吏
- (7) 発射ロボットの開発<sup>基</sup>  
代表者 金森 哉吏
- (8) 商業施設等を対象とする安全・安心センサーに関する研究<sup>基</sup>  
代表者 金森 哉吏
- (9) 真空紫外レーザー発生技術の研究<sup>低</sup>  
代表者 桂川 眞幸
- (10) 位相制御を組み込んだ高効率波長変換技術の開発<sup>低</sup>  
代表者 桂川 眞幸
- (11) LED-IR ガスセンサ用発光素子に関する研究<sup>基、低、先</sup>  
代表者 山口 浩一
- (12) 豊かな環境飼育が骨格筋と脳機能に及ぼす影響<sup>基、低</sup>  
代表者 狩野 豊
- (13) 超広帯域受信機のための受信素子、光学系及び導波管部品の開発研究<sup>低</sup>  
代表者 酒井 剛
- (14) e-Rubber の要素技術開発<sup>先</sup>  
代表者 新竹 純
- (15) 静電接着デバイスの測定及び解析<sup>先</sup>  
代表者 新竹 純
- (16) メタマテリアルを用いた円偏光選択吸収体の実証検討および電磁界計算技術の応用<sup>基、低、先</sup>  
代表者 菅 哲朗

- (17) Surface Plasmon Resonance (SPR) 方式を用いた Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) 赤外分光型臭覚センサー 基、低、先  
代表者 菅 哲朗
- (18) 「次世代人工知能・ロボット中核技術開発/(革新的ロボット要素技術分野)味覚センサ/ロボットに実装可能な MEMS 味覚センサ」 ⑤認識素子のアレイ化・成膜方法の確立 基、低、先  
代表者 菅 哲朗
- (19) 新規金属錯体に関する研究 (3) 基、低  
代表者 石田 尚行
- (20) ペロブスカイト太陽電池の鉛低減技術に関する共同研究 基、先  
代表者 早瀬 修二
- (21) 次世代太陽電池の解析 基、先  
代表者 早瀬 修二
- (22) 第一原理計算を用いた材料開発 基  
代表者 中村 淳
- (23) 第一原理計算を用いた材料開発(2) 基  
代表者 中村 淳
- (24) 波長変制御ナノ結晶の研究 基、低、先  
代表者 沈 青
- (25) V2X のフィジビリティに関する共同研究 基  
代表者 湯 素華
- (26) Nitride-semiconductor device for space applications (宇宙環境用窒化物半導体デバイス) 基、先  
代表者 内田 和男
- (27) フッ化物セラミックレーザーの開発 基  
代表者 白川 晃
- (28) 光コムを用いた応用計測に関する研究開発 基  
代表者 美濃島 薫
- (29) 赤外光コムの創出 基  
代表者 美濃島 薫
- (30) ハイパーブランチポリマーを用いたホログラム材料の研究 基  
代表者 富田 康生
- (31) 化合物半導体ナノ粒子の光物性評価 基、低  
代表者 平田 修造
- (32) 質量分析計を軸とする分析機器を活用した新しいアプリケーションの検討と開発 基、先  
代表者 牧 昌次郎
- (33) ホタル生物発光型の新規発光材料・発光システムの創成ならびに特化酵素の開発へ向けた研究 基、先  
代表者 牧 昌次郎
- (34) 車載ミリ波レーダの信号処理技術の研究 基  
代表者 木寺 正平
- (35) 遮蔽条件まで拡張可能なレーダ信号モデルの開発 基  
代表者 木寺 正平
- (36) UWB パルスレーダによる非接触・非侵襲センシング技術 基  
代表者 木寺 正平
- (37) ビーム抑圧型パラメトリックスピーカの実現と広帯域化に向けた研究 基  
代表者 野村 英之
- (38) 安定した胎児心拍動の取得に向けたパラメトリック音源適用の可能性検討 基  
代表者 野村 英之

(受託研究)

