

神戸大学研究基盤センター

# 若手フロンティア研究会 2018

## 概要集



開催日：2018年12月21日（金）

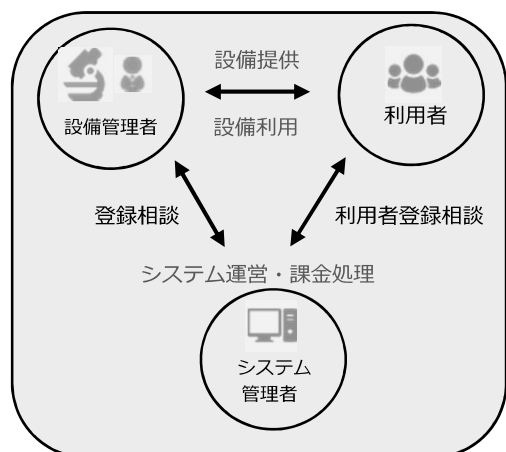
場 所：神戸大学百年記念館



センター各部門のマークだよ。どの部門か分かるかな？

答えは最後のページへ

学内の研究設備を予約利用できることをご存知ですか？

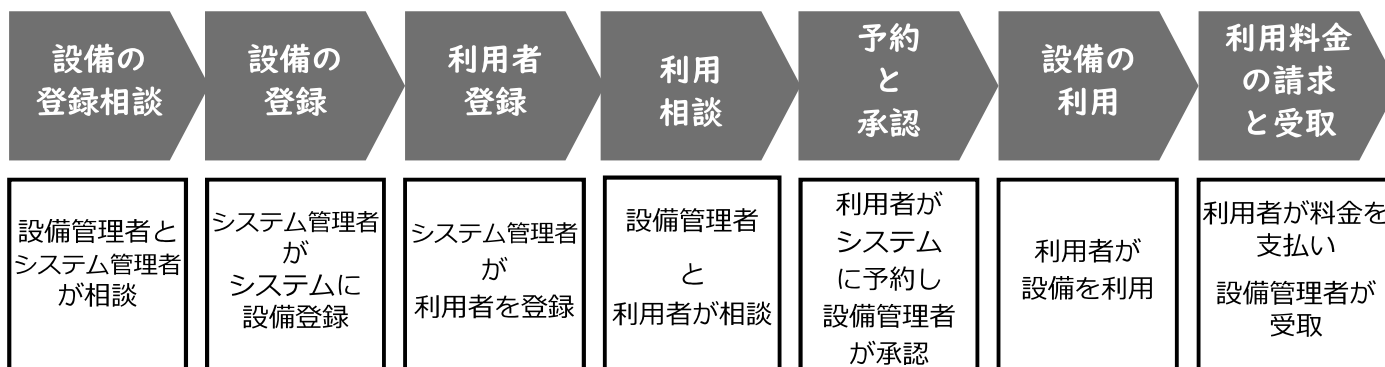


研究設備共同利用予約システムが運用中です！

点在する学内の研究設備を共同利用するシステムです。

あなたの研究に必要な機器が見つかるかもしれません！！

### ◇ご利用の流れ



### ◇利用してみませんか？

- ・システムへの利用者の登録は、研究設備サポート推進室が随時行います。
- ・利用者は設備の予約をする前に、設備管理者と事前に相談し、設備管理者のルールに従って利用します。
- ・研究基盤センターが管理する機器は登録されていませんので、通常の予約システム内からご利用ください。



### ◇お手持ちの機器を共同利用登録してみませんか？

- ・学内の設備管理者は、システムに自身が管理する設備を登録し、自身が利用単価を決め、利用料金の90%を受領することができます。（10%は予約システムの運営管理費です。）
- ・システムへの設備の登録、研究設備サポート推進室が随時行います。
- ・料金計算、利用者への請求、設備管理者への支払いは、研究設備サポート推進室と研究推進課が利用者と設備管理者の所属部局を通して行います。
- ・詳細は、HPのサブメニュー各種マニュアル> 研究設備共同利用予約システム関係をご参照下さい。



＼折り曲げ可◎／

に印刷できます！

丈夫で長持ち！

### 布プリンターの特徴

- 軽量で貼るのも簡単なので、学会ポスター印刷用などに最適！
- 布製ポスターなので細く巻く事も、折りたたむ事もできます

## 大判プリンター

A0 サイズ 1枚 **¥3,000**

〈予備印刷として布印刷 1枚につき普通紙 1枚を無料で印刷できます〉



研究基盤センターの登録利用者が対象のサービスです

プリンターに接続するパソコンと印刷データをご持参ください

(※初回にキャノン IPF750 の PrinterDriver をインストールの必要があります)

**設置場所** 極低温部門棟 2階 203室

研究基盤センター HP の予約システムよりご予約を受付ます

- ・ 1枚 30分としてご予約ください
- ・ お一人で利用される場合は、共同利用者欄に自分の名前をご入力ください
- ・ 備考欄に印刷枚数をご入力ください
- ・ 学生の方も利用できます (※備考欄に指導教員名と所属を要入力)

詳細は URL: [http://www.csrea.kobe-u.ac.jp/in\\_printer.html](http://www.csrea.kobe-u.ac.jp/in_printer.html) をご覧ください



問い合わせ：極低温部門 <078-803-5996>  
csrea-teion@research.kobe-u.ac.jp



# 発表プログラム

ポスター 番号	発表者氏名 Presenter name	発表者所属 Affiliation	発表タイトル Title of summary	ページ 番号
A01	西村 香音	応用化学専攻 Applied Chemistry	ガン細胞に抗ガン剤を製造させる新規治療法の開発	6P
A02	寒川 祐美	生命機能科学専攻 Agrobioscience	Ashitaba chalcones prevent steroid-induced muscle atrophy	6P
A03	藤井 宏一	化学専攻 chemistry	蛍光寿命計測によるアシルCoA結合タンパク質のフォールディング 機構解析	7P
A04	三木 祐香	生命機能科学専攻 Agrobioscience	RNA-seqデータからみたエギロプス属Sitopsis節の種間関係と パンコムギゲノムの起原	7P
A05	石橋 美咲	資源生命科学専攻 Bioresource Science	イチゴメジャーアレルゲンFra a 1の季節変動性	8P
A06	松本 健嗣	海事科学専攻 Maritime Sciences	ポリフェノールの電解酸化機構の解明	8P
A07	津曲 涼介	生命機能科学専攻 Agrobioscience	DGKβ相互作用タンパク質の同定とその機能	9P
A08	藤岡 聖	生命機能科学専攻 Agrobioscience	寄生植物ストライガのアブシジン酸情報伝達異常の解析	9P
A09	藤田 健太郎	生命機能科学専攻 Agrobioscience	汚染物質輸送因子に着目した農薬による作物汚染の低減化	10P
A10	笠澄 望	生命機能科学専攻 Agrobioscience	同祖遺伝子を区別したパンコムギハイブリッドネクロシスの RNA-seq解析	10P
B01	金子 一貴	応用化学専攻 Applied Chemistry	診断用ペーパーデバイスの開発に向けたセルローズ紙表面の機能化	11P
B02	山本 翔太	応用化学専攻 Applied Chemistry	ガン細胞を選択的に殺傷するゲル化剤の開発 ～副作用の少ないガン治療を目指して～	11P
B03	堀 結喜	物理学専攻 physical science	多価イオン照射した多層カーボンナノチューブのTEM評価	12P
B04	宮原 弘稀	応用化学専攻 Applied Chemistry	コーティングでDNA固定化可能なプラスチック表面を作りだす	12P
B05	酒井 梨嘉	応用化学専攻 Applied Chemistry	クリック反応性蛍光物質による材料表面アジド基定量法の開発	13P
B06	原 真奈美	応用化学専攻 Applied Chemistry	マイクロ偏析により機能性官能基が表層に濃縮されるポリプロピレンの 表面修飾コーティング	13P
B07	綾 恵弥	生命機能科学専攻 Agrobioscience	B-ring catechol structure of flavonol is important for promotion of glucose uptake into muscle cells	14P
B08	田中 誠祐	電気電子工学専攻 electrical and electronic engineering	多層膜分光器を用いたアンジュレータ放射光照射による石英系ガラスの 屈折率制御	14P
B09	山口 真奈	化学専攻 chemistry	金属ナトリウム分散体を用いた有機溶媒の脱水精製	15P
B10	中山 雄太	電気電子工学専攻 electrical and electronic engineering	Yb添加Y-Al-O化合物における固体レーザー冷却	15P
B11	名倉 椋	応用化学専攻 Applied Chemistry	高ひずみシクロアレン前駆体の革新的合成と応用	16P
B12	外菌 星也	電気電子工学専攻 electrical and electronic engineering	封止したシリコンナノ結晶塗布薄膜の電気伝導評価	16P
B13	生野 陽一	電気電子工学専攻 electrical and electronic engineering	単一窒化チタンナノ粒子の光散乱特性評価	17P
B14	土橋 侑弥	電気電子工学専攻 electrical and electronic engineering	シリコンナノ結晶塗布薄膜を用いた湿度センサのインピーダンス 分光分析	17P
B15	伊藤 友紀子	応用化学専攻 Applied Chemistry	つまぎ状分子不斉化合物の異性化挙動の考察 -分子軌道計算によるアプローチ-	18P
B16	本倉 健吾	電気電子工学専攻 electrical and electronic engineering	平面多層膜構造におけるFano共鳴の光制御	18P
B17	松崎 涼介	化学専攻 chemistry	ZnO薄膜における励起子誘導放出機構	19P
B18	東浦 智輝	電気電子工学専攻 electrical and electronic engineering	非対称性を有する金属ナノキャップの表面プラズモン共鳴特性	19P
B19	中村 友一	電気電子工学専攻 electrical and electronic engineering	ポリマーコアを用いたシングルモード光導波路センサの研究	20P
B20	濱田 幹彦	電気電子工学専攻 electrical and electronic engineering	高屈折率誘電体球のMie共鳴と金属ナノキャップのLSPRの干渉に基づく 指向性光ナノアンテナ	20P
B21	藤井 柊介	化学専攻 chemistry	ZnOマイクロ薄膜の誘導放出機構へのバンドギャップ変調効果	21P
B22	今泉 瞭佑	電気電子工学専攻 electrical and electronic engineering	高屈折率誘電体ナノワイヤの光学特性	21P

B23	河内 剛史	電気電子工学専攻 electrical and electronic engineering	シリコンナノ結晶塗布薄膜における酸素空孔フィラメント形成のメカニズム	22P
B24	志賀 隆之	電気電子工学専攻 electrical and electronic engineering	フレキシブル基板上への大面積プラズモン構造色発現	22P
B25	鵜崎 真妃	生物学専攻 biology	二チニチソウ異形：乳管細胞の発生、分化、代謝変動の解析	23P
B26	中村 俊之	電気電子工学専攻 electrical and electronic engineering	可視応答型光触媒を指向したBoron Phosphideナノ結晶の開発	23P
B27	吉川 祐樹	化学専攻 chemistry	アミロイド核形成メカニズムの解明を目指した核形成中間体の捕捉および構造解析	24P
B28	Mohammed El behery	化学専攻 chemistry	Studies on molecular functions of human tumor suppressor protein 101F6	24P
B29	居村 祐介	電気電子工学専攻 electrical and electronic engineering	金属イオンによるシリコン量子ドット間架橋	25P
C01	田辺 祥汰	惑星学専攻 planetology	水月湖年縞堆積物で発見した地磁気エクスカージョン	25P
C02	三輪 泰大	人間環境学専攻 Department of Human Environment Science	TBAB hydrateのTHz吸収分光とラマン分光の比較	26P
C03	藤本 恵輔	物理学専攻 physical science	YIGにおける電場誘起磁化	26P
C04	釋 佳佑	物理学専攻 physical science	CuOにおける格子とスピンの超高速ダイナミクス	27P
C05	植野 嘉文	化学専攻 chemistry	羽状目珪藻Phaeodactylum tricornutumにおける光捕集機能の培養光質依存性	27P
C06	下城 世那	物理学専攻 physical science	幾何学的なスピン構造を有する反強磁性体の強磁場ESRによる研究	28P
C07	出口 健太	物理学専攻 physical science	高感度ESR測定のためのマイクロ磁気チップカンチレバーの作製	28P
C08	石村 謙斗	物理学専攻 physical science	改良されたメンブレン型 piezo 抵抗センサーを用いた角度回転高周波ESR	29P
C09	小松 亮太	生命機能科学専攻 Agrobioscience	Development of single molecule observation technique of membrane proteins combining model biological membrane and nanometric gap structure	29P
C10	岩切 泰和	物理学専攻 physical science	希土類の八面体構造を持つR6Pd13Cd4(R=La, Ce, Pr)の物性	30P
C11	櫻井 遥	化学専攻 chemistry	pH応答性膜破壊能を有するヘリックス型設計ペプチド	30P
C12	永瀬 陽望	化学専攻 chemistry	ナノファイバー形成による人工酵素ペプチドの高機能化	31P
C13	諏訪 瑞季	生命機能科学専攻 Agrobioscience	ウリ科植物におけるPOPs輸送タンパク質の細胞内局在と分泌	31P
C14	本岡 香奈	生物学専攻 biology	セントポーリア温度感受に関わる分子機構の解析	32P
C15	滝田 茉央	化学専攻 chemistry	カルシウムイオン結合能及びナノファイバー形成能を有するペプチド設計	32P
C16	大島 健太郎	物理学専攻 physical science	ペロブスカイト型化合物PbMnO <sub>3</sub> のESR測定	33P
C17	福原 一平	化学専攻 chemistry	触媒的不斉アミノヒドロキシル化反応を用いたアミノ糖合成	33P
C18	奥藤 涼介	物理学専攻 physical science	2万気圧下でスピンを観る！	34P
C19	坂本 みのり	生命機能科学専攻 Agrobioscience	シロイヌナズナにおけるALA類縁物質による病原菌抵抗性の誘導	34P
C20	荒井 真也	資源生命科学専攻 Bioresource Science	ラット回腸粘膜における好酸球系列の細胞の組織学的研究	35P
C21	藤本 達也	物理学専攻 physical science	ヌル検出を用いた高周波ESR測定法の開発	35P
C22	坂本 有輝	化学専攻 chemistry	ヒトcytochrome b561 form3 ( hb561-3 ) の分子機能解明	36P
C23	近藤 可奈子	生命機能科学専攻 Agrobioscience	皮膚老化メカニズムの解明とその応用	36P
C24	西 綾音	化学専攻 chemistry	金属還元酵素ヒトSteap4の分子機能解明	37P
C25	宮脇 敦大	化学専攻 chemistry	スピנקロスオーバー錯体薄膜のFET特性	37P
C26	渋谷 僚太	物理学専攻 physical science	Ce <sub>6</sub> Mg <sub>2</sub> Z <sub>3</sub> ( Z = C, Si, Ge ) の多結晶作製及び物性測定	38P
C27	藤井 和香	惑星学専攻 planetology	約77万年前に繰り返した急激な温暖化と寒冷化	38P
C28	岡本 翔	物理学専攻 physical science	SiN <sub>x</sub> ナノメンブレンを用いた力検出型電子スピン共鳴法	39P
C29	港 啓介	物理学専攻 physical science	光伝導アンテナを使った連続周波数可変テラヘルツ帯電子スピン共鳴法の開発	39P

C30	兼吉 潤	物理学専攻 physical science	圧力誘起超伝導体CrAsの高圧下ホール効果測定	40P
C31	桑田 祥希	物理学専攻 physical science	$^{31}\text{P}$ -NMRで探るNbCrPの新奇相転移	40P
C32	小林 佐和子	生命機能科学専攻 Agrobioscience	親水性高分子と人工生体膜を用いたモデル生体膜の構築	41P
C33	鈴木 哲平	物理学専攻 physical science	ヌル検出法による高周波電子スピン共鳴測定	41P
C34	杉谷 真歩	化学専攻 chemistry	配位能を持つアクセプターからなる錯体の構造と性質	42P
C35	正田 峻	物理学専攻 physical science	反強磁性体 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ における高速格子ダイナミクス	42P
C36	恒石 一義	物理学専攻 physical science	KCuMoO $_4$ (OH)のESR測定	43P
C37	政安 梨緒	化学専攻 chemistry	炎症誘起タンパク質NLRP3のLRRドメインによるアミロイド $\beta$ 線維の直接的認識	43P
C38	松本 蓮	物理学専攻 physical science	ナノメンブレンを用いた周波数掃引型電子スピン共鳴法の開発	44P
C39	伊藤 誠也	物理学専攻 physical science	直方晶化合物 $\text{R}_3\text{NbRh}_4\text{Ge}_4$ (R=Ce,Nd,Pr)の基礎物性測定	44P
C40	竹内 涼介	物理学専攻 physical science	NMRを用いたUNi $_4$ Bの磁気構造と結晶構造の研究	45P
C41	築地 孝和	物理学専攻 physical science	空間反転対称性のない六方晶希土類化合物 $\text{RRh}_6\text{Ge}_4$ ( R = 希土類 ) の単結晶作製と物性測定	45P
C42	永井 るりか	生命機能科学専攻 Agrobioscience	細胞膜断片blebを用いたモデル生体膜への膜タンパク質の再構成	46P
C43	大西 萌	化学専攻 chemistry	部位特異的スピララベルEPR分光法によるABCトランスポーター; BhuUVの構造変化の実時間測定	46P
D01	中島 優一	海事科学専攻 Maritime Sciences	重イオンビームプローブ法で用いる検出器の重イオン検出効率向上に関する研究	47P
D02	山本 真旭	海事科学専攻 Maritime Sciences	加速器分析を用いた核融合炉材料の研究	47P
D03	清水 和輝	海事科学専攻 Maritime Sciences	リアルタイムトムソンパラボラシステムの校正	48P
D04	中島 慎弥	海事科学専攻 Maritime Sciences	イオンビームを用いたグラフト重合法の基礎研究 ～種々のモノマーを用いたグラフト重合～	48P
D05	栗巢野 敦也	電気電子工学専攻 electrical and electronic engineering	二次電子放出を利用した高速イオンのエネルギー回収における低ミラー比磁場の効果	49P
D06	武田 翼	海事科学専攻 Maritime Sciences	Li金属化合物 $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ の $\text{CO}_2$ 吸収現象	49P
D07	藤田 尚希	海事科学専攻 Maritime Sciences	イオンビームを用いた機能性高分子材料の作製法	50P
D08	吉岡 良兼	海事科学専攻 Maritime Sciences	重水素プラズマ診断のための損失粒子誘起ガンマ線計測法	50P
D09	井上 凌一	海事科学専攻 Maritime Sciences	その場同時イオンビームグラフト重合法の照射体系構築	51P

## A01

# ガン細胞に抗ガン剤を製造させる新規治療法の開発

西村香音<sup>1</sup>、山本翔太<sup>1</sup>、青井貴之<sup>2</sup>、丸山達生<sup>3</sup>

工学研究科 応用化学専攻 博士課程前期<sup>1</sup>、神戸大イノベ・医<sup>2</sup>、神戸大院・工<sup>3</sup>

近年、ガン治療法では抗ガン剤を用いる方法が主流となっている。ところが、多くの抗ガン剤はその作用機構からガン細胞だけでなく正常細胞に対しても毒性を示すため、副作用を生じることが知られている。最近では、ガン細胞に関わる特定の酵素を阻害・失活させるような抗ガン剤が開発され利用が進んでいるが、長期間使用すると薬剤耐性が生まれ、治療が困難になるという問題を抱えている。そこで本研究では、ガン細胞内で酵素の働きを止めるのではなく、これを利用してガン細胞を死滅させることを目指している。具体的には、ガン細胞内で活性化している酵素に応答し構造が変化することで、界面活性剤（抗ガン剤）となるような前駆体の開発を行っている。ガン細胞内で生じた界面活性剤は、細胞膜に作用し表面張力を低下させ、ガン細胞を溶解・死滅させると考えている。一方で、正常細胞内では構造が変化しないため、影響は少ないと考えられる。以上のような作用機序であれば、副作用が少なく、薬剤耐性のあるガン細胞も殺傷できると期待される。

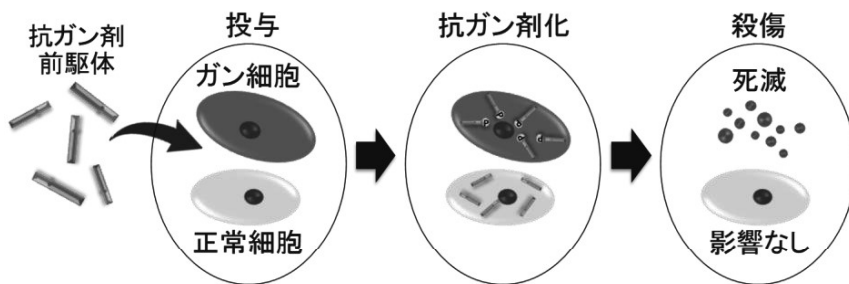


Fig. 1 本研究におけるガン細胞死滅システム

## A02

# Ashitaba chalcones prevent steroid-induced muscle atrophy

Yumi Samukawa, Yoko Yamashita, Hitoshi Ashida

Graduate School of Agricultural Science, Agrobioscience Department, Master Program

Decreasing of muscle mass leads to increase a risk of mortality. Since muscle mass is maintained through a balance between protein synthesis and degradation, the balance tilted toward the degradation causes muscle atrophy. We found that 4-hydroxyderricin (4HD) and xanthoangelol (XAG), prenylated chalcones in Ashitaba (*Angelica keiskei* Koidzumii), prevented <sup>3</sup>H-labeled protein degradation induced by dexamethasone (Dex). 4HD and XAG decreased the expression levels of Cbl-b and MuRF-1, which are ubiquitin ligases related to muscle atrophy. These chalcones suppressed phosphorylation of FoxO3a (Ser7), as an upstream factor for the ubiquitin ligases. In addition, Dex bounded to glucocorticoid receptor (GR) and induced its nuclear translocation. We confirmed that these chalcones suppressed the level of <sup>3</sup>H-Dex binding to GR and inhibited the translocation. In mice, Ashitaba extract, including 4HD and XAG, suppressed dexamethasone-induced muscle mass wasting. Thus, these chalcones prevented muscle atrophy through two mechanisms; inhibiting phosphorylation of FoxO3a and acting as the antagonists of GR. Therefore, these chalcones are effective compounds to steroid-induced muscle atrophy.

This work was supported by KAKENHI (17H00818).

## A03

# 蛍光寿命計測によるアシル CoA 結合タンパク質の

## フォールディング機構解析

藤井宏一、松原亮介、鏝木基成、木村哲就

理学研究科 博士前期課程 化学専攻

タンパク質の折り畳み(フォールディング)過程において、どのように構造を変化させて天然状態に辿り着くのかを研究することは、フォールディング機構の本質的な理解に必要不可欠である。本研究では、タンパク質の疎水性凝縮と二次構造形成の協同性などの詳細なフォールディング機構を解明することを目的としている。我々は、86 残基の小さな球状タンパク質である acyl-CoA-binding protein(ACBP, Fig.1)に対して、蛍光ドナー・アクセプター(D-A)ペアにて二重標識を行い、D-A 間の蛍光共鳴エネルギー移動(FRET)によるコンフォメーション変化の観察を行った。疎水性凝縮の観察を目的とした Q2C(DNS)-K66C(QSY)と二次構造形成の観察を目的とした K66C(DNS)-I86C(QSY)の 2 種類のサンプルにて、時間相関単一光子計測法(TCSPC)を用いた蛍光寿命測定を行った。天然-変性状態間にて、Q2C(DNS)-K66C(QSY)は明らかに D-A 距離の変化が見られたものの、K66C(DNS)-I86C(QSY)に関してはあまり D-A 距離変化が見られなかった。よって、Helix-IV(66-86)領域に関しては協同的なフォールディングに関与していない可能性が示唆された。



Fig.1 ACBP の結晶構造

## A04

# RNA-seq データからみたエギロプス属 *Sitopsis* 節の種間関係と

## パンコムギ B ゲノムの起原

三木祐香<sup>1)</sup>、吉田健太郎<sup>2)</sup>、佐藤和広<sup>3)</sup>、宅見薫雄<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>農学研究科 生命機能科学専攻 博士前期課程、<sup>2)</sup>神戸大院・農、<sup>3)</sup>岡山大植物研

パンコムギ(AABBDD,  $2n=6x=42$ )は異質 6 倍体のゲノムを持ち、コムギ近縁野生種の交雑と倍加が 2 度起こることによって成立したとされる。パンコムギの B ゲノムは *Aegilops* 属 *Sitopsis* 節に含まれる S ゲノムを持つ 2 倍体の種が起原であり、その中でも *Ae. speltoides*(SS,  $2n=2x=14$ )が B ゲノムの提供親であろうとされるが、未だに議論が続いている。本研究では、次世代シーケンサーを用いた RNA sequencing (RNA-seq)解析により、パンコムギ参照配列 (IWGSC, 2018) を利用して *Sitopsis* 節 19 系統の転写領域をゲノム全域にわたって比較し、B ゲノムの起原と *Sitopsis* 節の種間関係について考察を行った。

転写産物を参照配列にアライメントすることによって得られた SNP(一塩基多型)情報から系統樹を作成したところ、*Ae. speltoides* はパンコムギ B ゲノムと遺伝的に近く、他の *Sitopsis* 節 4 種とは明瞭に分化していた。ゲノム全域ではなく、各染色体を領域ごとに区切った解析でも同様の結果が見られたが、1B と 3B 染色体の末端領域では *Ae. speltoides* ではない *Sitopsis* 節種のグループに B ゲノムが近い関係を示していた。これは *Sitopsis* 節の中で *Ae. speltoides* のみが他殖性であり、コムギでは末端領域の組換えが起こりやすいことによって生じた現象だと考えられたことから、*Ae. speltoides* がパンコムギの B ゲノム染色体の提供親であるという結論が得られた。

## A05

### イチゴメジャーアレルゲン *Fra a 1* の季節変動性

石橋美咲、大河内駿二、吉川博記、宇野雄一

農学研究科 博士後期課程 資源生命科学専攻

イチゴ (*Fragaria* × *ananassa*) の果実は、口腔内に痒み・腫れをもたらすアレルギー症状を引き起こすことがある。有症者は摂食回避によって対応する場合が多く、イチゴの消費低迷につながる恐れがある。イチゴにおけるメジャーアレルゲンは *Fra a 1* タンパク質であり、約 30 個の遺伝子によりコードされている (Ishibashi et al. 2018)。*Fra a 1* が属する PR-10 サブファミリーの多くは、生物/非生物ストレスを含めた環境変化に応答する (Fernandes et al. 2013)。これらの応答性を利用すれば、果実における *Fra a 1* の蓄積量を栽培方法によって制御できる可能性がある。しかし、イチゴの果実内成分が季節により変動するように (Vicente et al. 2014)、*Fra a 1* も変化していると予想されるため、バックグラウンドの蓄積量を評価する必要がある。そこで本研究では、‘章姫’における *Fra a 1.01* の転写量とタンパク質含量の季節変動を解析した。その結果、1-2 月に収穫した果実と比較して、5 月の収穫果における *Fra a 1.01* タンパク質の蓄積量が有意に低いことを確認した。この原因として、温度や果実の成熟速度などが考えられた。他種の PR-10 タンパク質には、低温で誘導され植物体の耐凍性を獲得するものや (Ukaji et al. 2004)、貯蔵タンパク質として冬季の気候に適応するものがある (Goulas et al. 2007)。イチゴにおいても、*Fra a 1.01* タンパク質が冬季の低温に応答して増加している可能性が示唆された。*Fra a 1.01* 遺伝子の転写量は、タンパク質の蓄積量と相関しなかったが ( $R^2=0.05$ )、これは転写-翻訳のタイムラグなどが要因と考えられた。今後は、低温に対する遺伝子の初期応答性を調査する必要がある。

## A06

### ポリフェノールの電解酸化機構の解明

松本健嗣<sup>1</sup>、堀田弘樹<sup>2</sup>、木村行宏<sup>3</sup>、大塚利行<sup>4</sup>

海事科学研究科 海洋安全システム科学専攻 博士前期課程<sup>1</sup>、  
神戸大院海事<sup>2</sup>、神戸大院農<sup>3</sup>、神戸大院理<sup>4</sup>

ポリフェノールは植物に含まれる抗酸化物質である。摂取による健康への寄与に関する研究や、*in vitro* での抗酸化活性の評価法の研究が盛んに行われている。ポリフェノールは多量化など複雑な酸化機構を有することが知られており、多くの種類の生成物が生じることが知られているが、その詳細な機構は十分に解明されていない。本研究では、フロー全電解セルで電気化学的に酸化させたポリフェノール試料を、オンラインで高速液体クロマトグラフィー-質量分析 (HPLC-MS) により分析を行った。*o*-ヒドロキノン骨格を持つポリフェノールであるカフェイン酸 (ヒドロキノン体) を酸化すると、2 電子酸化体であるキノン体が生成したが、時間経過に伴い後続反応を起こし、二量体や元のヒドロキノン体が多く生成していることが明らかとなった。また、これらの生成物の多くは、一度十分に酸化されてできた生成物であるにも関わらず、さらなる電解酸化を受けることが分かり、このような後続反応によりカフェイン酸が高い抗酸化活性を持つことを明らかにした。カフェイン酸以外のいくつかのポリフェノールについても分析を行い、その構造と酸化機構の関係を調べ、抗酸化活性との関係について考察を行った。

## A07

# DGK $\beta$ 相互作用タンパク質の同定とその機能

津曲涼介、加野拓也、上田修司、山之上稔、白井康仁

農学研究科 博士後期課程 生命機能科学専攻

ジアシルグリセロールキナーゼ(DGK)は脂質シグナルの均衡を調節することから、生体内で重要な役割を持つと考えられている。10種あるサブタイプのうち、DGK $\beta$ は神経特異的に発現し、神経突起伸長を促進する。一方、活性消失変異体である *kinase negative* (KN)も野生型ほどではないものの突起伸長能を有することから、DGK $\beta$ による活性非依存的な突起伸長機構の存在が示唆されたが、そのメカニズムは明らかでない。以上のことから本研究では DGK $\beta$ の相互作用タンパク質に着目した活性非依存的な神経突起伸長機構の解明を目的とした。そこで神経突起伸長に関与し、PKC $\eta$ の C1domain と相互作用することが知られる RalA と DGK $\beta$ の細胞内局在及び結合検証を行った。その結果、DGK $\beta$ と RalA は C1domain を介して相互作用し、細胞膜において共局在することが明らかとなった。次に、RalA が活性非依存的な突起伸長に関与するかを調べるためにヒト神経芽細胞腫である SH-SY5Y に KN を過剰発現させ、RalA をロックダウンすると突起伸長が有意に抑制された。すなわち、DGK $\beta$ の活性非依存的な突起伸長機構には C1domain を介した RalA との相互作用が重要であることが明らかとなった。一方、DGK $\beta$ は putative actin binding site (ABS)を有し、ABS 欠損変異体 ( $\Delta$ ABS)は膜局在と突起伸長能が消失する。そこで DGK $\beta$ と actin の細胞内局在及び結合検証を行ったところ、DGK $\beta$ と actin は ABS を介して相互作用し、細胞膜において共局在することが明らかとなった。以上のことから、DGK $\beta$ は C1domain を介して RalA と、ABS を介して actin と相互作用することで細胞膜に局在し、突起伸長能を発揮することが示唆された。

## A08

# 寄生植物ストライガのアブシジン酸情報伝達異常の解析

○藤岡 聖<sup>1</sup>, 鮫島 啓彰<sup>1,2</sup>, 鈴木 秀幸<sup>3</sup>, 水谷 正治<sup>1</sup>, 岡本 昌憲<sup>4</sup>, 杉本 幸裕<sup>1,2</sup>

(1. 神大院農, 2. JICA/SATREPS, 3. かずさ DNA 研究所, 4. 宇都宮大バイオ, 5. JST さきがけ)

*Striga hermonthica* (ストライガ) はイネ科植物を宿主とする根寄生植物であり、アフリカの乾燥地域の食糧生産を阻害する深刻な要因である。多くの陸上植物が乾燥条件下でアブシジン酸 (ABA) を合成し、これをシグナル分子として蒸散の抑制を誘導する。しかしストライガは乾燥下でも高い蒸散速度を維持する。この蒸散は根と地上部で水分勾配を形成することから、根の結合部からの宿主の養水分の吸収に寄与すると考えられる。我々はストライガの寄生戦略を理解する為に乾燥下での蒸散維持機構について解析を試みた。我々は生理学的な知見としてストライガの葉に多量の ABA が蓄積していること、葉の蒸散と種子の発芽が高濃度の ABA 処理に応答しないことを見出した。そこで ABA の受容機構を構成する遺伝子をストライガから単離し、そのタンパク質としての機能を解析した。その結果、シロイヌナズナの ABA シグナル抑制因子である Protein phosphatase 2C (PP2C)は ABA 受容体および ABA を添加することでその機能が阻害されたのに対し、ストライガの PP2C の一つ (ShPP2C1) は機能を維持することが明らかになった。さらに ShPP2C1 を導入したシロイヌナズナは ABA 非感受性となり乾燥条件下でも高い蒸散を維持した。以上の結果から、ShPP2C1 は ABA 存在下でも受容体による制御を受けず ABA 情報伝達経路を恒常的に抑制しているために、乾燥感受性を低下させ蒸散を維持していると考えられる。本研究により ShPP2C1 がストライガの養水分収奪に寄与することが強く示唆された。

## A09

# 汚染物質輸送因子に着目した農薬による 作物汚染の低減化

藤田健太郎<sup>1</sup>、近藤恭光<sup>2</sup>、本田香織<sup>2</sup>、長田裕之<sup>2</sup>、乾秀之<sup>1,3</sup>

農学研究科 生命機能科学専攻 博士前期課程<sup>1</sup>、理研・CSRS<sup>2</sup>、神戸大・バイオ<sup>3</sup>

過去に殺虫剤として使用されたディルドリンやヘプタクロルなどの高脂溶性汚染物質は、ウリ科植物の果実で残留基準値を超えて検出されて問題になった。この作物汚染は、分子内に疎水性のキャビティを有する生理的機能が未知の Major latex-like protein (MLP) が、これら汚染物質と結合し、導管液を通して地上部に輸送するために引き起こされる(1)。したがって、MLP を標的としてその存在量や結合活性を制御することにより、汚染物質の地上部への輸送を低下させることができると考えられる。本研究では、農薬の使用によって、MLP 遺伝子の発現の抑制、また、MLP 結合化合物による MLP と汚染物質の結合の競合的阻害を引き起こし、高脂溶性汚染物質による作物汚染の低減化を図った。

(1) Inui H, Sawada M, Goto J, Yamazaki K, Kodama N, Tsuruta H, Eun H. (2013); *Plant Physiol.* 161(4): 2128-35.

## A10

# 同祖遺伝子を区別したパンコムギハイブリッドネクロ シスの RNA-seq 解析

笠澄望<sup>1</sup>・吉田健太郎<sup>2</sup>・佐藤和広<sup>3</sup>・宅見薫雄<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 農学研究科 生命機能科学専攻 博士前期課程、<sup>2</sup> 神戸大院・農、<sup>3</sup> 岡山大植物研

*Ne1* と *Ne2* はパンコムギ品種間、あるいはパンコムギと二粒系コムギ系統間の F<sub>1</sub> 雑種において、ネクローシスによる細胞死をもたらす生殖隔離遺伝子であるが、その実体は明らかになっていない。本研究では、*Ne1* と *Ne2* の相互作用の効果がパンコムギの初期生育に与える影響を明らかにするために、RNA sequencing (RNA-seq) 解析を行った。まず、パンコムギ系統 S-615 で 10 回以上戻し交配したこれらの遺伝子の準等質遺伝子系統である *Ne1*-S615 と *Ne2*-S615、及び戻し交配親の S-615 を用いて、これらの幼苗葉の RNA-seq 解析を Illumina MiSeq により行った。その結果、*Ne1*-S615 と *Ne2*-S615 に持ち込まれた *Ne1* 及び *Ne2* 染色体領域をそれぞれ 5B、2B 染色体上に検出した。この際、ユニークにアライメントされたリードを用いた解析と、同祖遺伝子を区別する HomeoRoq を利用した解析では検出される SNP の分布状況が異なっていた。さらに、*Ne1*-S615 と *Ne2*-S615 の F<sub>1</sub> で発現量が変動する遺伝子を検出するために、NILs 間の交配から F<sub>1</sub> で症状が表れるまでの時系列を追って mRNA を抽出し、Illumina HiSeq によって RNA-seq 解析を行った。その結果、症状が表れるはるかに前の段階から F<sub>1</sub> で *Ne1* と *Ne2* の相互作用が起こっていることが示唆された。今後、より正確に同祖遺伝子を区別して解析する必要がある



## B01

# 診断用ペーパーデバイスの開発に向けた

## セルロース紙表面の機能化

金子一貴、原真奈美、丸山達生

工学研究科 応用化学専攻 博士前期課程、神戸大院・工

診断用ペーパーデバイスは低コストかつ軽量で処分も容易であることから注目を集めている。本研究では、紙表面に診断デバイスとしての生体分子を固定化する方法として、反応点を含むポリエチレングリコール（PEG）系高分子と含フッ素界面活性剤をディップコートすることで機能性表面を作製することを目指した。塗布する高分子溶液に PEG 型含フッ素界面活性剤を添加することにより、フッ素の表面偏析に巻き込まれる形で、本来バルク中に埋もれやすい塗布高分子中の PEG 鎖を表面に偏析させることができると考えた。この塗布表面は、従来の紙デバイスに比べてタンパク質吸着を抑制したことから、高い防汚性を有していることが分かった。さらに、高分子中の反応点を介し、特定のタンパク質だけを紙表面でキャッチすることにも成功しており、反応選択性の高い紙表面を作製することができた。現在は反応点へ DNA を固定化し、DNA 検出可能な紙デバイスの作製に取り組んでいる。

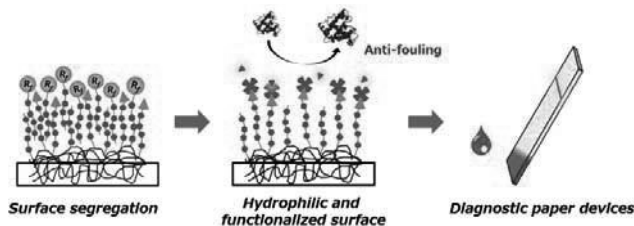


図1 本研究の概要図

## B02

# ガン細胞を選択的に殺傷するゲル化剤の開発 ～副作用の少ないガン治療を目指して～

山本翔太、西田雄貴、丸山達生

工学研究科 博士課程前期課程 応用化学専攻

ガン細胞の細胞内 pH が正常細胞に比べて低いと言われていることから、ある特定の pH の溶液においてのみゲルを形成する pH 応答性超分子ゲル化剤を考案した。これにより、正常細胞には影響を及ぼさないが、ガン細胞においては細胞内でゲルを形成し死滅させることが可能になると考えられ、より低侵襲なガン治療に貢献できると期待されている。そこで、種々のペプチド脂質型超分子ゲル化剤の合成を行い、pH 応答性に優れた超分子ゲル化剤を選択した。ゲル化剤の精製には高速液体クロマトグラフィーを用い、MALDI-TOF/MS によって合成物の同定を行った。このゲル化剤の pH 応答性及び、ゲル化能を確認するため、様々な pH においてゲル化試験、臨界ミセル濃度（CMC）測定及び CD スペクトル測定を行った。また超分子ゲル化剤のナノファイバー構造を透過型電子顕微鏡によって観察し、超分子構造体とゲル化の関係を調べた。次に各種培養細胞を用いて細胞毒性試験を行うことで、ゲル化剤が与える細胞毒性について検討を行った。そして用いた培養細胞の細胞内 pH を求めることで、細胞内 pH とゲル化剤の細胞毒性についての関連性について検討を行った。

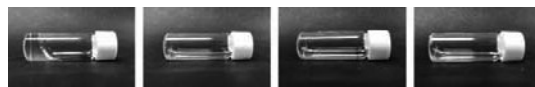


Fig. 1 Results of gelation test (pH 6.8, 7.0, 7.2, 7.4 concentration 0.15 wt%)

### References

- 1) A. Tanaka *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.* 2015, 137, 770-775.
- 2) Y. Nishida *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2017, 56, 9410-9414.

## B03

# 多価イオン照射した多層カーボンナノチューブの TEM 評価

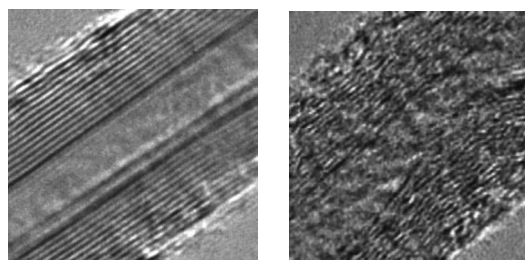
堀結喜<sup>1</sup>、西田尚史<sup>2</sup>、櫻井誠<sup>2</sup>、本田信一<sup>3</sup>

理学研究科 博士前期課程 物理学専攻<sup>1</sup>、神戸大院・理<sup>2</sup>、兵庫県立大学<sup>3</sup>

カーボンナノチューブ(CNT)は炭素のみで構成されたハニカム構造のシートを丸めたチューブ状の物質である。柔軟で弾力性に富み、電気特性に優れ、その熱伝導率や機械的強度から新機能性材料として注目されている。本研究では、CNTの形態制御を目的としてCNTへの欠陥導入に着目している。

欠陥導入の方法として多価イオン源であるKobe-EBISによる多価イオン照射を行った。多価イオン照射では運動エネルギーを小さくする事で内部への影響を抑え、そのポテンシャルエネルギーによって表面のみに影響を及ぼす事が期待されている。

過去の研究では照射後のCNTの内径や外径の変化に注目し、TEMを使用して照射前後を観察し、層構造の乱れや表面の凹凸が確認されている。本研究ではポテンシャルスパッタリングの影響を調べるためにCNTの表面と内側での層間隔に注目しており、本発表ではこの層間隔の変化について発表するつもりである。



(a) (b)

(a)照射前、(b)8価 $6 \times 10^{13}$ ions/cm<sup>2</sup>照射後

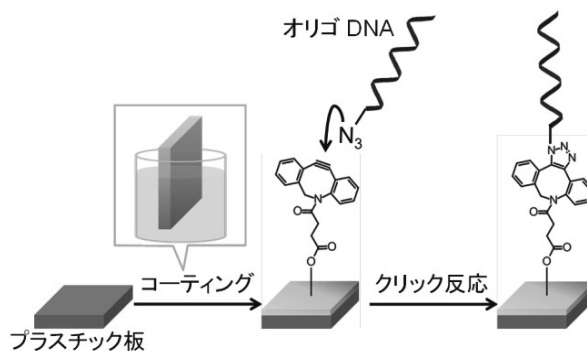
## B04

# コーティングでDNA固定化可能な プラスチック表面を作り出す

宮原弘稀、酒井梨嘉、丸山達生

工学研究科 博士前期課程 応用化学専攻

銅フリークリック反応はアジド( $N_3$ )と環状アルキンとによる1,3-双極子環化付加反応の一種で、その高い収率・選択性から、生化学の分野においてタンパク質やDNA、細胞を標識する際にしばしば用いられる反応である。近年、バイオセンサーのための足場として、銅フリークリック反応によって生体分子を固定化可能な固体表面が注目されている。しかし、これまでに報告されてきた例ではシリコンやガラスといった無機物質を足場としており、表面機能化にあたってプラズマや紫外線、化学薬品などによる面倒な前処理が必要とされてきた。そこで、本研究では足場材料にプラスチックを採用し、そこへ機能性高分子をコーティングするだけのシンプルな手法による、銅フリークリック反応表面の作製を行った。また、実際に銅フリークリック反応を用いて表面にDNAの固定化を試みた。



## B05

### クリック反応性蛍光物質による材料表面アジド基定量法の開発

酒井梨嘉、井口博貴、丸山達生

工学研究科 博士前期課程 応用化学専攻

アジド基とアルキン基は銅触媒によって、温和な条件下で迅速に高い選択性を持ったクリック反応を示す。これを利用し、材料表面のアジド基を足場として生体分子の固定化等が行われるが、従来の表面解析法ではその表面アジド基の精密な定量は困難であった。そこで本研究では、蛍光物質による表面アジド基定量法の開発をした。Fig. 1 に示す蛍光物質  $C\equiv C-EG_3-CMRN$  を合成し、これを材料表面のアジド基にクリック反応により固定化した。その後、切断操作によって蛍光物質を溶液中に遊離させた。その溶液の蛍光強度を測定することで、アジド基の定量を行った。レジン粒子表面のアジド基に上記の定量操作を行った結果、

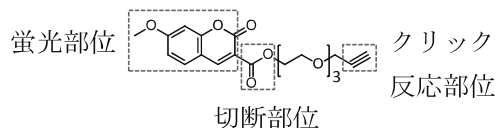


Fig. 1 蛍光物質  $C\equiv C-EG_3-CMRN$  の構造

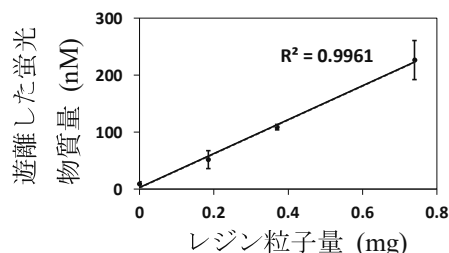


Fig. 2 レジン粒子表面アジド基定量結果

Fig. 2 に示すようにレジン粒子量に応じて、遊離した蛍光物質の量が高い線形性を持って増大した。このことよりアジド基の定量に成功したと考えられ、その値は  $55 \text{ nmol/mg}$  であった。更にタンパク質の一種であるカゼイン表面でも同様に定量を行った結果、 $410 \text{ nmol/mg}$  と算出された。以上より固体材料及び生体分子表面での定量に成功した。現在はプラスチック基板表面での定量を行っている。

## B06

### マイクロ偏析により機能性官能基が表層に濃縮される

#### ポリプロピレンの表面修飾コーティング

原真奈美、西森圭亮、北畑繁、西野孝、丸山達生

工学研究科 博士前期課程 応用化学専攻

本研究ではポリマーコーティングという非常に簡便な手法を用いて、ポリプロピレン (PP) の表面修飾に取り組んだ。このコーティングには PP との高い接着性および目的機能 (防汚性・反応性官能基の提示) の効率的な発現が求められる。そこで、前者については接着性のプライマー分子 (MPO) を後述する機能性高分子へ混ぜこみ、PP との親和性を向上させた。後者については機能性高分子 (PEG8/C-Rf) に含まれるフッ素部位のマイクロな偏析現象を利用することにより塗膜最表層へと目的官能基を濃縮させた。

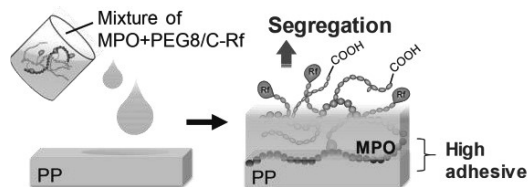


Fig. 1 Schematic illustration of this study.