- (1) 固体高分子形燃料電池利用高度化技術開発事業／普及拡大化基盤技術開発／MEA 性能創出技術開発 基、低  
代表者 岩澤 康裕
- (2) 高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発／革新的新構造太陽電池の研究開発／超高効率・低コストⅢ－Ⅴ化合物太陽電池モジュールの研究開発（高密度量子ドット成長技術） 基、低、先  
代表者 山口 浩一
- (3) IoT 社会実現のための超微量センシング技術開発／超微量センシング技術開発／血中成分の非侵襲連続超高度計測デバイス及び行動変容促進システムの研究開発 基、低、先  
代表者 菅 哲朗
- (4) 複雑分子系としての光合成機能の解明に向けた多次元量子もつれ分光技術の開発 低  
代表者 清水 亮介
- (5) 新エネルギー等のシーズ発掘・事業化に向けた技術研究開発事業／新エネルギー等のシーズ発掘・事業化に向けた技術研究開発事業（太陽光）／農地発電用途に適した円筒型太陽電池システムの技術開発 基、先  
代表者 早瀬 修二
- (6) 高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発／革新的新構造太陽電池の研究開発／ペロブスカイト系革新的低製造コスト太陽電池の研究開発（新素材と新構造による高性能化技術の開発）／高電流材料技術 基、先  
代表者 早瀬 修二
- (7) ペロブスカイト充填細孔構造生成と構造のモデル化 基、先  
代表者 早瀬 修二
- (8) Pb フリーペロブスカイト太陽電池の高効率化と高耐久性化 基、先  
代表者 早瀬 修二
- (9) 哺乳類初の発光酵素の探索-新しい診断技術の創生を目指して 基、低  
代表者 仲村 厚志
- (10) Pb フリーペロブスカイト太陽電池の光物性と電荷分離機構の解明 基、低、先  
代表者 沈 青
- (11) 稠密環境におけるモバイルブロードバンドアクセスネットワークの5Gによる高度化の研究開発 基  
代表者 藤井 威生
- (12) 周波数有効活用のためのIoT統合モニタリングシステムの研究開発 基  
代表者 藤井 威生
- (13) 異システム間の周波数共用技術の高度化に関する研究開発 基  
代表者 藤井 威生
- (14) 先端レーザーイノベーション拠点「光量子科学によるものづくりCPS化拠点」部門（光量子科学によるものづくりCPS化拠点） 基  
代表者 白川 晃
- (15) ERATO美濃島知的光シンセサイザプロジェクト 基  
代表者 美濃島 薫
- (16) 超高精度画像化法と多偏波解析による誘電率推定を統合した革新的マイクロ波イメージング法の創出 基  
代表者 木寺 正平
- (17) マイクロ波医療画像診断・治療のための超分解能画像化及び識別法の開発 基  
代表者 木寺 正平





## 委 員 (令和2年度)

### 研究設備センター 運営委員

センター長	鈴木 勝	教 授
基盤研究設備部門長	平野 誉	教 授
先端研究設備部門長	青山 尚之	教 授
低温部門長	島田 宏	教 授
動物支援部門長	狩野 豊	教 授
研究設備センター	桑原 大介	准教授
機械知能システム学専攻	久保木 孝	教 授
基盤理工学専攻	山口 浩一	教 授
基盤理工学専攻	奥野 剛史	教 授

### 基盤研究設備部門、低温部門 委員

基盤研究設備部門長	平野 誉	教 授
低温部門長	島田 宏	教 授
表面・界面構造解析室長	中村 仁	准教授
化学構造解析室	安井 正憲	准教授
分析・計測機器室長	石田 尚行	教 授
研究設備センター	桑原 大介	准教授

### 先端研究設備部門 委員

部門長	青山 尚之	教 授
機械・ロボット室長	金森 哉吏	准教授
デバイス室長	SANDHU Adarsh	教 授
光・バイオ室長	牧 昌次郎	准教授
機械知能システム学専攻	菅 哲朗	准教授
基盤理工学専攻	守屋 雅隆	助 教
機械知能システム学専攻	新竹 純	助 教
情報・ネットワーク工学専攻	田尻 武義	助 教
研究設備センター	加藤 匡也	研究支援推進員
研究設備センター	桑原 大介	准教授