トルエンに MPO と PEG8/C-Rf を任意の濃度で溶解させ、PP 表面に塗布した。乾燥後、塗膜のテープ剥離に対する強度を接触角計・X 線光電子分光を用いて確認した。また、蛍光物質を用いて反応性官能基量の定量を行ったところ、 $\text{COOH}$  基:  $19 \text{ pmol/cm}^2$  であった。また、 $\text{COOH}$  基の表面密度は MPO, PEG8/C-Rf 各々の濃度を変化させることによりコントロールが可能であり、この表面提示官能基を利用して酵素や DNA を固定化することに成功した。同時にこの表面は高い防汚性を示した。

## B07

# B-ring catechol structure of flavonol is important for promotion of glucose uptake into muscle cells

Megumi Aya, Daishi shirasaya, Yoko Yamashita, Hitoshi Ashida  
Department of Agrobioscience, Graduate School of Agricultural Science

[Introduction] Certain flavonoids reveal the prevention effect on postprandial hyperglycemia. However, the structure-activity relationship of this effect is unknown. In this study, we examined the influence on promotion effect of glucose uptake from the different structure on the B-ring of flavonols. [Experimental] First, oral glucose tolerance test in mice was conducted. Next, the effect of flavonoids on glucose uptake into muscle cells was determined. The stability of compounds was analyzed by measuring autofluorescence of the compounds. Incorporation of compounds into the cells was quantified by a HPLC system. A probe of the compound was prepared and used for detection of target protein that interacts with the compounds by using two-dimensional electrophoresis and silver staining. [Results and discussion] Fisetin having catechol structure on B-ring significantly inhibited the postprandial hyperglycemia in mice, whereas robinetin having pyrogallol structure did not suppress. Fisetin promoted glucose uptake in L6 myotubes, while robinetin didn't have the effects. There was no correlation between the promotion effect on glucose uptake and the stability of compounds or the incorporation amount of them in the cells. [Conclusions] Among flavonols, the catechol structure on B-ring is necessary for promotion of glucose uptake.

## B08

# 多層膜分光器を用いたアンジュレータ放射光照射による 石英系ガラスの屈折率制御

田中誠祐、森脇和幸

工学研究科 博士前期課程 電気電子工学専攻

現在、石英系ガラス膜への紫外光照射による光誘起屈折率変化が、光学素子の作製等に利用されている。より高効率な屈折率変化を得るために新たな光源として放射光の利用が検討されている。本研究では多層膜分光器を用いて準単色光のアンジュレータ放射光(UR)を石英系ガラスに照射し、試料の改質効果を調べるため、屈折率測定、XPS(X線光電子分光)測定、可視・紫外光吸収分光測定等を行った。分光反射法を用いた屈折率測定から、分光器導入前に比べると小さいが、UR照射によって $1.0 \times 10^{-2}$ オーダーの屈折率の上昇が確認された。URのピークエネルギーや、照射ドーズ量によって、屈折率の変化量の違いが存在しており、屈折率上昇の高効率化と制御ができる可能性が示された。XPS測定から試料表面の化学結合状態に変化は見られなかったが、可視・紫外光吸収分光測定により照射後の試料の吸光度が上昇していることがわかった。この原因は光誘起欠陥生成と考えられ、試料表面の屈折率変化の要因の一つと考えられる。

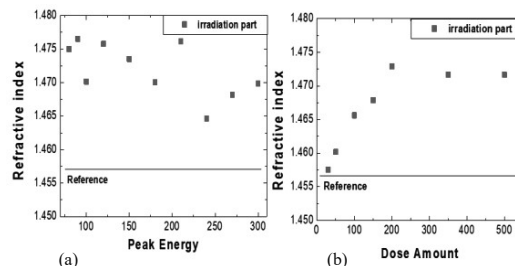


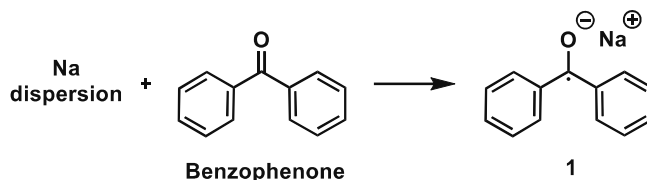
図1 (a) : 屈折率のピークエネルギー依存  
(b) : 屈折率のドーズ量依存

## 金属ナトリウム分散体を用いた 有機溶媒の脱水精製

山口真奈, 井上 僚, 岡野健太郎, 森 敦紀

工学研究科 博士前期課程 応用化学専攻, 先端膜工学研究拠点

脱水有機溶媒は無水条件を必要とする遷移金属触媒反応や不安定な炭素陰イオンを用いる有機反応に使われている。金属ナトリウムを使用した一般的な有機溶媒の脱水・蒸留による精製法は広く利用されている<sup>1</sup>。しかしこ



の方法は、エーテル系溶媒を脱水する際の蒸留釜乾固時の爆発危険性が指摘されている。本研究では安全かつ簡便な有機溶媒の脱水精製を開発することを目的とし、ミネラルオイルに分散させた金属ナトリウムに注目し、ベンゾフェノンケチル **1** を用いた蒸留による有機溶媒の脱水精製を試みた。その結果、種々の有機溶媒について水分含量 10ppm 以下に抑えた蒸留溶媒を得ることに成功した。本発表では、具体的な精製方法や種々の有機溶媒の精製結果について報告する。

[1] Margaret L. W.; Mark D. A.; Gary, W. R. *Anal. Chem.* **1988**, *60*, 383.

## Yb 添加 Y-Al-O 化合物における固体レーザー冷却

中山雄太<sup>1</sup>、寺田康太<sup>1</sup>、海津利行<sup>2</sup>、原田幸弘<sup>2</sup>、喜多隆<sup>2</sup>

<sup>1</sup>工学研究科 博士前期課程 電気電子工学専攻、<sup>2</sup>工学研究科 電気電子工学専攻、

無発熱の冷却デバイスへの応用が期待できる固体レーザー冷却技術はこの 20 年で大きく進展し、室温から 91 K までの冷却が達成されている<sup>1</sup>。固体レーザー冷却では、レーザーで励起された電子がフォノン吸収により更に高いエネルギー状態へ遷移して輻射緩和する anti-Stokes 発光過程が、逆にレーザーよりも低いエネルギーで発光する Stokes 発光過程よりも支配的となることが不可欠である。即ち、発光波長の期待値が励起波長より小さいほど高い冷却効率が期待できる。固体レーザー冷却材料の設計において、そのフォノンエネルギー  $h\omega$  が小さいほど無輻射緩和による熱生成が抑えられるが<sup>2,3</sup>、フォノンエネルギーが小さければ anti-Stokes シフト量が減少すると考えられる。本研究では、冷却材料のフォノンエネルギーが anti-Stokes シフト量と冷却効率へ与える影響を明らかにすることを目的として、フォノンエネルギーが充分小さい Yttrium Aluminum Garnet (YAG,  $h\omega_{\max}=105$  meV) と Yttrium Aluminum Perovskite (YAP,  $h\omega_{\max}=78$  meV) のホスト結晶に Yb を添加した材料における Photoluminescence Excitation (PLE) イメージを室温で測定した。各材料における最大の Anti-Stokes シフト量は (Y:Yb)AG で 115 meV、(Y:Yb)AP で 66 meV であった。発光波長の期待値と励起波長の最大エネルギー差は (Y:Yb)AG で 14.7 meV、(Y:Yb)AP で 6 meV で、フォノンエネルギーが高い (Y:Yb)AG における高冷却効率が期待できる。

[1] Melgaard, S. D. *et al.*, *Sci. Rep.* **6**, 20380 (2016)., [2] Hehlen, M. P., *Proc. SPIE* **7228**, 72280E (2008)., [3] Riseberg, L. A. & Moos, H. W., *Phys. Rev.* **174**, 429–438 (1968).

## B11

# 高ひずみシクロアレン前駆体の革新的合成と応用

名倉 椋, 井上和紀, 岡野健太郎, 森敦紀

工学研究科応用化学専攻 博士前期課程

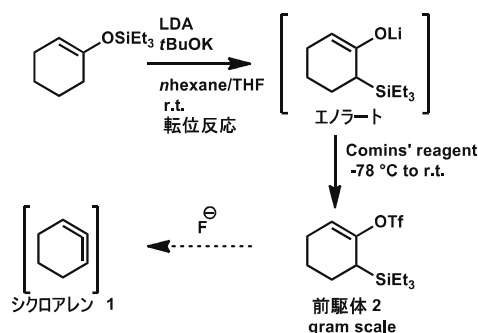
シクロアレン **1** は、本来直線構造をとるアレンが環内で折れ曲がって存在するため、大きなひずみを有している。このひずみにより **1** は単離困難なほど高い反応性を示し、有用な化学種である。**1** の発生法には、前駆体 **2** に対しフッ化物イオンを用いる手法が知られているが、従来 **2** の合成は多工程を要し、実用化には不向きであった。

我々は、実用的な前駆体 **2** の合成を目指し検討を行った。Corey らが報告していたシリル基の転位反応<sup>1</sup>を用い、発生したエノラートを捕捉することで短工程でのシクロアレン前駆体 **2** の合成に成功した<sup>2</sup>。また、この転位反応は用いる混合溶媒の比が重要であり、わずかな溶媒比の違いにより結果が大きく左右されることが分かった<sup>3</sup>。さらに、前駆体 **2** を利用し **1** を発生させ、今までに例のない遷移金属触媒反応への応用を実現した。発表では溶媒比が転位反応に及ぼす影響と、開発した触媒反応の詳細について報告する。

(1) Corey, E. J.; Rucker, C. *Tetrahedron Lett.* **1984**, 25, 4345.

(2) Inoue, K.; Nakura, R.; Okano, K.; Mori, A. *Eur. J. Org. Chem.* **2018**, 3343.

(3) Nakura, R.; Inoue, K.; Okano, K.; Mori, A. *Synthesis* **2018**, accepted.



## B12

# 封止したシリコンナノ結晶塗布薄膜の電気伝導評価

外菌星也, 加納伸也, 藤井稔

工学研究科 博士前期課程 電気電子工学専攻

コロイド状半導体ナノ結晶は、塗布プロセスによって安価に半導体薄膜を形成できることから注目を集めている。ナノ結晶塗布薄膜を用いた電子デバイスは数多く報告されているが、ナノ結晶塗布薄膜は酸素分子や水分子に触れることで容易に酸化されてしまう為、大気中での電気測定や保存が困難であるという課題がある。対策として、ナノ結晶塗布薄膜の上に封止膜を成膜し、大気中の分子を遮蔽するという方法がとられている。本研究では、表面が水素終端されたシリコンナノ結晶(Si-NC)塗布薄膜の上に封止膜を成膜し、酸化による電気特性の劣化の抑制を試みた。

シリカ基板上にフォトリソグラフィにより楕型の金電極を作成し Si-NC コロイドをスピコートした。塗布薄膜の上から、グローブボックス内で Polymethyl methacrylate (PMMA) をドロップコートして 200 °C で 30 分加熱を行った。楕型電極に 100 V 印加した際の Si-NC 塗布薄膜を流れる電流値の経時変化をプロットした (図 1)。試料作製直後と比較して、33 日経過時点での Si-NC 塗布薄膜を流れる電流値は、封止していない試料で 1 桁以上減少したのに対し、封止した試料ではほぼ変化しなかった。PMMA 封止により、電気特性の劣化が抑えられていることが分かる。

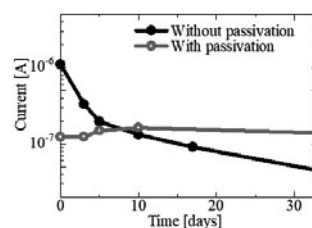


図 1 Si-NC 塗布薄膜に流れる電流値の経時変化

## B13

# 単一窒化チタンナノ粒子の光散乱特性評価

生野陽一、杉本泰、藤井稔

工学研究科 博士前期課程 電気電子工学専攻

近年、金や銀などの貴金属ナノ粒子に加えて、遷移金属窒化物ナノ構造の局在表面プラズモン共鳴 (LSPR) が注目されている。特に、窒化チタン (TiN) は、500 nm 付近にプラズマ周波数を有し、上記の貴金属と比較して、高い耐熱性・CMOS プロセスとの整合性という利点がある。また、TiN のナノ粒子は可視・近赤外域で LSPR に起因する大きな吸収・高い光熱変換性能を示すことから、太陽光熱変換やホットエレクトロンを用いた光電気化学デバイスなど様々な分野への応用が検討されている[1,2]。これまでの研究ではナノ粒子の集合体を対象としており、TiN ナノ構造の LSPR 特性は定性的な理解に留まっている。本研究では、単一粒子レベルの構造物性評価と光学特性評価を同一の粒子に対して行うことで、TiN ナノ粒子の LSPR 特性を実験・理論の両面から理解することを目的とする。

TiN ナノ粒子 (日清エンジニアリング株式会社提供) について、TEM 観察と散乱スペクトル測定を行った結果を図 1 に示す。一辺が 58 nm の TiN ナノキューブは 708 nm に散乱ピークを示す。講演では、境界要素法による単一粒子の散乱シミュレーション結果と詳細に比較し、散乱強度、ピーク波長、スペクトル幅の粒径や形状依存性について詳細に議論する。

[1]S. Ishii et al., *ACS Sustain Chem. Eng.* **5**, 8523(2017). [2]S. L. Shinde et al., *ACS APPL. MATER. INTER.* **10**, 2460 (2018).

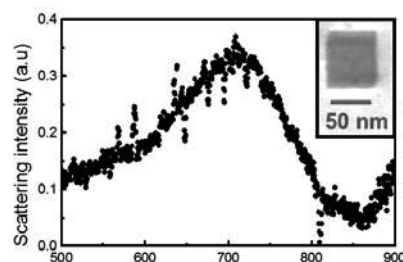


図 1: TEM 像及び散乱スペクトル

## B14

# シリコンナノ結晶塗布薄膜を用いた湿度センサの

## インピーダンス分光分析

土橋侑弥、加納伸也、藤井稔

工学研究科 博士前期課程 電気電子工学専攻

湿度をモニタリングすることは現代の半導体産業、農業、医療といった分野において必要不可欠であり、新たな材料を用いた研究が盛んに行われている。一方で、作製された湿度センサの詳細な乾湿メカニズムや、等価回路の物理的意味、応答速度の起源といった理論的な解析はそれほど詳しく行われていない。そこで、本研究では、シリコンナノ結晶塗布薄膜を用いた湿度センサの特性向上を目的として、インピーダンス分光 (IS) 法を用いてセンサを解析し、その等価回路のモデリングを行った。

金のくし形電極を付けたシリカ基板に、コロイド状シリコンナノ結晶を塗布して試料を作製した。飽和塩法により調湿された環境下において、試料の IS 測定を行った。Figure 1 に湿度を変化させた際の試料の IS 特性の変化を示す。低周波数領域では反応物の拡散に由来するワールブルグインピーダンスが、高周波数領域では薄膜の抵抗成分と周辺回路の寄生容量に由来する半円が現れている。発表では、測定から得られたデータをもとに等価回路モデルやその物理的意味について報告する。

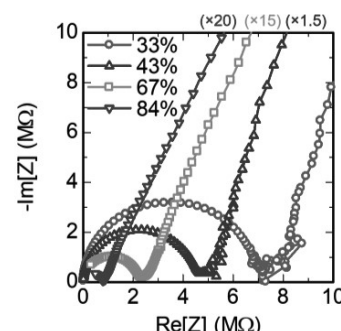


Figure 1: IS of silicon nano-crystal thin film in humid air

## B15

# つるまき状分子不斉化合物の異性化挙動の考察

## - 分子軌道計算によるアプローチ -

伊藤 友紀子, 芦田 汐未, 岡野 健太郎, 森 敦紀

工学研究科 博士前期課程 応用化学専攻, 先端膜工学研究拠点

当研究室では, つるまき状分子不斉化合物の合成と機能に関する研究をおこなっている。これらの分子不斉化合物は, 一定の条件のもと異性化することが分かったが, その挙動は分子の構造により異なる。例えば, イミダゾール骨格を有するつるまき状分子不斉化合物はラセミ化に過激な条件を必要とする一方, チオフェン骨格を有するつるまき状分子不斉化合物は室温で徐々にラセミ化する。

今回は, つるまき状分子不斉化合物のラセミ化と分子構造の相関を DFT 分子軌道計算により考察した



## B16

# 平面多層膜構造における Fano 共鳴の光制御

本倉健吾, Kang Byungjun, 藤井稔, 林真至

工学研究科 博士前期課程 電気電子工学専攻

Fano 共鳴は, 図 1 に示すような左右非対称なスペクトル形状を示す共鳴現象である。位相の変化が激しいシャープなモードが, 変化の緩やかなブロードなモードと結合した場合に, それらのモードが干渉し, 強め合ったり弱め合ったりすることで, Fano 共鳴が生じる。Fano 共鳴は, 元々孤立原子系において見られた現象であるが, ナノ加工技術の発展に伴い, プラズモニックナノ構造, フォトニック結晶, メタマテリアルなどの様々な物理系での観測が報告されている。そのような状況の下で, 本研究グループは, ナノ加工を必要としない平面多層膜構造においても Fano 共鳴が生じることを実証し, Fano 共鳴としては最大の $\sim 2800$  という Q 値を実現している。

本研究では, この平面多層膜構造における Fano 共鳴に光機能を与え, Fano 共鳴の形状を光照射により制御することを試みた。試料は, フォトクロミック色素である DR1 を用いた誘電体 3 層膜構造 (DR1-PS / PVA / PS) をスピコート法により作製した。角度スキャン全反射減衰 (ATR) 法による測定の結果, ATR スペクトル上に現れる Fano 共鳴の形状が, 光照射によって変化することを実証した (図 1)。得られたスペクトルは Fano 共鳴の理論関数である Fano 関数によりうまくフィッティングでき, 形状を表す  $q$  パラメータが 0.37 から 0.51 まで変化することが分かった。

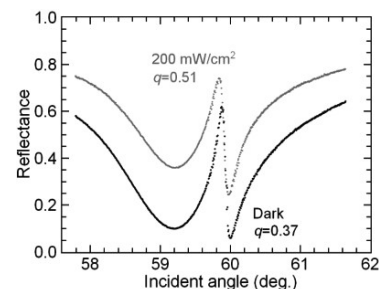


図 1 光照射に対する ATR スペクトル変化



## B17

# ZnO 薄膜における励起子誘導放出機構

松崎涼介<sup>1</sup>、安達裕<sup>2</sup>、内野隆司<sup>3</sup>

理学研究科 化学専攻 博士前期課程<sup>1</sup>、物材機構<sup>2</sup>、神戸大院・理<sup>3</sup>

強光励起下において励起子発光を示す半導体材料は、光電子デバイスへの応用の観点から現在盛んに研究が行われている。その中でも、ZnO は、室温において約 60 meV の大きな励起子結合エネルギーを有することから、励起子発光の誘導放出現象を利用した室温レーザー発振材料への応用が期待される。ZnO の誘導放出機構として、励起子-励起子散乱過程などに代表される励起子過程や、電子正孔プラズマ (EHP) 過程などがこれまでに報告されている[1]。近年、我々は粒径数マイクロメートルの ZnO 微粒子では EHP 過程による発光が生じず、励起子-電子散乱過程に基づく室温誘導放出を示すことを報告した[2]。この結果は、誘導放出過程が結晶サイズに依存して変化しうることを示している。そこで本研究では、パルスレーザーデポジション (PLD) 法によって作製した膜厚 85-2700 nm の ZnO 薄膜を用いた PL スペクトル測定を 3-300 K の温度域で行った。その結果、膜厚 1 マイクロメートルを境に誘導放出のゲインプロセスが EHP 過程から励起子過程へと移り変わることが明らかとなった。次に、ZnO の励起子誘導放出機構についてさらなる知見を得るために、膜厚 2700 nm の薄膜試料の PL スペクトルの温度および励起フルエンス依存性を測定した。発表では、薄膜内の電子-正孔対濃度および測定温度に依存して、多様な励起子誘導放出過程が発現する現象を相図に基づいて説明する。

[1] C. Klingshirn *et al. Phys. Status Solidi B* **247**, 6 (2010).

[2] R. Matsuzaki *et al. Phys. Rev. B* **96**, 125306 (2017); R. Matsuzaki *et al. J. Appl. Phys.* **124**, 063103 (2018)

## B18

# 非対称性を有する金属ナノキャップの 表面プラズモン共鳴特性

東浦智輝、雛本樹生、藤井稔

工学研究科 博士前期課程 電気電子工学専攻

近赤外光を可視光に変換する希土類ドーパアップコンバージョン (UC) ナノ粒子は、太陽電池の波長変換層や蛍光バイオイメージングへの応用が期待されている。しかしながら、希土類イオンは、その小さい吸収断面積と低い量子効率によって広く実用化には至っていない。この問題を解決するために、我々は表面プラズモン共鳴 (SPR) による UC 効率の増大を目的に、UC ナノ粒子と金属ナノ構造の複合ナノ粒子を開発してきた。

複合ナノ粒子の UC 効率最大化のためには、SPR を励起波長及び発光波長に一致させる、励起波長においてナノ粒子内部で高い電場増強度を示すなどの条件を満たす金属ナノ構造が必要となる。我々は金属ナノキャップ構造に着目しているが、一般的なナノキャップは可視光波長に SPR を持ち UC を最大化できていない可能性がある。そこで本研究では、ナノキャップの SPR の制御性向上を目的に、ナノキャップに構造の非対称性を導入する。ロッド状の非対称性を有するナノキャップを形成し、アスペクト比 (AR) による共鳴波長の広範囲制御を試みた。作製した単一粒子からの散乱スペクトル (図 1) より、AR によって可視光～近赤外波長まで SPR を制御することに成功した。

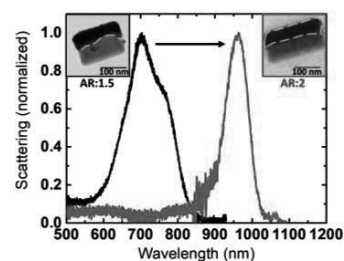


図 1 TEM 像と散乱スペクトル

## B19

# ポリマーコアを用いた シングルモード光導波路センサの研究

中村友一、森脇和幸

工学研究科 博士前期課程 電気電子工学専攻

本研究では、ポリマーを用いた高感度な光導波路センサの作製を検討した。コア層にポリマーを選択し、コア上部がフラットで加工が簡便となる反転リッジ型光導波路センサの作製を目指した。ここで、センサを高感度にするためにはシングルモードが必要となるが、光ファイバと光導波路の入出力部のサイズが異なることから、結合損失が発生する。この損失を抑えるために、スポットサイズ変換機(SSC)を付与した光導波路が重要となる。

光導波路のコア層には光硬化性樹脂である SU-8(MicroChem 社製)を選択し、このコア上部の残膜を薄くするために、溶媒となるシクロペンタノンで希釈した。またクラッド層には SiO<sub>2</sub> を選択した。この時のシングルモード条件を満たす反転リッジ型光導波路の解析を行い、フォトリソグラフィと反応性イオンエッチング(RIE)の作製条件を最適化した。

SSCの構造において、RIEでコア層を作製する際に基板上にスペースを設けてマスクを設置することで、テーパ構造を得た。厚さ方向のテーパを含む複雑な構造を、簡便なプロセスで作製することができた。



図 1.SSC 付反転リッジ型  
光導波路の模式図

## B20

# 高屈折率誘電体球の Mie 共鳴と金属ナノキャップの LSPR の干渉に基づく指向性光ナノアンテナ

濱田幹彦、雛本樹生、杉本泰、藤井稔

工学研究科 博士前期課程 電気電子工学専攻

光の回折限界以下のサイズ領域において、光を特定の方向に散乱させる指向性ナノアンテナ (NA) はスイッチングデバイスや高感度センシングへの応用が期待されている。シリコンに代表される高屈折率誘電体球は可視域で励起される電気双極子 (ED) モードと磁気双極子 (MD) モードの干渉により指向性 NA として機能する。しかし球のような単純な構造では両モードの共鳴波長が一致しないため、ED モーメントと MD モーメントが一致し、指向性が最大となる波長での散乱断面積が小さい。そこで本研究では表面プラズモン共鳴を持つ金属ナノキャップ構造を高屈折率誘電体球に組み合わせることで、大きな散乱断面積を持つ指向性複合 NA の実現を目指す。本研究では構造を最適化した Si ナノ粒子-Au ナノキャップ構造が Si ナノ粒子の MD モードと Au ナノキャップの ED モードの共鳴波長の一致により、散乱光が指向性を示す波長で Si ナノ粒子単体に比べて高い散乱強度を持つことを FDTD 法に基づく電磁場シミュレーションを用いて明らかにした。実際に作製した Si ナノ粒子と Au ナノキャップからなる複合 NA の TEM 像を図 1 に示す。当日は作製した複合 NA の散乱特性の詳細についても報告する。

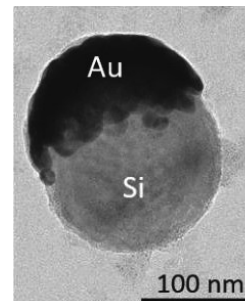


図 1 作製した  
複合 NA の TEM 像。

## B21

# ZnO マイクロ薄膜の誘導放出機構へのバンドギャップ 変調効果

藤井 柊介<sup>1</sup>, 内野 隆司<sup>2</sup>, 安達 裕<sup>3</sup>

理学研究科 博士前期課程 化学専攻<sup>1</sup>, 理学研究科・化学専攻<sup>2</sup>, 物質・材料研究機構<sup>3</sup>

酸化亜鉛(ZnO)は励起子結合エネルギー( $E^b$ )が大きく、室温でも励起子誘導放出が観測できる。近年、我々は  $\mu\text{m}$  オーダーの ZnO 微結晶では電子-正孔プラズマ発光を伴わない、励起子発光のみに由来する誘導放出が室温で観測されることを報告した[1]。本研究では、Mg 添加によりバンドギャップを増大させた ZnO マイクロ薄膜の発光過程を解析し、励起子誘導放出過程に及ぼすバンドギャップ変調効果について調べた。測定試料はパルスレーザーデポジション法により作製した Mg 約 5%含有した ZnMgO 薄膜(MgZnO1, 膜厚 1.0  $\mu\text{m}$ ), Mg 約 15%を含む ZnMgO 薄膜(MgZnO2, 膜厚 1.3  $\mu\text{m}$ ), 非ドープ ZnO(膜厚 2.7  $\mu\text{m}$ )を用いた。室温での吸収スペクトル測定より、非ドープ ZnO, MgZnO1, MgZnO2 の光学バンドギャップエネルギー $E_g$ はそれぞれ 3.24 eV, 3.35 eV, 3.54 eV となり、Mg 添加量の増大に伴い  $E_g$ が増大することが確認された。バンドギャップの増大は  $E^b$  の増大を伴うことが報告されていることから[2], Mg 添加試料では高温でも励起子が熱解離せず安定に存在すると予想される。3 K の発光スペクトル及び光吸収スペクトルから MgZnO1, MgZnO2 の  $E^b$  は 70 meV, 117 meV と見積もられた。発表ではこの  $E^b$  の増大が励起子誘導放出過程にどのような影響を及ぼしうるのかについて報告する。

[1] R. Matsuzaki, *et al.*, *Phys. Rev. B* **96**, 125306 (2017)., [2] M. Welna, *et al.*, *App. Phys. Lett.* **103**, 251908 (2013).

## B22

# 高屈折率誘電体ナノワイヤの光学特性

今泉 瞭佑, 杉本 泰, 藤井 稔

工学研究科 博士前期課程 電気電子工学専攻

サブ波長スケールの高屈折率誘電体構造は、可視-近赤外光領域でサイズ・形状に依存した電磁気的な共鳴モードを有する。シリコン (Si) は光学領域で高い屈折率 (>3.6) 且つ非常に小さい吸収係数を持ち、プラズモニック材料に比べて低損失な光学共鳴を示す材料として注目されている。しかしながら、誘電体単独では共鳴の制御範囲や電場増強効果は限定的である。我々は、金属平面の表面プラズモン共鳴 (SPP) との結合を利用し、Si ナノワイヤの光学特性の制御と電場増強効果を目的に研究を行っている。本発表では、低屈折率誘電体および金属平面基板上に配置した単一 Si ナノワイヤの光散乱特性を詳細に調べ、ナノワイヤの Mie 共鳴の詳細な特性と金属平面の SPP が結合した光学共鳴について報告する。顕微分光法により単一 Si ナノワイヤの散乱スペクトル測定を行った。図 1 に入射偏光を変化させた際の単一 Si ナノワイヤ (長さ 11.5  $\mu\text{m}$ 、直径 130 nm) の散乱イメージと、その散乱スペクトルを示す。挿入図のように入射偏光 (TE, TM) を定義している。散乱イメージより、TE・TM 偏光入射に対してそれぞれ緑・赤色の非常に明るい散乱を示している。これは Si ナノワイヤの異なる共鳴モードに由来すると考えられる。発表では、種々の基板上に配置した Si ナノワイヤの光学特性について、実験・理論の両面から調べ、議論する。

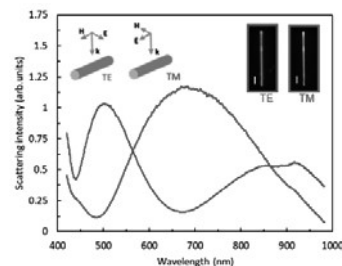


図 1 偏光制御した入射光による Si ナノワイヤの散乱スペクトルと散乱イメージ

## シリコンナノ結晶塗布薄膜における 酸素空孔フィラメント形成のメカニズム

河内剛史、加納伸也、藤井稔

工学研究科 博士前期課程 電気電子工学専攻

抵抗変化デバイスとは、金属/絶縁体/金属構造を有しており、絶縁体内部における導電性フィラメントの形成と破壊を制御して抵抗値を変化させるデバイスのことである。我々は、シリコンナノ結晶コロイドを塗布することで抵抗変化デバイスを作製した。抵抗変化は薄膜中に形成される酸素空孔フィラメントが起因であると考えられるが、その形成メカニズムは未だ解明されていない。今回は、このメカニズム解明を目指して、抵抗値が高抵抗状態から低抵抗状態に遷移するまでにかかる時間の、電圧・温度依存性を調べた。

ITO/glass 基板上にシリコンナノ結晶を塗布し、膜厚 40 nm の薄膜を作製した。その後、熱蒸着法によって Al 電極を形成しデバイスを作製した。室温・真空中において、Al 電極側を正極として薄膜に定電圧を印加すると、電流値が急激に増加し状態遷移の様子が観察された (図 1 矢印部分)。状態遷移に必要な時間は、印加電圧増加(2V→4V)に伴い、指数関数的に短くなっている(569 ms→7.28 ms)ことが分かる。当日はこの結果などを元に、酸素空孔フィラメントの形成メカニズムを議論する。

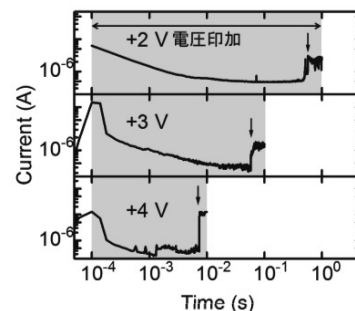


図 1. 定電圧印加(網掛け部)時の電流-時間特性

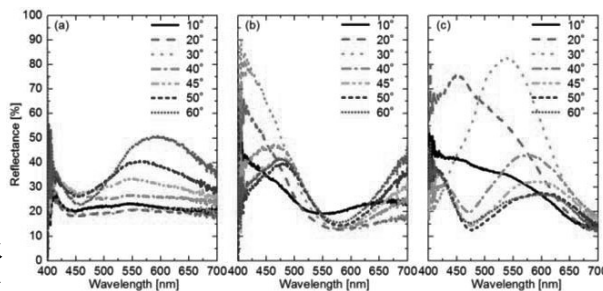
## フレキシブル基板上への大面積プラズモン構造色発現

志賀隆之、青木画奈、藤井稔

工学研究科 博士前期課程 電気電子工学専攻

構造色が利用されている古代のステンドグラスは現在でも色褪せず発色し続けている。これはガラス中の金属微粒子が特定の波長を吸収・散乱し、それ以外の波長を反射・透過することによる発色である。この現象は局在表面プラズモン共鳴と呼ばれ、構造色へ応用する研究が多く行われている。しかしほとんどの研究は微細加工装置を用いた小面積の発現に留まっており、大面積へプラズモン構造色を発現させた報告は少ない。そこで今回は帯電微粒子の自己配列上に Al 蒸着を行うことで、短時間で大面積プラズモン構造色を発現させる技術を提案した。しかしこの方法で発現した構造色は、観察角度で色相が変化する干渉の効果が支配的であったため、プラズモン共鳴の効果の程度が観測できず、議論が難しかった。

今回はプラズモン共鳴と干渉の効果を分割して観測することに取り組んだ。PET 基板上に配列した  $\phi$  300, 400, 500 nm のアミジン修飾ポリスチレン微粒子の自己配列に Al を膜厚 100 nm 蒸着して試料を作製した。反射スペクトルは新たに自作した光学系で、受光部と試料同一平面の水平角 ( $\beta$ ) を変化させ測定した。その結果、 $\beta$  の増加に伴い長波長シフトする干渉由来の反射ピークと、 $\beta$  に依存しないプラズモン共鳴由来と考えられるディップを観測した。



Reflection spectra of samples fabricated with sphere diameters (a)  $\phi$  300 nm, (b) 400 nm, and (c) 500 nm. Incident angle = 10~60°

## B25

### ニチニチソウ異形・乳管細胞の発生、分化、代謝変動の解析

鶴崎真妃<sup>1</sup>、山本浩太郎<sup>2</sup>、大西美輪<sup>1</sup>、三村徹郎<sup>1</sup>

理学研究科 博士前期課程 生物学専攻<sup>1</sup>、Dept. Chem. Biol., John Innes Centre<sup>2</sup>

ニチニチソウは抗がん剤となる vinblastine、vincristine を含む 130 種類以上のアルカロイドを合成・蓄積することで著名な薬用植物である。ニチニチソウのアルカロイド代謝は一つの細胞で完結するのではなく、表皮細胞、葉肉細胞など複数の細胞を渡りあるくようにして進み、最終産物が特殊に分化した細胞である乳管細胞・異形細胞に蓄積することが知られている (Yamamoto et al. 2016)。アルカロイドの生合成経路に関する研究は世界中で進められている一方で、これらの細胞の分化・発生過程についてはまだほとんど明らかにされていない。我々は、これらの細胞が形態的・代謝的にいつどのように分化するのかを調べている。

乳管細胞・異形細胞に蓄積されるアルカロイドの一つである *serpentine* が発する青色蛍光を指標として、本葉に存在する乳管細胞・異形細胞の数が葉齢に伴いどのように変化するかを調べたところ、乳管細胞と異形細胞で数の変化の仕方に違いがあり、蛍光を発する乳管細胞の数はある程度成熟した葉では大きく減少することがわかった。また、種子中の胚を取り出して観察したところ、未成熟な種子中の胚においても、青色蛍光物質やこれらの細胞とみられる構造がすでに存在していることが確認された。現在、各発生／成長段階でのアルカロイド代謝関連遺伝子の発現量や代謝物の蓄積量の測定を行なっている他、これらの細胞の発生過程の詳細な追跡を行うための人工授粉の方法を検討している。

## B26

### 可視応答型光触媒を指向した

### Boron Phosphide ナノ結晶の開発

中村俊之、杉本泰、藤井稔

工学研究科 博士前期課程 電気電子工学専攻

太陽光水素製造や光増感機能による医療・環境分野への応用に向けて、高効率な半導体光触媒材料の開発がなされているが、光触媒材料として一般的に用いられる酸化半導体はバンドギャップが大きく、太陽光の利用効率が非常に低い (<4%)。我々のグループでは、太陽光の利用効率の高い可視光水素生成材料として、立方晶リン化ホウ素 (cubic Boron Phosphide, BP) に注目して研究を行っている。ホウ素系 III-V 族半導体である BP は、バンドギャップエネルギーが 2.0 eV であり、水の完全分解が可能なエネルギー準位構造を有する。また、窒化ホウ素と同様に、物理的・化学的に非常に安定な材料である [1]。図 1 は BP ナノ結晶の高分解 TEM 像である。立方晶 BP の {111} 面に対応する格子縞がみられ、直径 5 nm 程度の BP ナノ結晶が形成されていることがわかる。講演では、ナノスケールでサイズ制御されたこの BP 結晶粒子を作製し、構造物性評価及び、光触媒効果を検討した結果について報告する。

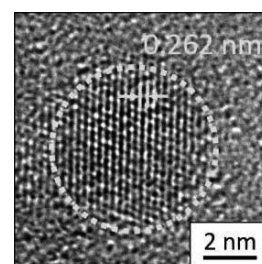


Figure. 1 High resolution TEM image of BP nanocrystal.

[1] L. Shi, Peng Li *et al.*, *Nano Energy* 28 158–163 (2016)

## B27

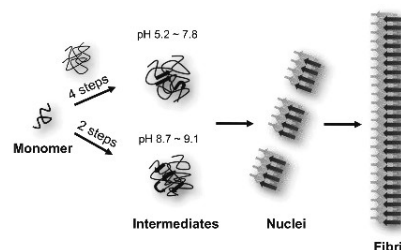
# アミロイド核形成メカニズムの解明を目指した

## 核形成中間体の捕捉および構造解析

吉川祐樹、山本直樹、田村厚夫、茶谷絵理

理学研究科 博士前期課程 化学専攻

タンパク質の異常凝集体であるアミロイド線維は、多くの神経変性疾患の発症に関わる。アミロイド線維は核形成および伸長の二段階より形成されるが、より重要とされる核形成メカニズムは解明されていない。そこで本研究では、核形成に關与する中間体を安定に捕捉しその形成過程の解析を行うことで、核形成のプロセスを解明しようとした。様々な pH 条件において線維化反応の解析を行った結果、pH 5.2 から 9.1 の幅広い範囲で線維化が確認され、それぞれについての核形成中間体を安定に捕捉することができた。フーリエ変換赤外吸収スペクトルのアミドI領域を用いて二次構造を解析すると、いずれの中間体も共通して  $\beta$  ターンおよび線維と比較して相対的に弱い  $\beta$  シート構造の成分を有していた。しかし、これらのピーク位置および相対強度は pH によって異なっており、反応条件による核形成中間体の構造的多様性が示唆された。さらに pH 5.2 と 8.7 で核形成中間体の形成過程を円偏光二色性スペクトルにて追跡すると、pH 5.2 の方がより多段階の構造変化を伴うことが示唆された。これらの結果は、核形成における中間状態の存在とそれらの構造および形成プロセスに多様性が在ることを示す。



## B28

# Studies on molecular functions of human tumor suppressor protein

## 101F6

Mohammed El behery<sup>1</sup>, Takako Yamazoe<sup>1</sup>, Akikazu Asada<sup>1</sup>, Fusako Takeuchi<sup>2</sup>, Motonari Tsubaki<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Chemistry, Grad. Sch. of Sci., and <sup>2</sup>IPHE, Kobe University

Cancer, a diverse group of diseases characterized by uncontrolled growth of abnormal cells, is a major worldwide problem. The candidate human tumor suppressor gene *101F6* codes for a protein that is a member of cytochrome b561 family. Forced expression of the 101F6 protein inhibits tumor cell growth in *101F6*-gene-deficient non-small cell lung cancer (NSCLC) *in vitro* and *in vivo*. However, the molecular mechanism of 101F6 protein-mediated tumor suppression is largely unknown. We are studying the physiological and molecular functions of 101F6 by determining protein-protein interactions after the expression of 101F6 protein in the cultured human A549 lung cancer cells. We are going to elucidate the molecular mechanism of cell death by measuring some apoptosis parameters in *101F6*-gene-transfected cells. In addition, we have succeeded in reconstitution of 101F6 protein in various sizes of nanodisc, which will provide native-like membrane environments, protein stability, and functional requirements for the detailed analyses of 101F6 protein.

## 金属イオンによるシリコン量子ドット間架橋

居村祐介、杉本泰、藤井稔

工学研究科 博士前期課程 電気電子工学専攻

半導体量子ドットは、量子サイズ効果に起因する特異な光学的・電氣的性質を有することや塗布プロセスにより半導体薄膜を作製できることから、様々な光・電子デバイスへの応用が進められている。塗布により形成した量子ドット薄膜の最大の問題は、量子ドット間のトンネルバリアによって移動度が非常に小さいことである。この問題を解決するための一つの方法として、金属イオンとの配位結合により量子ドット間を架橋する方法がある。我々のグループはこれまでの研究で、シリコン (Si) 量子ドットと金属イオンを液中混合することによって自己組織的に構造体が形成され、特に金属イオンに亜鉛イオン ( $Zn^{2+}$ ) を用いた構造体で薄膜を作製した場合、光電流特性が向上することを示した[1]。一方、この方法では溶液中で構造体が形成されるため、平坦な薄膜を形成することが困難であるという課題がある。本研究では、まず基板上に Si 量子ドット薄膜を形成し、 $Zn^{2+}$ を薄膜中に浸透させることで平坦な薄膜の構造を維持しつつ、量子ドット間を架橋する技術を開発することを目的とした。図 1 に作製した Si 量子ドット薄膜の赤外吸収スペクトルを示す。 $Zn^{2+}$ を加えることで  $900\sim 1000\text{ cm}^{-1}$  に Zn-O-Si の振動に起因するモードが現れている。この結果は Si 量子ドット間が ZnO で架橋されていることを示唆している。

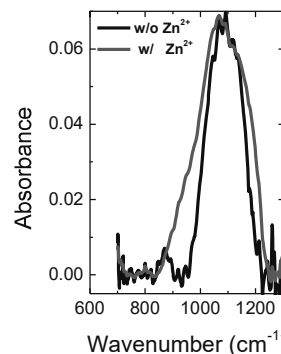


図 1  $Zn^{2+}$ を添加した Si 量子ドット薄膜の赤外吸収スペクトル

[1] Y. Ohata et al., *Nanoscale*, vol. 10, no. 16, pp. 7597–7604, 2018.

## 水月湖年縞堆積物で発見した地磁気エクスカージョン

田辺祥汰<sup>1</sup>、三木雅子<sup>2</sup>、兵頭政幸<sup>2</sup>、北場育子<sup>3</sup>、山田圭太郎<sup>3</sup>、中川毅<sup>3</sup>、北川淳子<sup>4</sup>

理学研究科・惑星学専攻・博士前期課程<sup>1</sup>、神戸大<sup>2</sup>、立命館大<sup>3</sup>、福井県里山里海湖研<sup>4</sup>

地磁気エクスカージョンは地磁気変化イベントの一つである。方向が数万～数十万年ごとに反転する逆転に対し、エクスカージョンは逆転近くまで大きく変化した後すぐ(2000年以内)に元に戻る現象である。その現象は双極子磁場強度が50%以下に減少した時に起こることが分かっている。継続期間が短いため、地磁気エクスカージョンはまれにしか発見されない。発見されても、真の地磁気現象かどうか、地球規模の現象かどうかの解明には時間がかかる。本研究では、世界最高精度の年代尺度をもつ水月湖年縞堆積物で見つけた新たな地磁気エクスカージョンについて報告する。

福井県が2014年に掘削したコア Fukui-SG14 の double-L channel 試料を使い、深度 900cm ~ 2100cm まで深さ 1 cm (年代約 14 年) 間隔で段階交流消磁による古地磁気分析を行った。852 層準の自然残留磁化ベクトルの主成分分析を行い、仮想地磁気極 (VGP) の位置 (緯度・経度) を計算した。

その結果、深度約 1700cm ~ 2000cm の間で、VGP の緯度が北緯 45° より南に位置する方向を含む一連の変動からなる地磁気エクスカージョンを 3 つ発見した。それぞれの年代を、A:  $15099 \pm 57$  年 ~  $15469 \pm 56$  年、B:  $17637 \pm 56$  年 ~  $17767 \pm 54$  年、C:  $19234 \pm 52$  年 ~  $19614 \pm 57$  年と決定した。

このうち B はハワイや中国で報告されている Hilina Pali/Tianchi excursion に対比できる可能性がある。A と C は世界でこれまでに報告例がない。これらは、地磁気強度が弱くない時期に起こっており、期間も 130 ~ 380 年と極めて短く、これまでとは違う特異なエクスカージョンといえる。

## C02

# TBAB hydrate の THz 吸収分光とラマン分光の比較

三輪 泰大<sup>1</sup>、長濱 朋輝<sup>2</sup>、松村 圭亮<sup>3</sup>、佐藤 春実<sup>2</sup>、竹家 啓<sup>3</sup>、谷 篤史<sup>2</sup>

人間発達環境学研究科 人間環境学専攻 博士前期課程<sup>1</sup>、  
神戸大院・人間発達環境<sup>2</sup>、名古屋大・工<sup>3</sup>

メタンハイドレートに代表されるクラスレートハイドレートは、水分子が形成したケージの中にゲスト分子が取り込まれた構造をしている。ケージの一部が変化し、派生したセミクラスレートハイドレートは、生成条件と構造から、ガス分離・貯蔵媒体としての可能性を持っており、実用化に向けての研究が進められている[1]。物質を特徴付ける1つである構造の安定性は、水素結合や分子間における相互作用の影響を受けており、テラヘルツ (THz) 領域での分析が適している。本研究では、分子間の相互作用、水素結合の影響を明らかにするためにセミクラスレートハイドレートのひとつである Tetrabutylammonium bromide (TBAB) ハイドレートを THz 領域で吸収分光と散乱分光を行った。図1に示すゲスト分子由来のピークおよびイオン間距離の拡大に起因すると考えられるピークのシフトを発見した。

[1] H. Veluswamy, R. Kumar, P. Linga, Applied Energy, 122, 112-132 (2014).