### 動物実験支援部門 委員

部門長	狩野 豊	教 授
機械知能システム学専攻	正本 和人	教 授
基盤理工学専攻	白川 英樹	准教授
基盤理工学専攻	松田 信爾	准教授
基盤理工学専攻	牧 昌次郎	准教授
機械知能システム学専攻、共通教育部	安藤 創一	准教授
基盤理工学専攻、共通教育部	星野 太佑	准教授
基盤理工学専攻	仲村 厚志	助 教
脳・医工学研究センター	田中 繁	特任教授

## 専門委員

### 基盤研究設備部門専門委員

#### 表面・界面構造解析室

室長	中村 仁	准教授	基盤理工学専攻、共通教育部
	山口 浩一	教授	基盤理工学専攻
	松村 隆	准教授	機械知能システム学専攻
	Choo Cheow Keong	准教授	国際教育センター
	中井 日佐司	講師	国際教育センター
	坂本 克好	助教	基盤理工学専攻

#### 化学構造解析室

室長	安井 正憲	准教授	基盤理工学専攻
	平野 誉	教授	基盤理工学専攻
	石田 尚行	教授	基盤理工学専攻
	加固 昌寛	教授	基盤理工学専攻、共通教育部
	松村 隆	准教授	機械知能システム学専攻
	瀧 真清	准教授	基盤理工学専攻
	白川 英樹	准教授	基盤理工学専攻
	桑原 大介	准教授	基盤理工学専攻、研究設備センター
	三瓶 巖一	准教授	基盤理工学専攻
	牧 昌次郎	准教授	基盤理工学専攻
	畑中 信一	助教	基盤理工学専攻、共通教育部

#### 分析・計測機器室

室長	石田 尚行	教授	基盤理工学専攻
	鈴木 勝	教授	基盤理工学専攻、共通教育部
	久保木 孝	教授	機械知能システム学専攻
	奥野 剛史	教授	基盤理工学専攻
	内田 和男	教授	情報・ネットワーク工学専攻
	白川 晃	教授	基盤理工学専攻、レーザー新世代研究センター
	野村 英之	教授	情報・ネットワーク工学専攻
	金森 哉吏	准教授	機械知能システム学専攻
	中村 仁	准教授	基盤理工学専攻、共通教育部
	谷口 淳子	准教授	基盤理工学専攻

### 低温部門専門委員

#### 低温室

室長	島田 宏	教授	基盤理工学専攻
	山口 浩一	教授	基盤理工学専攻
	水柿 義直	教授	基盤理工学専攻
	鈴木 勝	教授	基盤理工学専攻、共通教育部
	中村 信行	教授	基盤理工学専攻、レーザー新世代研究センター

### 先端研究設備部門専門委員

青山 尚之	教授	機械知能システム学専攻
内田 和男	教授	情報・ネットワーク工学専攻
SANDHU Adarsh	教授	基盤理工学専攻
島田 宏	教授	基盤理工学専攻
金森 哉吏	准教授	機械知能システム学専攻
菅 哲朗	准教授	機械知能システム学専攻
牧 昌次郎	准教授	基盤理工学専攻
新竹 純	助教	機械知能システム学専攻
守屋 雅隆	助教	基盤理工学専攻
田尻 武義	助教	情報・ネットワーク工学専攻
加藤 匡也	研究支援推進員	研究設備センター

### 動物実験支援部門専門委員

狩野 豊	教授	基盤理工学専攻、共通教育部
正本 和人	教授	機械知能システム学専攻
白川 英樹	准教授	基盤理工学専攻
松田 信爾	准教授	基盤理工学専攻
牧 昌次郎	准教授	基盤理工学専攻
安藤 創一	准教授	機械知能システム学専攻、共通教育部
星野 太佑	准教授	基盤理工学専攻、共通教育部
仲村 厚志	助教	基盤理工学専攻
田中 繁	特任教授	脳・医工学研究センター







## 電気通信大学 研究設備センター

Coordinated Center for UEC Research Facilities

〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1

TEL 042-443-5732 FAX 042-443-5784

E-mail [info@cia.uec.ac.jp](mailto:info@cia.uec.ac.jp) <http://www.cia.uec.ac.jp>