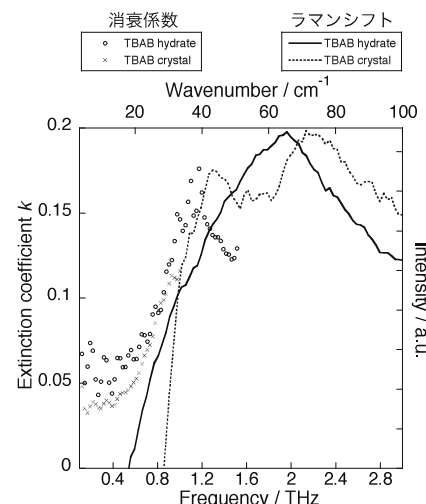


図1 THz 領域における TBAB ハイドレートの吸収スペクトルと低波数ラマンスペクトル

## C03

# YIG の電場誘起磁化

藤本恵輔、蓮沼貴史、河本敏郎

理学研究科 博士前期課程 物理学専攻

一般に物質の磁化は磁場によって、電気分極は電場によって誘起されるが、物質によっては磁場によって電気分極が、電場によって磁化が誘起されるという性質を持つものがあり、このような現象のことを電気磁気効果と呼ぶ。イットリウム鉄ガーネット(YIG)は電気磁気効果を示す物質として古くから研究されているもののひとつである。また、YIG は大きなファラデー効果を示す磁性体としても知られており、ファラデー効果を用いてその電気磁気効果を調べる研究が多く行われている。本研究では、YIG の電気磁気効果による電場誘起磁化をファラデー効果を用いて測定し、その電場および磁場依存性について研究を行った。測定結果から、YIG の電場誘起磁化において、電場に対して1次の成分と2次の成分とが共存していることが確認できた。その比は温度によって変化しており、低温では1次の成分が、高温側では2次の成分が支配的であった。

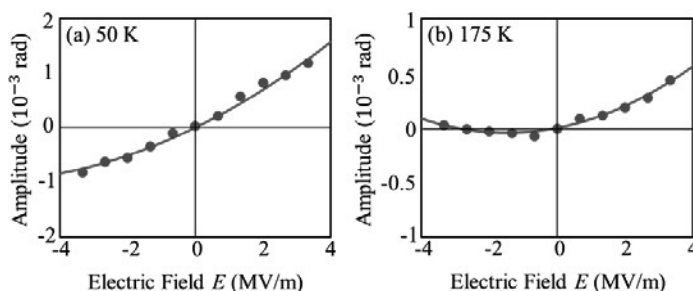


図1. (a) 50 K, (b) 175 K におけるファラデー回転振幅の電場依存性



## C04

# CuO における格子とスピンの超高速ダイナミクス

釋佳佑、澤田幸宏、河本敏郎

理学研究科 博士前期課程 物理学専攻

酸化銅 CuO は、現在発見されている螺旋型のスピン構造をもつマルチフェロイック物質の中で最高の強誘電転移温度( $T_C=230$  K)を持つ物質である。しかし、CuO において磁気秩序と強誘電性が共存することを説明する機構は確立されておらず、この機構を調べることは室温で動作する新奇のマルチフェロイクスの創生にとって重要である。本研究では、CuO においてポンプ・プローブ法による複屈折、及びファラデー回転測定を行い、光格子歪みと磁化の超高速ダイナミクスを観測した。格子のダイナミクスについては、ポンプ光電場に対する格子の応答が過渡複屈折を誘起し、異なる格子モードが各々の緩和時間で回復した(図 1)。スピンのダイナミクスについては、AF2 相(~215 K)で電気マグノンが観測できた可能性がある。また、低温(~7 K)において、反強磁性マグノンの高振動モードと思われる信号を観測した。

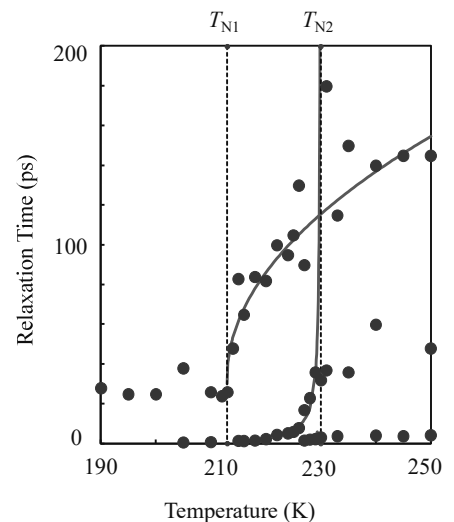


図 1. 光誘起格子歪み信号の緩和時間の温度変化。

## C05

# 羽状目珪藻 *Phaeodactylum tricornutum* における

## 光捕集機能の培養光質依存性

植野嘉文<sup>1</sup>、岡久美子<sup>2</sup>、長尾遼<sup>3</sup>、横野牧生<sup>4</sup>、沈建仁<sup>3</sup>、秋本誠志<sup>1</sup>

<sup>1</sup>理学研究科 博士後期課程 化学専攻、<sup>2</sup>神戸大・理、<sup>3</sup>岡山大・基礎研、<sup>4</sup>日本製粉・イノベ

珪藻は 2 種類の光化学系 (PSI と PSII) の光捕集アンテナとしてフコキサンチンクロロフィル *alc* 結合タンパク質 (FCP) を持つが (図 1a)、光環境に応答してどのように光捕集機能を調節するのか完全に理解されていない。本研究では、様々な光 (白、青、緑、黄、赤) で培養された羽状目珪藻 *Phaeodactylum tricornutum* 細胞の分光特性を液体窒素温度条件下で測定することで、珪藻における光捕集機能の培養光質依存性を検討した。

定常吸収スペクトルは培養光質で変化せず、色素組成の培養光質非依存性が分かった。一方、時間分解蛍光スペクトルの解析から、黄色や赤色光培養細胞において、PSII から PSI へのエネルギー移動と PSI への遅いエネルギー移動 (約 200~800 ps の時定数) が増大することが明らかになった。PSI-FCP 複合体では、このような遅いエネルギー移動が観測されない。したがって、黄色や赤色光により FCP の機能が変化し、FCP を介して PSI と PSII が結合することが示唆される (図 1b)。

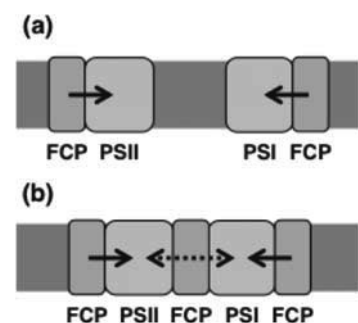


図 1 珪藻の光捕集アンテナと光化学系の結合様式とそれら間のエネルギー移動 (矢印)

## C06

### 幾何学的なスピン構造を有する

### 反強磁性体の強磁場 ESR による研究

下城世那, 大久保晋, 齋藤佑, 原茂生, 櫻井敬博  
岡本翔, 高橋英幸, 大道英二, 太田仁, 大熊隆太郎, 廣井善二  
理学研究科 博士前期課程 物理学専攻

$\text{KFe}_4(\text{AsO}_4)_3(\text{OH})_4 \cdot 6\text{-}7\text{H}_2\text{O}$  は等軸晶系のカリウムと鉄の水和水酸砒酸塩鉱物で毒鉄鉱 (pharmacosiderite) と呼ばれる。磁性イオンは  $\text{Fe}^{3+}(\text{S}=5/2)$  で、結晶の対称性は  $P\bar{4}3m$ 、格子定数  $a=b=c=7.98160\text{\AA}$  の薄緑色の鉱物である。 $\text{FeO}_6$  八面体 4 つが稜を共有し、Fe イオンが四面体を形成する。この系は帯磁率の温度依存性から 16K 付近でブロードなピークを持ち、6K 以下では急激に増大する。

このユニークな構造を持つ反強磁性体  $\text{KFe}_4(\text{AsO}_4)_3(\text{OH})_4 \cdot 6\text{-}7\text{H}_2\text{O}$  の人工粉末試料と天然単結晶試料 (約  $100\ \mu\text{m}$ ) における強磁場 ESR 測定を行った。60GHz-335GHz の周波数領域、4.2K-265K の温度領域、最大 16T の磁場の範囲で測定を行った。単結晶試料による 1.5K での ESR スペクトルの周波数依存性を図 1 に示す。この結果、容易面型の AFMR が観測された。

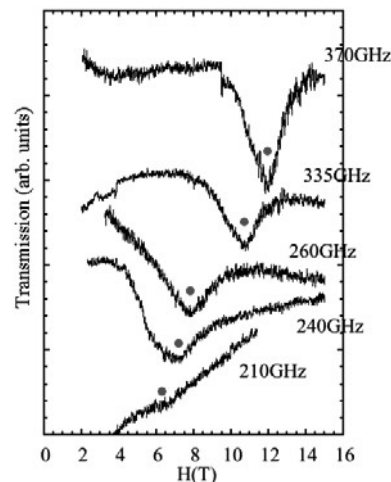


図 1. 微小単結晶試料による  
1.5K における周波数依存性

## C07

### 高感度 ESR 測定のための

### マイクロ磁気チップカンチレバーの作製

出口健太  
神戸大学大学院理学研究科 博士前期課程 物理学専攻

我々のグループではマイクロカンチレバーを用いた高周波電子スピン共鳴 (ESR) 測定法の開発を行っている。ESR 吸収に伴う試料の磁化変化をカンチレバーに作用するトルクや力の変化として検出する。カンチレバー上に微小な磁気チップをのせて試料上を走査することによりイメージング測定が可能になる。

そこで本研究では微細加工技術を用いてマイクロ磁気チップカンチレバーの自作を行うことを目的とする。(図 1)今回、マイクロ磁気チップカンチレバーの作製プロセスに関して、電子線描画装置による露光、2 層レジストプロセスという新たに二つのプロセスの開発を行った。

本講演ではマイクロ磁気チップカンチレバーの開発について現状を報告する。

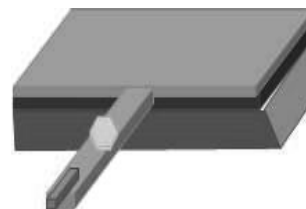


図 1 磁気チップカンチレバー

## C08

# 改良されたメンブレン型ピエゾ抵抗センサーを用いた 角度回転高周波 ESR

石村謙斗、岡本翔、高橋英幸、大道英二、太田仁

理学研究科 博士前期課程 物理学専攻

我々のグループは、メンブレン型ピエゾ抵抗センサー(SD-MSS-1K)を用いた新しい磁気測定技術について報告してきた[1,2]。最近、よりトルク測定に対応した改良型のセンサー (SD-MSS-1KTM)が開発された。本研究ではこの改良型のセンサーを用いて ESR 測定を行った。厚さ 2.7  $\mu\text{m}$  のシリコン製メンブレンが 4 つのピエゾ抵抗素子で支えられている構造となっている。メンブレン上の試料にはたらく磁気トルクによるメンブレンの変形を、ピエゾ抵抗の変化として検出できる。図 1 に Co Tutton 塩を測定試料とした磁気トルク ESR 測定の結果を示す。温度は 1.5 K、測定周波数は 120 GHz である。図に示すように 2 つの  $\text{Co}^{2+}$  イオンに起因する二つの吸収線が観測された。また試料の磁場中角度変化に伴う ESR 共鳴磁場の系統的な変化を観測することに成功した。

[1] Hideyuki Takahashi et al., *J. Phys. Soc. Jpn.*, **86** (2017) 063002.

[2] Hideyuki Takahashi et al., *Rev. Sci. Instrum.*, **89** (2018) 036108.

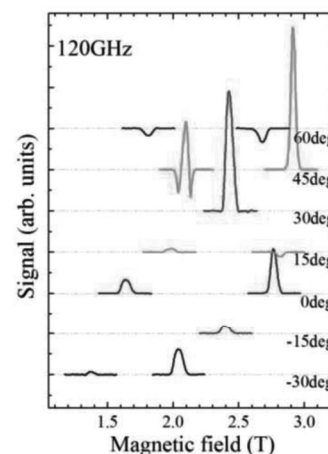


図 3 : Co Tutton 塩の ESR 測定データ

## C09

# Development of single molecule observation technique of membrane proteins combining model biological membrane and nanometric gap structure

Ryota Komatsu, Yasushi Tanimoto, Fumio Hayashi, Kenichi Morigaki  
Graduate School of Agricultural Science, Master Program

Single molecule observation is a powerful tool to elucidate the functions of membrane proteins. Some membrane proteins (i.e. G protein-coupled receptor) regulate their function by forming oligomers; however, observation of such behavior is difficult since conventional methods can't use at high concentration. We develop a single molecule observation technique of membrane proteins using a nanometric gap structure (nanogap-junction) and model biological membrane. In the nanogap-junction, single molecule observation is possible since background noise is suppressed due to its thin thickness. We could observe Rhodopsin, a member of GPCR, at the single molecule level in the nanogap-junction. We aim to observe oligomer formation of rhodopsin in the nanogap-junction.

## C10

### 希土類の八面体構造を持つ

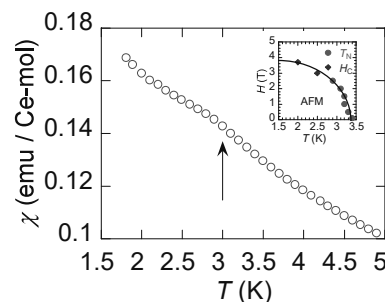
### $R_6Pd_{13}Cd_4$ (R=La, Ce, Pr) の物性

岩切泰和

理学研究科 博士前期課程 物理学専攻

$Ce_6Pd_{13}Zn_4$  は Ce が八面体の副格子を作り、体心立方状に並んでいる立方晶化合物である。この物質は転移温度  $T_N=3.3$  K で反強磁性 (AFM) 転移を示し、幾何学的フラストレーションを伴う可能性が示唆されている[1]。本研究では同様の結晶構造を持つ  $R_6Pd_{13}Cd_4$  (R=La, Ce, Pr) [2]に着目して、基礎物性測定を行った。

右図に  $Ce_6Pd_{13}Cd_4$  の磁化率  $\chi$  の温度依存性を示す。 $T_N=3.0$  K で磁気相転移に起因する折れ曲がりが見られる。 $\chi-T$  から得られたいくつかの磁場  $H$  の下での  $T_N$  と、磁化の磁場依存性に折れ曲がりが見られる磁場  $H_c$  をプロットして得た  $H-T$  相図を内挿図に示す。 $T_N$  が磁場によって減少するため、磁気相転移は AFM 転移とわかるが、通常と異なり、 $T_N$  以下で  $\chi$  が減少せず増加する。この現象は  $Ce_6Pd_{13}Zn_4$  にも見られ、幾何学的フラストレーションの寄与によると推測されている。このことから  $Ce_6Pd_{13}Cd_4$  でも同様の現象が起こっていると推測できた。



発表では加えて他の物性についても報告する。 [1]E. Matsuoka, et al., J. Phys. Soc. Jpn. (2018), **87**, 013705.

[2]F. Tappe, et al., Monatsh. Chem. (2010), **141**, 1.

## C11

### pH 応答性膜破壊能を有するヘリックス型設計ペプチド

櫻井遙、田村厚夫

理学研究科 博士前期課程 化学専攻

腫瘍細胞は Warburg 効果により通常細胞と比較して pH が低いことが知られている。本研究では、この pH の違いを利用し、通常細胞には損傷を与えず、腫瘍細胞のみに損傷を与えるよう、pH に応答して立体構造が変化するようなペプチドの設計を目指した。まず  $\alpha$  ヘリックス構造をとる人工設計ペプチドである  $\alpha 3$  の配列を基本骨格とし、中性では立体構造を持たず、酸性では  $\alpha$  ヘリックス構造をとり、両親媒性を持つよう電荷アミノ酸を導入し膜貫通部分とした。これに pH の変化に応じて膜挿入を行うことが知られている pHLIP というペプチドの flanking 配列の一部を C 末端に加え、3 種類の設計ペプチド(HARP1/3/4)とした。CD 測定により水溶液中の中性では HARP1 および HARP4 はランダムコイル構造、HARP3 は  $\alpha$  ヘリックス構造を示し、酸性では HARP1 および HARP4 は  $\alpha$  ヘリックス構造、HARP3 はランダムコイル構造を示した。一方、脂質存在下におけるペプチドの立体構造は、酸性では、リポソーム濃度の増加に伴って HARP1 および HARP4 は  $\alpha$  ヘリックス性が増加した。リポソーム濃度の増加に伴うペプチド内在 Trp 残基の蛍光スペクトル変化を追ったところ、酸性で全てのペプチドにおいてピークがブルーシフトし、ペプチドが脂質内の疎水環境中に存在していることが分かった。また、蛍光物質である calcein を内包したリポソームを用いてペプチドの膜破壊能を評価したところ、中性では HARP3 のみが膜破壊能を持ち、酸性では HARP1、3、4 全てのペプチドが膜破壊能を持つことが分かった。以上のことから設計した 3 種類のペプチドのうち HARP1 と HARP4 は低 pH で  $\alpha$  ヘリックス構造をとり、膜破壊能を有することが示唆された。

## C12

# ナノファイバー形成による人工酵素ペプチドの高機能化

永瀬陽望、田村厚夫

理学研究科 博士前期課程 化学専攻

酵素は生態系における反応の非常に効率的かつ選択的な触媒である。近年、天然酵素の触媒能力を模倣するために、種々のアプローチを通じて様々なタイプの人工酵素が設計されている。我々はこれまでの研究で、セリンプロテアーゼの catalytic triad(Ser, His, Asp)を有し、かつこの3残基が天然酵素のものに似た空間配置を取るアミノ酸 10 残基の人工酵素ペプチド(NeoC1, NeoC2)を設計した。これら2種の人工酵素はエステル結合に対する加水分解活性を示したが、その代謝回転数  $k_{cat}$  は天然酵素の4分の1程度に留まり、アミド結合に対する加水分解活性は示さなかった。そこで我々はこのような課題を克服すべく、人工酵素ペプチドをナノファイバー化することにより活性部位を集積させ、触媒活性を向上させるというシナリオを考えた。この方針として、当研究室で以前からナノファイバー化研究を進めていた $\beta$ シート型ペプチドの配列を参考とし、NeoC2の配列と組み合わせることで再設計を行うことでNeoC4、NeoC5を設計した。これらの人工酵素ペプチドを実際に合成し、原子間力顕微鏡(AFM)による観察を行った結果、NeoC4、5両方においてpH3での繊維化が確認された。pH7においては繊維化が見られなかったものの、エステラーゼ活性測定を行うとNeoC2よりもミカエリス定数  $K_m$  が減少し、触媒能が向上していることが確認された。今後は中性でのナノファイバー化を目指して溶液条件の検討を行い、この状態での活性測定を行いたいと考えている。

## C13

# ウリ科植物における POPs 輸送タンパク質の

## 細胞内局在と分泌

諏訪瑞季<sup>1</sup>、乾秀之<sup>2,3</sup>

農学研究科 博士前期課程 生命機能科学専攻<sup>1</sup>、神戸大院・農<sup>2</sup>、  
神戸大学バイオシグナル総合研究センター<sup>3</sup>

Persistent organic pollutants (POPs)は難分解性、長距離移動性、高脂溶性といった性質を持ち、長期間環境中に残留する。そして食物連鎖を通じて生体内に蓄積し、発癌性や催奇形性などの悪影響を及ぼす。ウリ科植物、特にズッキーニ (*Cucurbita pepo*) は他の植物と異なり、POPsを地上部に蓄積する。*C. pepo*の中でもPOPsを地上部に蓄積しやすい品種と蓄積しにくい品種が存在する。*C. pepo*のPOPs高蓄積品種において、POPsは根に取り込まれた後、Major latex-like protein (MLP) と結合することにより可溶化され、導管液を介して地上部へ輸送される。*C. pepo*の根における免疫染色より、MLPが高蓄積品種のみ細胞間隙へ分泌されることが明らかになった。このことから、MLPの分泌がPOPsの地上部蓄積を引き起こす重要な要因であると考えられる。そこで、MLPの細胞内局在を明らかにするために、タバコの葉においてMLP-GFP融合遺伝子を発現させた。タバコの葉においてMLPは細胞質局在となり細胞外への分泌は見られなかった。よって、MLPの分泌には高蓄積品種特有の分泌経路が必要であると考えられる。今後、高蓄積品種にMLP-GFP融合遺伝子を発現させ、分泌経路の解明を目指す。MLPの細胞外分泌の制御はPOPsに汚染されないウリ科作物の作出、植物を用いたPOPs汚染土壌の浄化に役立つ。

## C14

# セントポーリア温度感受に関わる分子機構の解析

本岡香奈、大西美輪、三村徹郎

理学研究科 博士前期課程 生物学専攻

セントポーリアは、アフリカ原産のイワタバコ科植物であり、園芸品種として人気があるが、葉に冷水がかかると数日で葉が褐変することから栽培には細心の注意が必要とされてきた。この現象は急激な温度の低下が原因で、温水でも生じることから、低温傷害とは区別して温度降下傷害と呼ばれる。先行研究から、葉の褐変は急激な温度降下によって柵状細胞の液胞が崩壊し、液胞内容物が流出して葉緑体などのオルガネラが損傷し、最終的に柵状細胞が死滅することによって起こると考えられている (Kadohama et al. 2013)。薬理的解析から機械受容  $\text{Ca}^{2+}$  イオンチャネルが液胞崩壊に関与していることが示され (Ohnishi et al. 2015)、セントポーリア葉組織の RNAseq 解析から、シロイヌナズナなどで知られる機械受容チャネル MCA と相同性の高い2つの遺伝子を見出し、*SiMCA1*、*SiMCA2* と名付けた。我々は、*SiMCA* が温度降下感受に働くかもしれないと考え、それぞれの遺伝子産物と温度降下傷害の関わりを調べている。*SiMCA1* と *SiMCA2* のアミノ酸配列を推定したところ、*SiMCA2* では  $\text{Ca}^{2+}$  取り込みに関わる可能性のあるアミノ酸が他の植物の MCA と異なっていることがわかり、アミノ酸配列に基づく系統解析では、*SiMCA2* が他の種子植物の MCA とは異なるクレードに属していた。また、酵母を用いて *SiMCA* の  $\text{Ca}^{2+}$  取り込み活性を調べると、*SiMCA1* の高い活性に対して、*SiMCA2* はわずかに見られる程度であった。花卉や茎を用いた実験では温度降下傷害の有無と *SiMCA* の発現量に関係がある可能性が示された。現在、他の植物に *SiMCA* を導入して温度降下傷害の誘導有無を調べる形質転換を検討している。

## C15

# カルシウムイオン結合能及びナノファイバー形成能

## を有するペプチド設計

滝田茉央<sup>1</sup>、廣瀬未果<sup>2</sup>、川本晃大<sup>2</sup>、岩崎憲治<sup>2</sup>、田村厚夫<sup>1</sup>

神戸大・院理・化学<sup>1</sup>、大阪大・蛋白研<sup>2</sup>

自然界において、炭酸カルシウムは結晶として存在している。生物はタンパク質をナノレベルで配列することによってこの2つの結晶形を作り分ける一方、工業的な結晶の制御は高温高圧下でのみ可能である。そこで、本研究では、環境負荷の少ない生体内のような穏やかな条件で炭酸カルシウムの結晶形の制御を行うペプチドを設計し、人工的に真珠を作る可能性を探った。デザイン戦略として、真珠表面の炭酸カルシウムの中に存在する結晶制御を行うバイオミネラリゼーションタンパク質の共通の性質である、①カルシウムと結合し、②ナノファイバー形状になる、ということに注目し、これらの2つ特徴を有するように小型ペプチド *CaRP1*~*4* を設計した。①については、カルモジュリンの EF ハンドをモチーフに、その配列に共通する 12 個のアミノ酸を取り入れた。②については、疎水性アミノ酸残基を両末端に導入し、分子間で疎水相互作用することによって繊維化するように設計した。これら4つのペプチドのカルシウムイオン結合能を調べるために、円偏光二色性測定と等温滴定型熱量測定から解離定数を導出した。さらに、繊維を観察するために原子間力顕微鏡観察と透過型電子顕微鏡観察を行った。

## C16

### ペロブスカイト型化合物 $\text{PbMnO}_3$ の ESR 測定

大島健太郎, 齋藤佑, 原茂生, 櫻井敬博, 大久保晋, 太田仁, 山本樹, 東正樹

理学研究科 博士前期課程 物理学専攻

ペロブスカイト酸化物は優れた誘電性や磁性を示す材料が多く存在するため、近年、幅広く研究されている。一方、Pb系酸化物はPZTを代表する優れた強誘電性を示すものが報告されている。これらを合わせ持つ3d遷移金属が入ったPb系ペロブスカイト酸化物 $\text{PbMnO}_3$ は3d遷移金属元素に由来する磁性の発現に加え、マルチフェロイックの発現による新たなメモリデバイス材料への応用が期待されている。本研究では、 $3\text{C-PbMnO}_3$ の磁性イオンであるMnイオンの磁氣的ふるまいに注目し、強磁場ESR測定を行った。1.8K~265Kの温度領域において、Gunn発振器を用いて60GHz~260GHzの周波数領域で測定を行った。磁場はパルス磁場を用いて、20Tまでの範囲で測定した。160GHzにおけるESRスペクトルの温度依存性を図1に示す。常磁性共鳴による吸収が $g=2$ 付近に観測され、FC/ZFCの分離する20Kよりも高い温度で共鳴磁場が低磁場にシフトしていることが観測された。講演では、 $3\text{C-PbMnO}_3$ のMnスピンのダイナミクスについて議論する。

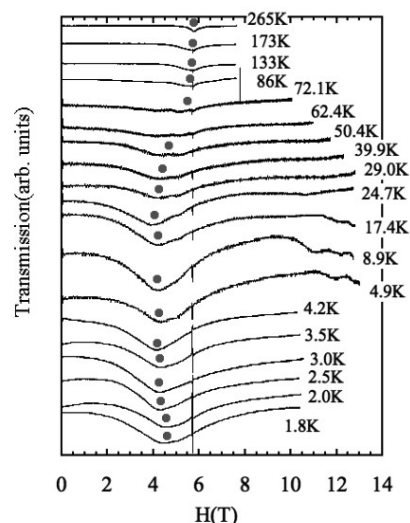


図1 160GHzにおける $H//c$ のESRスペクトルの温度依存性

## C17

### 触媒的不斉アミノヒドロキシ化反応を用いた

### アミノ糖合成

福原一平, 松原亮介, 林昌彦

理学研究科 博士前期課程 化学専攻

自然界には約60種類もの糖類が存在しているが、その存在比はD-グルコース、D-マンノース、D-ガラクトースなど一部の糖が圧倒的な割合を占めている。一方、残りの約50種類は希少糖と呼ばれており、自然界にごくわずかしかな存在しない。その中でも糖のヒドロキシ基の一部がアミノ基に置き換わった種類の糖はアミノ糖と呼ばれる。

希少糖合成では、希少糖の有する立体の制御が大きな課題となる。我々はSharpless不斉アミノヒドロキシ化反応を利用したアミノ糖の効率的な合成を目標としている。本研究では官能基の立体配置とアミノ基の位置によって異なる4種の糖が生成する。そのため、官能基の位置選択性と面選択性の2つが問題となる。これを克服するために、私は基質の持つ官能基効果と不斉触媒効果を利用し高選択的に希少アミノ糖を合成しようと研究を進めている。発表では、現在の進捗について報告する。

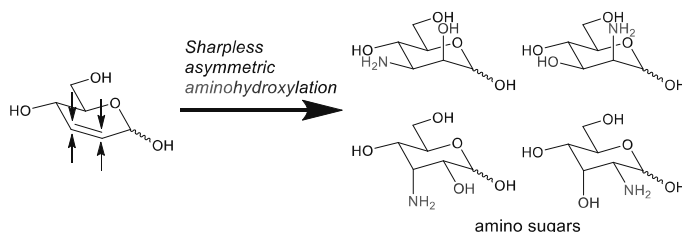


図1. アミノ糖の合成計画

## C18

### 2 万気圧下でスピンを観る!

奥藤涼介、太田仁

理学研究科 博士前期課程 物理学専攻

圧力は物性物理における主要なパラメータの一つである。我々は磁性体の物性を圧力下において測定しているが、当研究室の圧力セルを用いると最大 2.5 GPa という、大気圧の 2 万倍以上の圧力下で実験を行うことができる。2 万気圧といえば世界で最も深い海域、マリアナ海溝最深部の水圧の 20 倍もの圧力である。極限環境下では物質は通常では考えられないふるまいを示すことがあり、発表ではその一例を紹介する。物質のあらゆる性質を決定しているのは電子である。電子にはスピンと呼ばれる内部自由度が存在し、その動向を観ることができれば、物性を理解することが可能である。圧力下で興味深い現象を示す物質として三角格子反強磁性体  $\text{CsCuCl}_3$  が挙げられる。この物質は三つのスピンの三角格子を形成し、置かれた磁場の大きさによってスピンの配列が異なることが知られている。さらに近年圧力下において新奇な相が発見されたが、未だその起源は解明されていない。発表では、この相の起源解明に向け圧力下で行った実験の詳細について報告する。



## C19

### シロイヌナズナにおける ALA 類縁物質による

### 病原菌抵抗性の誘導

坂本みのり

農学研究科 博士前期課程 生命機能化学専攻

5-アミノレブリン酸 (ALA) はテトラピロール合成経路の合成基質である。植物への ALA 投与によって塩ストレスや低温ストレス、病原菌への抵抗性が向上する。本研究では光合成細菌での ALA 発酵生産の副産物である ALA 類縁物質の機能性に着目し、シロイヌナズナで当該類縁物質によってどのように遺伝子発現が変化し、どのような生理変化が誘導されるのかを解析している。シロイヌナズナのマイクロアレイ解析から、ALA と ALA 類縁物質の投与によって発現誘導または抑制される遺伝子には違いがあることがわかった。一方で ALA 類縁物質の投与もまた植物の菌核病菌への抵抗性を向上させた。ALA 類縁物質応答性遺伝子には、植物特異的転写因子の WRKY が複数種あり、ALA には応答しないものが含まれる。WRKY 転写因子は植物ホルモンのうちジャスモン酸やサリチル酸を介した病原応答や抗菌物質合成に関与している。したがって、WRKY や周辺、下流の遺伝子発現の経時変化を解析することで、ALA 類縁物質がどのように病原菌抵抗性を高め、それは ALA 応答とどう違うのかを検証した。また、ALA 類縁物質はアブシジン酸異化酵素の発現を促進した。アブシジン酸も防御防御に関与するホルモンであることから、アブシジン酸応答遺伝子の発現についても検証した。これらの結果から ALA 類縁物質による病原菌抵抗性の誘導機構について考察する。



## C20

# ラット回腸粘膜における好酸球系列の細胞の組織学的研究

荒井真也<sup>1</sup>, 万谷洋平<sup>2</sup>, 西田美穂<sup>2</sup>, 湯浅秀人<sup>3</sup>, 横山俊史<sup>2</sup>, 星信彦<sup>2</sup>, 北川浩<sup>2</sup>

農学研究科 博士前期課程 資源生命科学専攻<sup>1</sup>, 神戸大院 農<sup>2</sup>, 大阪市大院 医<sup>3</sup>

【目的および方法】我々は組織学的観点から、ラット小腸粘膜固有層の好酸球は不均一な細胞集団から構成されることを予備的に見出した。そこで、本研究ではラット回腸を用いて、HE 染色による一般組織学的解析および種々の細胞マーカー（CD11b, CD11c, CD103, CD68, CD4, CD8 等）を用いた免疫組織化学的解析によって回腸の好酸球系列の細胞の特徴を精査した。

【結果】回腸粘膜固有層の好酸球系列の細胞の核はその形態から 4 種類（球状核、腎形核、輪状核ないし桿状核）に区分された。腸絨毛の粘膜固有層では球状核ないし腎形核を有するものが多く、腸陰窩周囲の粘膜固有層では輪状核ないし桿状核を有するものが多く認められた。回腸粘膜固有層の好酸球系列の細胞はすべて CD11b 強陽性を示した。この CD11b 強陽性細胞は、腸絨毛の粘膜固有層では大部分が CD11c 陽性を、腸陰窩周囲の粘膜固有層では CD11c 陰性を示し、その他の細胞マーカーでは陰性を示した。

【結論】ラット回腸では、腸陰窩周囲の粘膜固有層に輪状核ないし桿状核を有する CD11b<sup>+</sup>CD11c<sup>-</sup>好酸球系列の細胞が多く局在する一方で、腸絨毛の粘膜固有層内に CD11b<sup>+</sup>CD11c<sup>+</sup>を示し、球状核ないし腎形核を有する特徴的な好酸球系列の細胞が局在することが明らかとなった。

## C21

# ヌル検出を用いた高周波 ESR 測定法の開発

藤本達也、大道英二、太田仁

理学研究科 博士前期課程 物理学専攻

本研究では、ヌル検出法と呼ばれる方法を用いた高周波電子スピン共鳴 (ESR) 分光法の開発を行う。一般的に ESR 吸収では、試料によって電磁波の右回り偏光成分のみが吸収されることから、直線偏光の電磁波に対し ESR 吸収時には試料を透過してくる電磁波が楕円偏光になる。そのため、あらかじめ 2 枚の直交した偏光板（クロスニコル配置）の間に試料を挿入して ESR 測定を行うと、共鳴していない時には電磁波が透過せず、ESR 吸収が起こるときのみ電磁波が透過してくる。この方法では、ESR 吸収による変化分だけを信号として取り出すことができるため測定感度が向上する（ヌル検出）[1]。

本研究では図 1 に示したような測定系を構築し、磁場中での ESR 測定を行った。発振器は 120 GHz の Gunn 発振器を使用し、検出器には FMB ダイオード検出器を使用した。また、磁場変調用のコイルを導入し、ESR 吸収の微分波形を検出した。その結果、ESR 標準試料である DPPH 粉末に対し、従来の透過型測定法に比べ測定感度を 3 桁向上させることに成功した。

[1] M. Hangyo, M. Tani, T. Nagashima, Int. J. Infra. Millim. waves 26 (2005) 1661-1690.

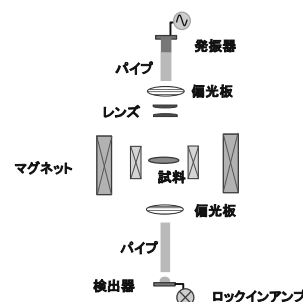


図 1 : 測定装置の概略図

## C22

# ヒト cytochrome $b_{561}$ form3(hb561-3)の分子機能解明

坂本有輝、田中涼、高橋優馬、鏝木基成

理学研究科 博士前期課程 化学専攻

Cytochrome  $b_{561}$  (以下  $b_{561}$ ) は神経内分泌小胞膜に存在する 6 回膜貫通構造をとる膜タンパク質である。分子内に 2 つの  $b$  型ヘムを持ち、細胞質側のアスコルビン酸 (以下 AsA) から受け取った電子を 2 つのヘムを介して小胞内へ伝達し、ノルアドレナリン合成に必要な AsA を再生している。ヒトにおいては  $b_{561}$  と相同性の高いタンパク質が 6 種存在し、三価鉄還元酵素としての機能を持つ Dcytb や癌抑制遺伝子としての機能を持つ 101F6 などが確認されている。本研究のターゲットである hb561-3 (以下 form3) は 101F6 と最も高い相同性を有していることから、これまでに本研究室において、AsA からの電子伝達反応における顕著な pH 依存性、EPR スペクトル、101F6 とは異なる細胞内局在などが測定、観測されている。しかしながら form3 の詳細な分子機能については明らかになっていない。近年の研究で 101F6 は三価鉄還元酵素としての機能も有することが示唆されていることから、本研究では form3 についての三価鉄還元酵素活性や、101F6 とは異なる AsA からの電子伝達反応について調べることにした。そのため form3 タンパク質をメタノール資化性酵母 *Pichia Pastoris* で発現させ、精製タンパク質について光還元法による三価鉄還元酵素活性測定や、AsA からの電子伝達反応に直接関与するヘムの酸化還元電位の測定などを行った。

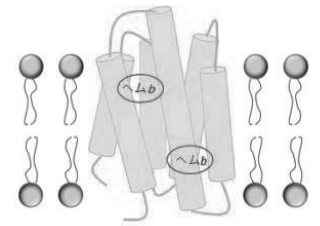


Fig. 1 Cytochrome  $b_{561}$  の 6 回膜貫通モデル

## C23

# 皮膚老化メカニズムの解明とその応用

近藤可奈子、菊永佐紀子、山之上稔、上田修司、菅澤薫、白井康仁

農学研究科 博士前期課程 生命機能科学専攻

皮膚は表皮、真皮、皮下組織の 3 つの層で構成されている。表皮には少なくとも 5 つのプロテインキナーゼ C (PKC) サブタイプが発現しており、ケラチノサイトの分化に関与していることが知られている。一方、本研究の対象であるジアシルグリセロールキナーゼ (DGK) は、PKC の活性化剤であるジアシルグリセロール (DG) をリン酸化し、ホスファチジン酸 (PA) に変換する脂質キナーゼで、間接的に PKC 活性を抑制することで、ケラチノサイトの分化を制御していると考えられる。当研究室では、10 種ある DGK サブタイプのうち、DGK $\gamma$  が表皮に発現しており、分化に伴いその発現量が上昇すること、また DGK $\gamma$  をノックアウトしたマウスでは、基底層から顆粒層の薄層化、角質層の肥厚化というような、老化現象と類似した症状が起きることを明らかにした。しかし、これらの関連性や詳細なメカニズムに関しては未だ不明である。そこで本研究では、DGK $\gamma$  と皮膚老化との関連性を明らかにすることを目的に、以下の実験を行った。ヒトケラチノサイトである HaCaT 細胞に DGK $\gamma$  inhibitor を添加後、UV 照射を行い、皮膚のシワ形成を引き起こすとされているマトリックスメタロプロテアーゼ 1 (MMP-1) の発現量を qPCR およびウエスタンブロッティングにより評価した。また、DGK $\gamma$  ノックアウトマウスにおける MMP-1 の発現量も同様に評価した。その結果、inhibitor を添加した群において、MMP-1 の発現が有意に上昇した。また、DGK $\gamma$  ノックアウトマウスにおいても、MMP-1 の発現が上昇する傾向が見られた。このことから、DGK $\gamma$  が少なくとも皮膚の光老化に関与していることが示唆された。

## C24

# 金属還元酵素ヒト Steap4 の分子機能解明

西綾音、中田壮人、藤村美香、鰐木基成

理学研究科 博士前期課程 化学専攻

Steap4 は Steap1~4 の 4 種から構成されるタンパク質ファミリーの 1 つであり、6 回膜貫通構造を持ち、金属還元酵素活性を持つことが知られている。Steap2~4 はいずれも N 末端側に親水性の NADPH 酸化ドメインを有し、NADPH から供与された電子が補因子である FAD を介して膜貫通ドメイン内のヘム b へと渡り、三価鉄や二価銅を還元し、膜を介した金属イオンの輸送を促進することで細胞内の金属イオンの恒常性に関与していると考えられている。

Steap4 は Steap ファミリーの中でも特に炎症を起こした組織内で多く発現されていることが確認されており、炎症関連因子と相関して発現量が変化すること、また Steap4 を欠損させたマウスでは関節リウマチを自然発症することが示されているため、Steap4 は細胞内の金属の恒常性を制御することで、炎症を抑制すると考えられている。

本研究では Steap4 タンパク質の分子機能解明のために、遺伝子組換え酵母 *P. pastoris* を用いたヒト Steap4 全長タンパク質の大量発現・精製系の構築を試みた。さらに、Steap4 全長タンパク質の N 末端側、および C 末端側に蛍光タンパク質 EmGFP を付加した融合タンパク質を、ヒト子宮頸癌由来である HeLa 細胞内で強制発現させ、それらの細胞内局在の蛍光顕微鏡解析を行った。

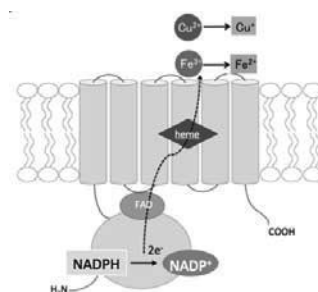


Fig. 1 Steap4 の生理機能

## C25

# スピנקロスオーバー錯体薄膜の FET 特性

宮脇 敦大<sup>1</sup>、高橋 一志<sup>2</sup>、Pham Song-Toan<sup>3</sup>、大戸 達彦<sup>3</sup>、寿田 博一<sup>3</sup>、  
櫻井 敬博<sup>4</sup>、太田 仁<sup>5</sup>

理学研究科 博士前期課程 化学専攻<sup>1</sup>、神戸大院・理<sup>2</sup>、阪大院・基礎工<sup>3</sup>、  
神戸大・研究基盤セ<sup>4</sup>、神戸大・分子フォト<sup>5</sup>

スピנקロスオーバー(SCO)とは、温度などの外部刺激により金属錯体のスピン状態が高スピンと低スピンの間で可逆的に変化する現象である。SCO 錯体を電界効果トランジスタ(FET)の活物質として利用することで、外部刺激に応答する新規な FET デバイスの作製が期待される。最近我々は、三次元πスタッキング構造を有する中性 SCO 錯体 **1** が協同的スピン転移を示すことを報告した[1]。1 はπスタックによる伝導パス形成と薄膜作製が可能であるため、FET の活物質となることが期待される。本研究では、真空蒸着により錯体 **1** の蒸着膜作成と FET 特性について検討した。真空蒸着により、シリコン基板上に **1** の薄膜を作製し、X 線光電子分光及び磁化測定により錯体薄膜が形成されていることを確認した。室温で、高スピン状態の錯体薄膜の電流-電圧特性のゲート電圧依存性を調べたところ、n 型の挙動が確認された。発表では、π共役系を拡張した SCO 錯体などについても併せて報告する。

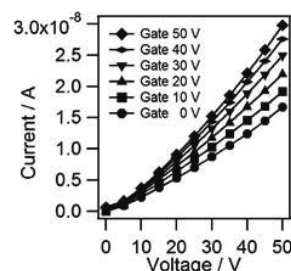
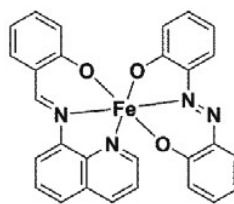


図. 1 の分子構造と薄膜 FET 特性

[1] S. Murata et. al. Dalton Trans., 2017, 46, 5786-5789.

## C26

# Ce<sub>6</sub>Mg<sub>23</sub>Z (Z = C, Si, Ge)の多結晶作製及び物性測定

渋谷僚太

理学研究科 博士前期過程 物理学専攻

希土類元素の一種である Ce を含む化合物は、4f 電子と伝導電子の強い相関に基づく興味深い物性を示す。その中で最近報告されたのが、Ce が正八面体の副格子をなした Ce<sub>6</sub>Pd<sub>13</sub>Zn<sub>4</sub> における幾何学的フラストレーションの影響を受けた反強磁性秩序である。本研究では、これと同様に Ce が正八面体の副格子をなすことが報告された立方晶の新物質 Ce<sub>6</sub>Mg<sub>23</sub>Z (Z = C, Si, Ge 等) [1] に注目し、多結晶作製及び物性測定を行って幾何学的フラストレーションの影響を調べた。

図 1 は Ce<sub>6</sub>Mg<sub>23</sub>Z (Z = C, Ge) の電気抵抗率  $\rho$  の温度依存性を示したものである。Ce<sub>6</sub>Mg<sub>23</sub>C の電気抵抗率は 2.1 K で急減している。磁化率はこの温度付近でカブスを示すことが分かったので、2.1 K での抵抗減少は反強磁性転移によると言える。また、Z = Si の場合は 1.8 K、Z = Ge の場合は図 1 に示すように 1.6 K で反強磁性転移による抵抗減少が見られる。Z = C、Z = Si、Z = Ge の順に格子定数が大きくなるほど転移温度が低下するのは、4f 電子と伝導電子の混成がこの順に弱まっていくためであると思われる。発表では、磁化率の測定結果等の詳細も報告する。

[1] F. Wrubl, *et al.*, *Inorg. Chem.* **55**, 191-204 (2016).

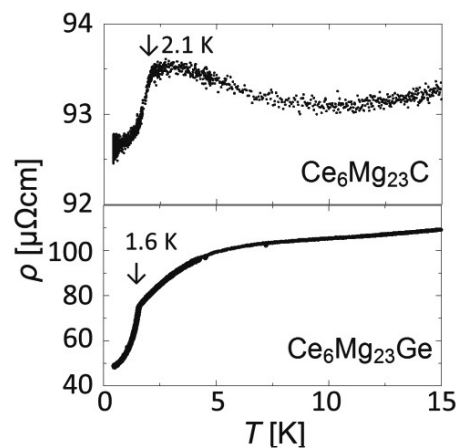


図 1

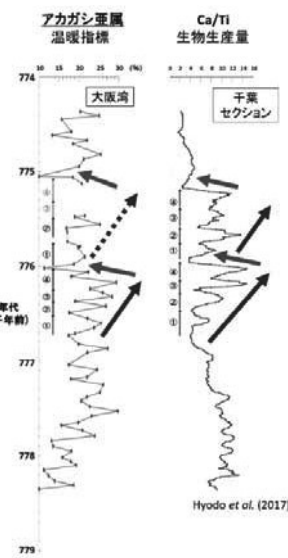
## C27

# 約 77 万年前に繰り返した急激な温暖化と寒冷化

藤井和香、兵頭政幸、加藤茂弘

理学研究科 博士前期課程 惑星学専攻

近年社会問題化している、人為起源と考えられている地球温暖化とは別に、地質時代には急激な温暖化が何度も起こっている。この過去の温暖化の正しい評価と理解は、現在の地球温暖化の解明と将来の気候変動を予測する上で役に立つ可能性がある。そこで、軌道要素の状況が完新世と類似している間氷期 MIS19 (約 76~79 万年前) の大阪湾 1700m コアにおける海成粘土層の花粉分析を行い、古植生と古気候を復元した。その結果、77.7~77.6 万年前に、温暖な気候を好むアカガシ亜属の産出率が振動しながら徐々に増加した後急激に減少するパターンを見つけた。この変化は、千葉セクションにおける、太陽活動と思われる 200 年周期の振動を伴う生物生産量変化パターンと起こるタイミングもほぼ一致している (右図)。以上の結果から、生物生産量変化は気温などの気候変化を介して起こった可能性が高いといえる。短期の気温変化は氷山流出イベントが関係し、約 200 年の周期は銀河宇宙線が誘起する雲 (スベンスマルク効果) を介して太陽活動周期が気候に現れた可能性がある。



Hyodo et al. (2017)

## C28

# SiN<sub>x</sub> ナノ膜を用いた力検出型電子スピン共鳴法

岡本翔、高橋英幸、大道英二、石川春人、水谷泰久、太田仁

理学研究科 博士後期課程 物理学専攻

生体中にはヘモグロビンに代表されるような金属タンパク質が多く存在し、重要な役割を担っている。金属タンパク質に含まれる金属イオンの電子状態を詳しく調べることで、そのタンパク質のたらしきを知ることができる。その一つの手法である電子スピン共鳴 (EPR) 法は、タンパク質中の金属イオンの状態を選択的かつ分光的に測定することができる。しかし、従来の測定法ではある程度まとまった量のタンパク質試料が必要であり、単離、精製が困難で微量な試料体積しか得られない金属タンパク質に対しては適用できないことが大きな課題となっていた。本研究では、マイクロリットルという微量溶液試料に対し、金属タンパク質の電子状態を精密に決定することが可能な新しい EPR 法を開発した (図 1)。この方法では、溶液セルを SiN<sub>x</sub> ナノ膜と呼ばれるデバイス直上に配置し、膜にかかる力として EPR を検出する。装置の評価としてミオグロビンと呼ばれる鉄含有の金属タンパク質 10 μL に対して適用し、EPR 信号の検出に成功した。当日は本研究で開発した装置の概要と実験結果について発表する。

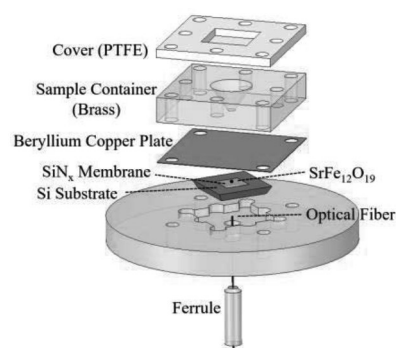


図 1: 本研究で作製した EPR 装置の組み立て図。

## C29

# 光伝導アンテナを使った連続周波数可変テラヘルツ帯電子スピン共鳴法の開発

港 啓介, 大道 英二

理学研究科 博士前期過程 物理学専攻

本研究ではテラヘルツ帯で波長を連続的に可変できる光伝導アンテナを用いた新しい ESR 測定装置の開発を行っている。

実験装置の概略図を図 1 に示す。2 台の DFB レーザーから波長がわずかに異なる電磁波をそれぞれ発生させ、フォトミキサーで合成した電磁波を光伝導アンテナに照射する。その結果、うなりの周波数であるテラヘルツ帯の電磁波が光伝導アンテナからシリコンレンズを通して発生するしくみになっている。試料を透過したテラヘルツ波は検出器用光伝導アンテナにより検出される。この方法により、これまで室温下で 0.25 THz までの周波数領域でテラヘルツ ESR 信号の検出に成功している。本研究では測定感度の更なる向上に向け、光伝導アンテナ以外の検出器についても検出感度の相互比較を行った。また、極低温下での測定を可能にするため、窓付き横型 10T の超伝導磁石を用いたテラヘルツ光学系を現在、整備中である。

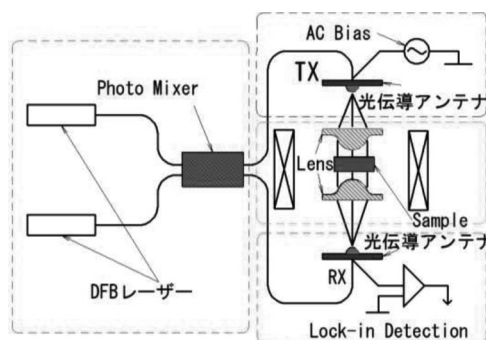


図 1: 実験装置の概略図

## C30

### 圧力誘起超伝導体 CrAs の高圧下ホール効果測定

兼吉潤<sup>1</sup>、吉永岳朗<sup>1</sup>、松岡英一<sup>2</sup>、小手川恒<sup>2</sup>、藤秀樹<sup>2</sup>、菅原仁<sup>2</sup>  
理学研究科 物理学専攻 博士前期課程<sup>1</sup>、神戸大院・理<sup>2</sup>

希土類や遷移金属を含む強相関電子系化合物は非従来型超伝導や異常磁性を示すことから興味を持たれている。特に 3d 電子系の超伝導体は、2008 年の Fe 系超伝導体の発見以来盛んに研究されており、強い磁性を示す 3d 電子と超伝導機構の相関について興味もたれている。本研究の対象物質である CrAs は常圧下では 265K で反強磁性転移するヘリカル磁性体として知られていたが、加圧により反強磁性転移は抑制され 0.7GPa 以上の高圧下では約 2K で超伝導転移することが 2014 年に発見された[1, 2]。これまでにこの物質の電子状態を調べるため高圧下で dHvA 効果測定を行い、フェルミ面の圧力変化などについて報告した[3]。本研究では、電子状態をより詳しく調べるために、高圧下でホール効果測定を行ったのでその結果について報告する。図 1 に CrAs の一定温度でのホール抵抗率( $\rho_H$ )の磁場(B)依存性を示す。 $\rho_H$ -B 曲線の傾きが正であることから、全温度領域で主なキャリアは正孔であることがわかる。

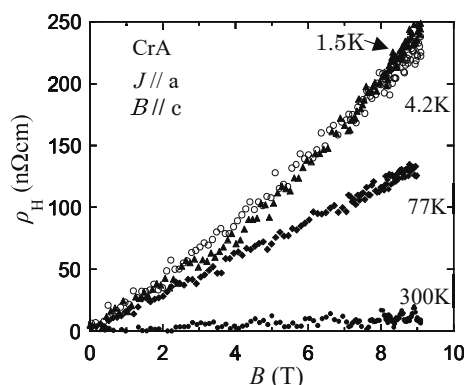


図 1 CrAs のホール抵抗率の磁場依存性

[1] H. Kotegawa, et al., J. Phys. Soc. Jpn. **83**, 093702 (2014).

[2] W. Wu, et al., Nat. Commun. **5**, 5508 (2014).

[3] 兼吉潤他、日本物理学会 2018 年秋季大会概要集、10pB204-6.

## C31

### <sup>31</sup>P-NMR で探る NbCrP の新奇相転移

桑田祥希、小手川恒、武田圭生<sup>A</sup>、藤秀樹、松岡英一、菅原仁、太田仁、櫻井敬博、播磨尚朝  
理学研究科 博士前期課程 物理学専攻、室蘭工大<sup>A</sup>

物質の相転移は高温状態に存在する不安定性を解消し、低温ではよりエネルギーの低い別の状態に移りたいときに起きる。我々はグライドや螺旋などの対称性を有する結晶において条件がそろえば、電子系に不安定性が生まれ相転移が起きうることを見出した。そして未知の相転移を求めて、高温相でそれらの対称性を有する d 電子系物質を網羅的に探索してきた。その中で NbCrP という物質が 150 K 付近で一次相転移を起こすことを発見し、この相転移の正体とメカニズムを明らかにするべく NMR 実験を行っている。この物質は遷移金属元素である Cr や Nb を含むため、相転移は遷移金属元素に由来する 3d, 4d 電子のスピンの低温で磁氣的に秩序した結果ではないかと想像することができる。しかし NMR で P の原子核を視たところ、低温で磁気秩序した場合に P が感じるであろう Cr や Nb の生み出す内部磁場は存在しないか、あってもとても小さいことが分かった。そのため、我々は磁性というよりは転移と同時に結晶の対称性が変化することが、この相転移の正体を知るための鍵ではないかと考えている。もし NbCrP の相転移の起源が対称性に由来する不安定性であるならば我々は未知の相転移を狙って出したとも言え、この発見はその狙いをさらに研ぎ澄ますヒントを与えてくれるだろう。しかし、まずはこの相転移において本当にグライドや螺旋などの対称性が重要な意味を持っているのか確かめなければならない。そのために転移後の低温相の構造についてより詳細に調べる予定である。当日には自信を持ってこの相転移は狙って出したと言えることを期待している。

## C32

# 親水性高分子と人工生体膜を用いたモデル生体膜の構築

小林佐和子<sup>1</sup>、小松亮太<sup>1</sup>、森垣憲一<sup>2</sup>

農学研究科 生命機能科学専攻<sup>1</sup>・神戸大 バイオシグナル<sup>2</sup>

生体膜を単純化したモデル生体膜は、生命機能に重要な役割を果たす膜タンパク質の解析手法として研究に用いられている。モデル生体膜のひとつである固定基板支持二分子膜(SPB)は固体基板に支持された脂質二分子膜が存在したものであり、界面分析手法を用いて高感度解析を行うことができる。我々のグループでは光重合性脂質を用いて安定なポリマー脂質二分子膜を作製し、流動性膜と組み合わせたパターン化 SPB を開発した。しかし SPB に再構成した膜タンパク質は、基板と接触して変性してしまう可能性があるため、高密度な親水性高分子鎖(ポリマーブラシ)をポリマー膜から作製して基板と膜との距離の制御を試みている。また、ポリマーブラシの末端に別の官能基を付加し、生体適合材料である PDMS と接合させることで、膜と PDMS との間に微小空間を作製し 1 分子計測技術の基盤となることや膜に再構成したイオンチャネルの機能解析が可能になると考えている。本研究では、ポリマーブラシの形成条件の最適化を行ってポリマーブラシの方向性や鎖長を制御し、ポリマーブラシの末端に反応性分子を付加して PDMS との接合が可能であることを示した。

## C33

# ヌル検出法による高周波電子スピン共鳴測定

鈴木哲平<sup>1</sup>、PaulBrunde<sup>2</sup>、大久保晋<sup>3</sup>、太田仁<sup>3</sup>

理学研究科 物理学専攻 博士前期課程<sup>1</sup>、INSA Toulouse<sup>2</sup>、神戸大・分子フォト<sup>3</sup>

現在、ESR (Electron Spin Resonance) で求められる  $g$  値の分解能は、高周波-強磁場で分解能が向上するため強磁場 THz 領域での測定が進んでいる。しかし、テラヘルツ領域、パルス強磁場での測定では発振と検出の両面で高感度化を妨げる要因が多い。従来の ESR 測定では透過光強度の変化を検出しており、吸収される電磁波は全体の 3~4%に過ぎず、ほとんどの電磁波が試料を通り抜けて検出器に照射しているため、S/N 比が悪い。そこで、前研究では THz 帯で使用できる大きなワイヤーグリッド偏光素子を用いて動作原理テストを行い、本研究では可視光向けに作られたワイヤーグリッド偏光素子フィルムを用いて共鳴吸収時のみ光を検出するヌル検出を行った。実験で用いた試料はラジカルの DPPH、測定温度は 86K で行った。検出器には 100GHz にチューニングされたショットキーダイオードを用いた。また光源は Gunn 発振器を用いて 100GHz 前後の光源を用いた。図 1 は 105GHz の周波数における WGF なしと WGF を入れたときの ESR のスペクトルである。WGF を導入した結果は、吸収が起こったときに光を検出していることを意味している。

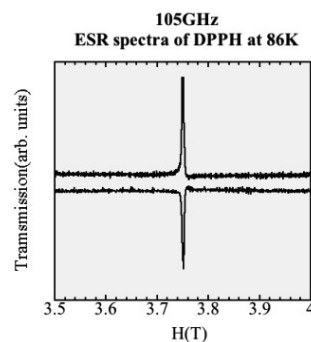


図 1 105GHz における WGF なしと WGF ありの ESR スペクトル

## C34

### 配位能を持つアクセプターからなる錯体の構造と性質

杉谷 真歩<sup>1</sup>、高橋 一志<sup>2</sup>

理学研究科 博士前期課程 化学専攻<sup>1</sup>、神戸大院・理<sup>2</sup>

金属イオンへの配位能とプロトン受容能を有する含窒素芳香環と、酸化還元能を有する電子受容性骨格とを組み合わせた配位子は、多機能性配位子となることが期待される。本研究では、含窒素芳香環であるピリジン環を $\pi$ 電子受容性のジシアノエチレン (DCNE)骨格に導入した電子受容性配位子 **1** に着目し、**1** とその錯体の構造と発光などの物性の評価を行った。

単結晶 X 線構造解析の結果、**1b** のヨウ化銅錯体 $[(\text{CuI})_2(\mathbf{1b})_2]$ は菱形二核ユニット( $\text{CuI}$ )<sub>2</sub>を **1b** が架橋した二次元ネットワーク構造を形成していた(Fig. 1)。C=C 結合長より、**1b** は中性状態であることが分かった。 $[(\text{CuI})_2(\mathbf{1b})_2]$ の発光特性を調べたところ、ピリジン環に由来する発光と CuI に由来する発光を示すことがわかった。**1b** と H<sub>2</sub>ca との錯体は、H<sub>2</sub>ca の OH 基のプロトンが **1b** のピリジン環の窒素原子に移動したプロトン移動型錯体 $[\text{H}_2(\mathbf{1b})][\text{ca}]$ であることが明らかとなった。 $[\text{H}_2(\mathbf{1b})][\text{ca}]$ は強い水素結合および $\pi$ - $\pi$ 相互作用により二次元ネットワーク構造を形成していた。これらの錯体の形成により、**1b** は金属イオンへの配位能とプロトン受容能を有する配位子であることが明らかとなった。

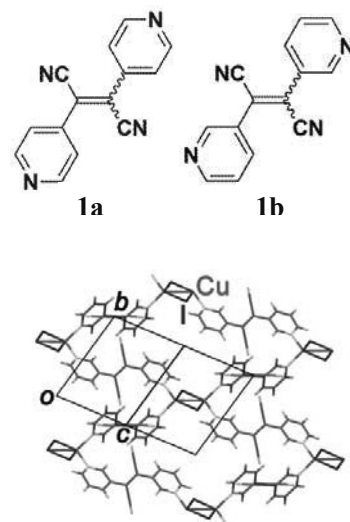


Fig. 1  $[(\text{CuI})_2(\mathbf{1b})_2]$ の構造

## C35

### 反強磁性体 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ における高速格子ダイナミクス

疋田峻、谷口弘樹、河本敏郎

理学研究科 博士前期課程 物理学専攻

酸化クロム( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ )は半世紀前に線形電気磁気効果が初めて観測された物質である。それ以後室温で電気磁気効果を示す物質として磁気光学的にも興味を持たれてきた。

本研究では反強磁性体  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  おいてポンプ-プローブ法を用いて光で誘起された格子の振る舞いの観測を行った。直線偏光のポンプ光で励起された試料が示すプローブ光のファラデー回転を検出し、検出された減衰振動信号の磁場と温度に対する依存性を観測した。

図 1 はピコ秒領域で観測された 0T, 7K におけるファラデー回転信号である。観測された減衰振動の振動数は 5T までの磁場に対して変化しなかった。反強磁性マグノンの振動数は 0.17 THz と報告されており、本研究で観測された減衰振動は格子によるものだと考えられる。また減衰の緩和速度は磁場の増加に対してわずかに増加した。これは電気磁気効果によって格子とスピンの連動し、磁場が格子振動に影響を及ぼしているためだと考えられる。一方、温度を上昇させると振動数は 70 K 付近に向けて小さくなっていくことが分かった。また、減衰の緩和速度も温度上昇に対して大きくなった。これらの振る舞いから、70 K 近傍に構造相転移点がある可能性が考えられる。

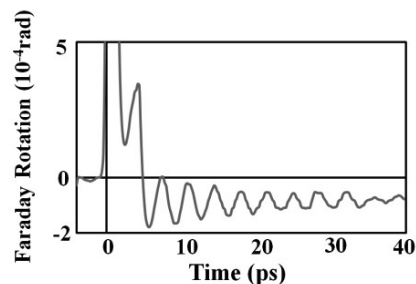


図 1. 0T, 7K におけるファラデー回転信号



## KCuMoO<sub>4</sub>(OH)の ESR 測定

恒石一義、齋藤佑、原茂生、櫻井敬博、大久保晋、太田仁

理学研究科 博士前期課程 物理学専攻

KCuMoO<sub>4</sub>(OH)はCuO<sub>6</sub>八面体が頂点共有して**b**軸方向に連なる  $S=1/2$  ハイゼンベルグ反強磁性鎖のモデル物質である[1]。結晶構造の対称性から、鎖内にジャロシンスキー・守谷(DM)相互作用があり、交替した **D** テンソルが存在する。那波らの磁化率の温度依存性の測定により、Weiss 温度  $\theta \sim 205\text{K}$ 、相互作用の大きさ  $J \sim 238\text{K}$  と見積もられている[1]。この様な系では、磁場中でソリトン、アンチソリトン、ブリーザー励起が期待される。磁場中比熱にはソリトン励起に特有な磁場依存性が観測されている[2]。

我々はこれまで KCuMoO<sub>4</sub>(OH)の粉末試料による高周波 ESR 測定、磁気異方性を明らかにするために、磁場中配向試料の高周波 ESR 測定を行っている。今回は  $H//bc$  面の高周波 ESR の結果について報告する。

[1] K. Nawa *et al.*, *Inorg. Chem.* **54** (2015) 5566.

[2] K. Nawa *et al.*, *Phys. Rev. B* **96** (2017) 104429.

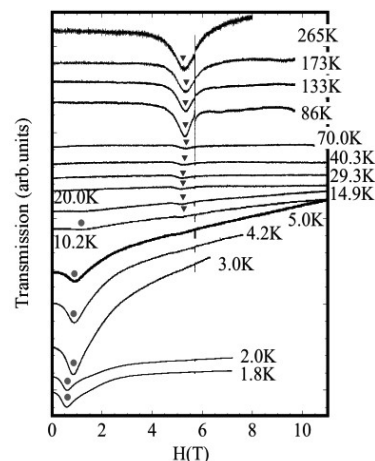


図 1 : 160GHz における  $H//ab$  の ESR スペクトルの温度依存性

## 炎症誘起タンパク質 NLRP3 の LRR ドメインによる

### アミロイド $\beta$ 線維の直接的認識

政安梨緒<sup>1</sup>、山本良太<sup>1</sup>、今村比呂志<sup>2</sup>、山本直樹<sup>3</sup>、松花沙織<sup>1</sup>、井上邦夫<sup>1</sup>、鏑木基成<sup>1</sup>、茶谷絵理<sup>1</sup>

<sup>1</sup>神戸大・院理、<sup>2</sup>立命館・生命科学、<sup>3</sup>自治医大・医

NLRP3 は、アルツハイマー病においてアミロイド  $\beta$  ( $A\beta$ ) 線維を認識し炎症反応を引き起こす受容体タンパク質である。 $A\beta$  線維は NLRP3 のロイシンリッチリピート (LRR) ドメインにより認識され、炎症性サイトカインが放出されると考えられている (Fig.1)。しかし NLRP3-LRR が  $A\beta$  線維を直接的に認識するか否かは不明である。そこで本研究では、大腸菌発現系を用いて N 末端にグルタチオン-S-トランスフェラーゼ (GST) タグまたは Small Ubiquitin-related Modifier (SUMO) タグを融合した NLRP3-LRR の

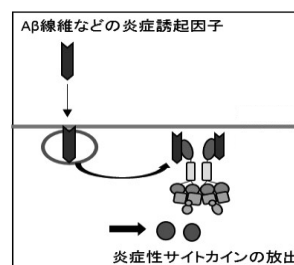


Fig.1 NLRP3 による炎症誘起様式

発現と精製を行い、構造上の性質および  $A\beta$  線維との結合性を解析した。

トリプトファン蛍光スペクトル測定の結果から、GST タグ融合、SUMO タグ融合どちらの NLRP3-LRR もフォールディングしていることが確認された。続いて、小角 X 線散乱 (SAXS) 測定を行った結果、6 から 8 量体程度の会合体を形成していることがわかり、このサイズはサイズ排除クロマトグラフィーの溶出位置ともおおよそ合致した。また、NLRP3-LRR は  $A\beta$  線維と結合することがわかり、炎症誘起時に  $A\beta$  線維を直接的に認識している可能性が明らかになった。

## C38

# ナノメンブレンを用いた周波数掃引型電子スピン共鳴法の開発

松本蓮, 大道英二

理学研究科 博士前期課程 物理学専攻

私たちのグループではナノメンブレンなど力検出型デバイスを用いた強磁場電子スピン共鳴法 (ESR) の研究を行っている[1,2]。一般的である磁場掃引 ESR では基底一重項から励起三重項への禁制遷移のように測定周波数と共鳴磁場が平坦な関係を示す場合、信号検出が困難である。そのような場合、固定磁場下で周波数掃引することにより ESR 信号の観測が可能になる (周波数掃引 ESR)。

そこで、本研究では光源として用いた BWO 発振器の周波数掃引を固定磁場下で行い、周波数掃引型強磁場 ESR 測定法の開発を行った。測定試料には反強磁性体である  $\text{KMn}_3\text{Ge}_2\text{O}_9$  ( $T_N \sim 38$  K) [2]の微小単結晶を用いた。図 1 には、周波数掃引 ESR によって得られたナノメンブレン検出高周波 ESR 信号を示す。

講演では本研究で構築した周波数掃引型 ESR の装置構成、測定結果などについて報告を行う予定である。

[1] H. Takahashi *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **89**, 036108 (2018).

[2] H. Takahashi *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **89**, 083905 (2018)

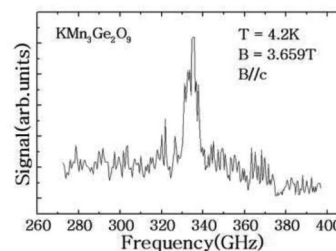


図 1. 周波数掃引型 ESR によって得られた反強磁性体  $\text{KMn}_3\text{Ge}_2\text{O}_9$  の高周波 ESR 信号。

## C39

# 直方晶化合物 $\text{R}_3\text{NbRh}_4\text{Ge}_4$ ( $\text{R}=\text{Ce}, \text{Nd}, \text{Pr}$ ) の基礎物性測定

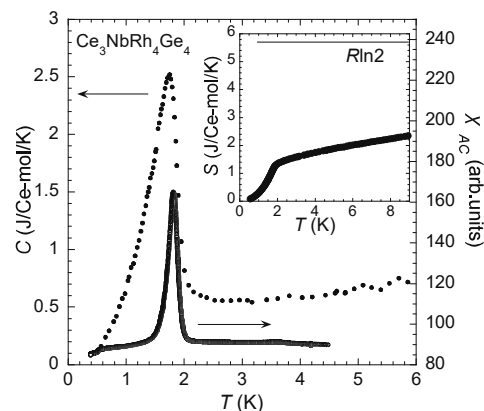
伊藤誠也

理学研究科 物理学専攻 博士前期課程

磁気秩序を示す Ce 化合物には反強磁性を示すものが多くを占める中で、 $\text{CeRh}_6\text{Ge}_4$  は 2.5 K という低いキュリー温度を持ち、強磁性秩序が消失する臨界点に近い状態にあるという特徴を持つ強磁性体である [1]。本研究では、新しい強磁性体の探索を目的とし、 $\text{CeRh}_6\text{Ge}_4$  に似た構成元素を持つ新たな直方晶化合物、 $\text{R}_3\text{NbRh}_4\text{Ge}_4$  ( $\text{R}=\text{Ce}, \text{Nd}, \text{Pr}$  空間群  $Pbam$ ,  $D_{2h}^9$ , No.55) [2] に注目した。そして、この物質の多結晶を作製後、交流磁化率と比熱の測定を行った。下図に  $\text{R}=\text{Ce}$  の交流磁化率  $\chi_{AC}$  と比熱  $C$ 、内挿図にエントロピー  $S$  の温度依存性を示す。交流磁化率は  $T_C = 1.7$  K で発散的な増加を示し、比熱は  $T_C$  で  $\lambda$  型の飛びを示したため、 $T_C$  で強磁性転移が生じたと考えられる。また、 $T_C$  での  $S$  は  $R\ln 2$  の 2 割程度にとどまり、 $0.20$  J/(Ce-mol $\cdot$ K $^2$ ) と大きな電子比熱係数を持つことから、 $\text{Ce}_3\text{NbRh}_4\text{Ge}_4$  も  $\text{CeRh}_6\text{Ge}_4$  と同様に近藤効果が強く影響して磁性が消失する量子臨界点に近い強磁性体であることが判明した。講演では他の R を含む物質の物性についても報告する。

[1] E. Matsuoka, *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **84**, 073704 (2015).

[2] R. D. Hoffmann *et al.*, Z. Anorg. Allg. Chem. **642**, 979 (2016).



## C40

### NMR を用いた UNi<sub>4</sub>B の磁気構造と結晶構造の研究

竹内 涼介, 岸本 恭来, 小手川 恒, 播磨 尚朝,  
藤 秀樹, 本間 佳哉<sup>A</sup>, 本多 史憲<sup>A</sup>, 仲村 愛<sup>A</sup>,  
清水 悠晴<sup>A</sup>, 李 徳新<sup>A</sup>, 青木 大<sup>A</sup>  
理学研究科 博士前期課程 物理学専攻, 東北大<sup>A</sup>

核磁気共鳴法(NMR)はある特定の原子核に注目し、その原子核周りの電子状態をミクロな視点で観測できる実験手法である。具体的には調べる試料に外部から振動磁場を与えて、試料内の原子核のもつ核スピンの応答を試料の電子状態を変えことなく信号として捉えている。応用例として医療用MRIは、水素の原子核に注目して共振磁場程度の弱いラジオ波を照射するので組織を損傷させることなく調べることができる。我々の研究室ではNMRを用いて超伝導や磁性体などの物質が低温や高圧力などのある条件下で引き起こす新奇相転移を明らかにするため、原子核に注目して観測し、その電子状態の変化などを調べている。

U系化合物UNi<sub>4</sub>Bは20.4 K を境に磁気構造が変化する。しかし構造決定でよく用いられるX線回析や放射光回析では電子密度が小さいため決定できない。中性子散乱も<sup>10</sup>B原子が中性子吸収体であるためその磁気構造や結晶構造の精密決定は困難であった。そのため今回はNMRの持つ利点である局所対称性の違いがスペクトル形状の変化に反映することを活かして、ミクロな視点から結晶中の<sup>11</sup>B-NMRにより結晶構造を調べた。さらにこの手法を用いて金属においては理論的に予想されている「電流磁気効果」と呼ばれる磁気構造の引き起こす現象を調べている。

## C41

### 空間反転対称性のない六方晶希土類化合物

### RRh<sub>6</sub>Ge<sub>4</sub>(R = 希土類)の単結晶作製と物性測定

築地孝和

理学研究科 博士前期課程 物理学専攻

最近、空間反転対称性のない希土類化合物 CeRh<sub>6</sub>Ge<sub>4</sub>が低いキュリー温度 (2.5 K) を持つ強磁性化合物であり、磁気的な臨界点に近い強磁性体であることが報告された[1]。本研究では、Ce 以外の希土類 R を含む RRh<sub>6</sub>Ge<sub>4</sub>の単結晶を作製し、電気抵抗率、磁化率、および比熱の測定から磁性と伝導を調べた。

図1は YbRh<sub>6</sub>Ge<sub>4</sub>の磁場  $B = 0.1$  T における磁化率の温度依存性を示す。 $c$  軸方向の磁化率では、 $T_N = 8.8$  K で反強磁性転移に伴うカuspが現れる。一方、 $c$  面方向の磁化率は 15 K で緩やかなピークを示し、 $T_N$  以下で急減する。また、電子比熱係数は  $\gamma = 3.3$  mJ/mol K<sup>2</sup> と小さく、 $T_N$  におけるエントロピーが  $R \ln 2$  の 95% であるから、Yb のもつ  $f$  電子の局在性が強く、磁気的な臨界点には近くないと考えられる。

発表では、ほかの R を含む RRh<sub>6</sub>Ge<sub>4</sub> の物性についても報告する。

[1] E. Matsuoka et al., J. Phys. Soc. Jpn. **84**, 07374 (2015).

[2] D. Voßwinkel et al., Z. Anorg. Allg. Chem. **14**, 639 (2013).

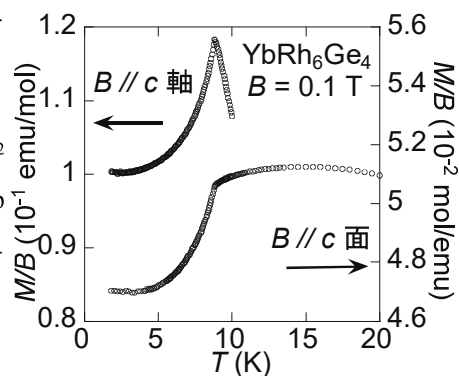


図 1

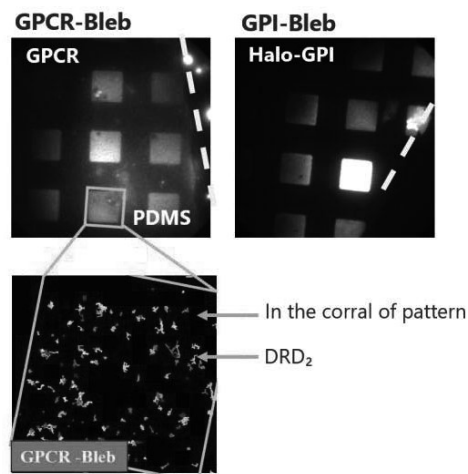
## C42

# 細胞膜断片 bleb を用いたモデル生体膜への膜タンパク質の再構成

永井るりか<sup>1</sup>、谷本泰士<sup>2</sup>、笠井倫志<sup>3</sup>、鈴木健一<sup>4,5</sup>、林文夫<sup>6</sup>、森垣憲一<sup>1</sup>

農学研究科 博士前期課程 生命機能科学専攻<sup>1</sup>、神戸大・バイオ<sup>2</sup>、京都大・再生研<sup>3</sup>、  
岐阜大・生命の鎖<sup>4</sup>、岐阜大・応用生物<sup>5</sup>、神戸大・理<sup>6</sup>

哺乳動物膜タンパク質を大量に精製し、構造および配向を変えることなくモデル膜に再構成することは困難である。そこで我々は、細胞膜から得られる細胞膜断片 (bleb) を用いることで、膜タンパク質を直接モデル膜へと再構成した。まず CHO 細胞に GPCR と GPI アンカー型タンパク質 (GPI-AP) を発現させ、化学誘導によって bleb を生成した。そしてあらかじめパターン化したモデル生体膜の導入された基板表面の bleb を割ることで、平面膜を形成することができた。さらに基板と PDMS エラストマーシートの間でナノメートルサイズの空間において、GPCR および GPI-AP の一分子が観察された。この方法は、広範囲の哺乳動物膜タンパク質の物理化学的特性および機能を評価することを可能にする。



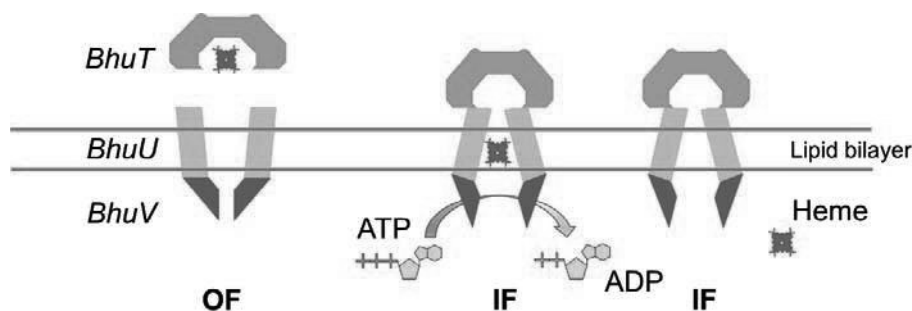
## C43

# 部位特異的スピンラベル EPR 分光法による ABC トランスポーター; BhuUV の構造変化の実時間測定

大西萌<sup>1</sup> 鏑木基成<sup>2</sup> 小堀康博<sup>2</sup> 木村哲就<sup>2</sup>

理学研究科 化学専攻 博士課程前期<sup>1</sup> 神戸大院・理<sup>2</sup>

ABC トランスポーターは ATP の化学反応によって基質の膜間輸送を駆動する膜タンパク質である。X 線結晶構造解析から膜貫通部分が細胞膜で内向きあるいは外向きの構造をとることはわかっているが、この構造変化ダイナミクスが基質の輸送とどのように共役しているかについては未解明である。そこで、本研究ではヘムインポーター BhuUV に二重スピンラベルを導入し、反応サイクルにおけるラベル間の距離変化を測定することで、構造ダイナミクスをリアルタイムで捉えることを試みている。結晶構造をもとに、輸送経路の開口部に存在する残基を標識部位として選定した。BhuUV は基質へみの取り込みを分光学的に可視化でき、構造変化と輸送という機能を相関させることが期待される。



## D01

# 重イオンビームプローブ法で用いる検出器の重イオン検出効率向上に関する研究

中島優一, 山本翔一, 谷池晃, 古山雄一

海事科学研究科 博士前期課程 海事科学専攻

重イオンビームプローブ法 (HIBP) はプラズマ診断法の一つであり, プラズマ中の電位分布を計測する方法である. 大型ヘリカル装置 (LHD) に設置されているLHD-HIBPでは, 金イオン ( $\text{Au}^+$ ) をプラズマに入射し, 2価に電離して出てきたイオンを測定する. LHDの磁場3Tに対して6MeVのエネルギーの金イオンが採用されている.

ところで, 今の段階でHIBPを用いてLHD内部の電位を計測するとプラズマの影響でビームが大きく減衰し, 微弱な信号しか得られない. 精度よくビームを検出するためにはビームを増幅させる必要がある. そのためにマイクロチャンネルプレート (MCP) 検出器を用いる. しかし, 高エネルギー粒子がMCPに入射すると表面から奥深くまで入り, 増倍率 (検出効率) が小さくなる可能性がある. そこで本研究は, MCPの重イオンに対するエネルギー依存性を求めることと, 重イオンで二次電子を生成し, それをMCPに入射させることで, 出力電流の増大に寄与するかどうか調べることを目的とした. 本発表ではMCPの入射エネルギー依存性及び, 金属メッシュによる $I_{\text{MCP}}/I_{\text{FC}}$ の変化について報告を行う.

## D02

# 加速器分析を用いた核融合炉材料の研究

山本真旭, 武田翼, 秋田佑馬, 柴田直人, 谷池晃, 古山雄一

海事科学研究科 博士前期課程 海事科学専攻

ラザフォード後方散乱分光法(RBS)および非ラザフォード後方散乱分光法(NRBS)は, 高エネルギーに加速した粒子と測定対象の原子核との弾性散乱による散乱粒子を検出する手法である. これにより数 $\mu\text{m}$ の深さにわたる多重元素の定量分析ができる. また, 反跳粒子検出法(ERDA)は高エネルギー粒子と測定対象の原子核との弾性散乱による反跳粒子を検出する手法である. 特に水素同位体の同時測定ができる点で優れている.

図1, 図2に核融合炉材料の候補である $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ のRBSスペクトルとNRBSスペクトルを示す. 縦軸は収量, 横軸はエネルギーである. 図1においてRBSでは散乱断面積が原子番号の二乗に比例するため, OやTiのような中重元素は測定できるがLiのような軽元素は測定できない. 本研究ではLi金属化合物を測定対象としているため, 図2のように低元素の散乱断面積が中重元素と同程度になるNRBSを用いて表面近傍組成の分析を行った.

発表では, RBS, NRBS, ERDAの加速器分析法の特徴について詳細に説明する.

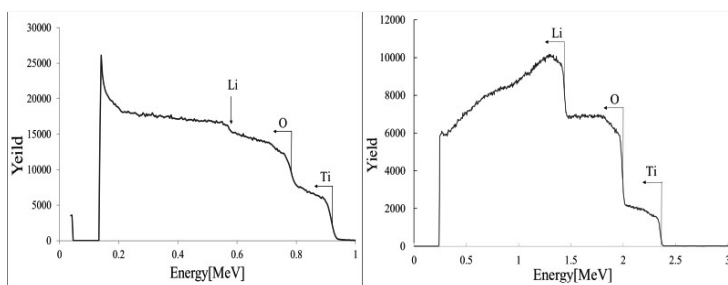


図1  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ のRBSスペクトル

図2  $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ のNRBSスペクトル

## D03

### リアルタイムトムソンパラボラシステムの校正

○清水和輝<sup>1</sup>、神野智史<sup>2</sup>、金崎真聡<sup>1</sup>、谷池 晃<sup>1</sup>、  
古山雄一<sup>1</sup>、小田啓二<sup>1</sup>、山内知也<sup>1</sup>、福田祐仁<sup>3</sup>

海事科学研究科 博士前期課程 海事科学専攻<sup>1</sup>、東京大院・工<sup>2</sup>、量研関西研<sup>3</sup>

近年、高強度レーザーと物質の相互作用を用いたレーザー駆動イオン加速実験が世界各地の高強度レーザー施設において行われている。数 10  $\mu\text{m}$  オーダーの極めて短い距離でイオンが加速されるため、従来の加速器に代わる小型の加速器開発が期待されているが、応用のためには、加速されたイオンの特性を明らかにしなければならない。量子科学技術研究開発機構関西光科学研究所ではレーザー加速イオンのエネルギー及び核種を測定するため、リアルタイムトムソンパラボラシステムを開発している。本検出器は内部に有する電極と磁石によってイオンを質量と電荷の比で弁別する事が可能であり、CCD カメラで検出部の蛍光体を撮像する事で、レーザーのショット毎にイオンのエネルギーと核種を測定することが出来る。本研究では、検出精度を高めるために本学のタンデム加速器を用いて校正実験を行なった。検出部に、蛍光体付き Micro Channel Plate (MCP) または固体飛跡検出器 CR-39 を設置し、同条件でイオンを照射した。両検出器で良い相関が得られた。低エネルギー領域では磁場による偏向が大きくなるため、三次元電磁場シミュレーションによる軌道計算も実施し、校正実験の結果と比較を行った。

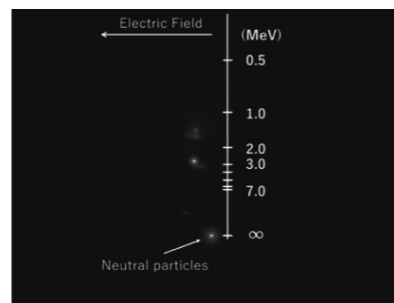


図 1: 蛍光体上に見る陽子線の軌跡

## D04

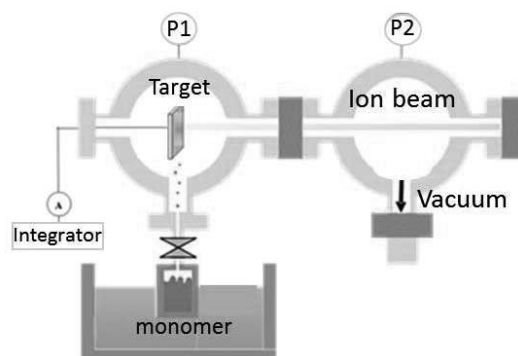
### イオンビームを用いたグラフト重合法の基礎研究

#### ～種々のモノマーを用いたグラフト重合～

中島慎弥、藤田尚希、井上凌一、溝上慧、谷池晃、古山雄一

海事科学研究科 博士前期課程 海事科学専攻

近日、私たちの身の回りの製品の多くには、高分子材料は様々な分野で用途を変え、用いられている。機能付与に際しては、それぞれの目的に応じた化学構造を導入する必要があり、化学合成により多種多様な官能基を有するモノマーが合成された。高分子の機能を多様化するための手段として、本研究では本学の加速器を用いた「放射線グラフト重合法」に着目した。チェンバ内を真空状態にした後、イオンビームで試料に照射すると同時にチェンバ内にモノマーを導入することで、活性化したラジカルと反応させた。モ本研究では、チェンバ間にカプトン膜を張り、モノマーを導入した際に圧力を 10 Torr 程度で維持できるようにした。図は実験体系の概形である。ターゲットにはポリエチレンを使用し、実験を行った。導入するモノマーにはアクリル酸などを用いた。



## D05

# 二次電子放出を利用した高速イオンのエネルギー回収における低ミラー比磁場の効果

栗巢野敦也<sup>1</sup>, 中本聡<sup>2</sup>, 市村和也<sup>2</sup>, 竹野裕正<sup>2</sup>, 古山雄一<sup>3</sup>, 谷池晃<sup>3</sup>

工学研究科 博士前期課程 電気電子工学専攻<sup>1</sup>, 工学研究科<sup>2</sup>, 海事科学研究科<sup>3</sup>

D-<sup>3</sup>He 核融合反応において、中性子が生成されないため次世代の発電方式として注目されている。この反応で生成されるエネルギーの大半は荷電粒子の運動エネルギーであり、直接エネルギー変換が可能である。反応で生成される粒子の一つに高速プロトンがあり、これは進行波型直接エネルギー変換器(TWDEC)でエネルギー回収が行われるが、一部のプロトンは回収することはできない。そこで回収できなかったプロトンを金属箔電極列に照射し、発生する二次電子を捕集することで、間接的に高速プロトンのエネルギーを回収する SEDEC(Secondary Electron Direct Energy Converter)が提案されている。より多くの二次電子を捕集するため磁場を印加することが必要であるが、ミラー磁場が形成されるため二次電子の回収には繋がっていない。本研究では、従来よりも磁石のサイズを変更してミラー比が 1 未満の低ミラー比磁場を形成し、ミラー効果を抑制することで二次電子回収効率を向上させることが出来る。

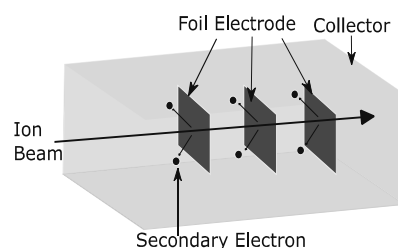


図 SEDEC 概要図

結果の詳細については当日発表する。

## D06

# Li 金属化合物 $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ の $\text{CO}_2$ 吸収現象

武田翼、山本真旭、秋田佑馬、柴田直人、谷池晃、古山雄一

海事科学研究科 博士前期課程 海事科学専攻

高い化学的安定性を持つ $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ は、固体ブランケット材料の有力候補である。一方で、室温で $\text{CO}_2$ を吸収するという性質を持っている。 $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ が $\text{CO}_2$ を吸収すると、材料表面に $\text{Li}_2\text{CO}_3$ が生成される。これによって力学的、化学的性質の変化が懸念されるため、 $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ の $\text{CO}_2$ 吸収現象を詳しく調べることは重要である。ブランケット材料は、中性子との核反応によるLi欠損や、化学的性質の安定化を狙ったLi添加によって非化学量論組成であることが想定される。本研究では、非化学量論組成の $\text{Li}_2\text{TiO}_3$ 試料を作製し、非ラザフォード後方散乱分光法(NRBS)を用いて組成を調べた。またその結晶構造をX線回折法(XRD)で評価した。 $\text{CO}_2$ ガスに曝露した非化学量論組成の試料の曝露時間に対する組成変化を調べ、化学量論比通りの試料と比較した。

右図は非化学量論組成と化学量論組成の試料における炭素面密度の時間変化である。いずれの試料も曝露時間の増加と共に炭素面密度は増加した。非化学量論組成の試料は、短時間曝露時において化学量論組成の試料よりも炭素面密度の増加量が大きく、その傾向はLiとOを添加した試料において顕著であった。

乾燥 $\text{CO}_2$ ガス雰囲気曝露

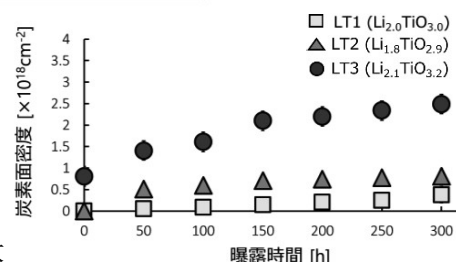


図 試料ごとの炭素面密度の時間変化

## D07

# イオンビームを用いた機能性高分子材料の作製法

藤田尚希, 中島慎弥, 井上凌一, 谷池晃, 古山雄一

海事科学研究科 博士前期課程 海事科学専攻

今や高分子材料はあらゆる分野で利用されているといっても過言ではない。近年では従来の力学的機能に加えて、化学反応活性等の機能を備えた機能性高分子材料の開発が進められている。我々はこの内、放射線を利用した放射線グラフト重合に着目し、他の放射線に比べ透過力の小さいイオンビームを使用したイオンビームグラフト重合の開発を行っている。

本研究では作業工程の簡略化、反応の向上を目的として、低密度ポリエチレン(LDPE)に $H^+$ ビームを使用した気相同時照射法でアクリル酸のグラフト重合を行ってきた。しかし、これまでの研究結果から基盤高分子材料にモノマーをイオンビームと同時に導入する際、チェンバ内が高真空中のため、グラフト率を得るためには前照射法と比べてモノマーの導入量が十分ではないことがわかっている。[1]本研究ではイオンビームの照射を行いながらも、十分なモノマーを導入するために、加速器と試料を設置しているチェンバの間にポリイミドフィルムを挟むことによってイオンビームのみ透過させ、モノマーを真空ポンプによって排気されないようにした。本発表では高グラフト率の機能性高分子材料の作製を目標とした。また、モノマー圧力に対するグラフト率の依存性を確かめた。グラフト重合率は従来の重量変化率を用いて評価した。

[1]藤田, 谷池, 古山, 日本原子力学会 2018 年春の年会, 2I05

## D08

# 重水素プラズマ診断のための損失粒子誘起ガンマ線計測法

吉岡良兼, 山崎涼太郎, 谷池晃, 古山雄一

海事科学研究科 海事科学専攻 博士前期課程

重水素プラズマでは、D-D 核融合反応の結果、プロトン・ヘリウム3・トリチウム・および中性子といった高エネルギー粒子が生成される。これらの高エネルギー荷電粒子が、プラズマ中で減速されずに炉壁に入射すると、プラズマの自己加熱効率低下および炉壁損傷・劣化が懸念される。このような炉壁への粒子の損失機構を理解するために、損失高エネルギー粒子誘起ガンマ線計測法が提案されている。核融合炉第一壁のベリリウムへ損失してくる高エネルギー粒子との衝突反応により誘起されたガンマ線の検出が基本原理であり、観測されたガンマ線から元の損失高エネルギー粒子の振る舞いを理解することが可能になる。

本研究では、本学タンデム静電加速器を用いて、重水素化ポリエチレンに重水素ビーム照射により D-D 核融合反応を発生させる。その際に生じた反応生成粒子とベリリウムとの反応に生成されるガンマ線を計測することにより、損失高エネルギー粒子誘起ガンマ線計測の模擬をした。そして、加速器実験の結果と PHITS シミュレーションコードの結果を比較し、検討を行った。

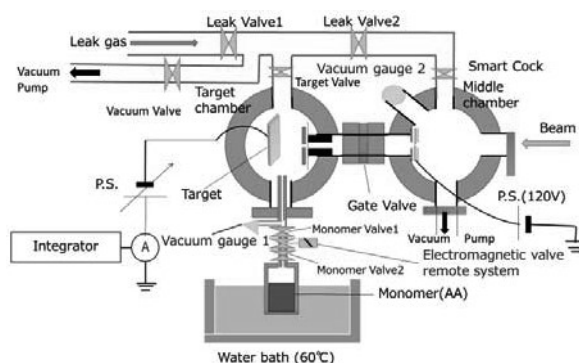


## その場同時イオンビームグラフト重合法の照射体系構築

井上凌一、藤田尚希、中島慎弥、溝上慧、谷池晃、古山雄一

海事科学研究科 博士前期課程 海事科学専攻

今日、高分子材料は私たちの生活に数多くの恩恵を与えている。高分子材料は軽量、易加工性、柔軟性、安定性という多くの長所があり、目に見える構造材料としての機能以外にも医療など多岐にわたって使用されている。私たちのより豊かな生活のために、高分子材料の更なる開発研究が期待されている。我々はこの内、イオンビームを用いた放射線グラフト重合法の開発を行っている。これまでの手法では試料を真空状態のチェンバーから取り出す際に大気にさらすことで有効なラジカルが減少してしまうという問題があった。本研究ではイオンビームの照射とグラフト重合を同時に行うことで、作業工程の簡略化、反応の向上を目的として、その場同時イオンビームグラフト重合法の照射体系構築を行った。母材ポリマーとして LDPE を使用し、2 MeV の  $H^+$  ビームを照射した。真空中にモノマーを導入し、グラフト重合を行った。モノマー圧力が低いと重合率が低かったので、モノマーを閉じ込めるためチェンバー間にポリイミド製の隔壁を設けた体系を構築して実験を行った。



MEMO

左から、アイソトープ部門、  
機器分析部門、極低温部門、  
加速器部門だよ



若手フロンティアでは、研究会の運営改善及び各部門の利便性向上の為、  
皆様の要望、ご意見を募集しています。

下記 URL 又は QR コードからアンケートにご協力下さい。

無記名ですのでご遠慮なく記入下さい。

<http://www.csrea.kobe-u.ac.jp/frontier/question.html>



若手フロンティア研究会 2018 概要集

発行日：平成 30 年 12 月 21 日

発行：神戸大学研究推進部 研究推進課

〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

TEL：078-803-5398

編集：研究基盤センター 研究設備サポート推進室

TEL：078-803-5982

E-mail：csrea-morf@research.kobe-u.ac.jp