

神戸大学研究基盤センター

若手フロンティア研究会 2025 概要集



開催日：2025年 12月25日（木）

場所：神戸大学 百年記念館

発表者・来場者のみなさまへ

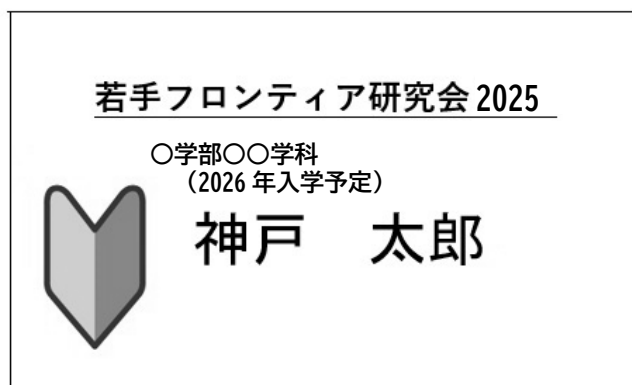
・入館記録にご協力ください

こちらの QR コードより WEB にて入館記録をしてください。
お手数をおかけしますがご協力をお願いいたします。



・見学参加について

以下の名札を付けている参加者は「志」入試による入学予定の高校生になります。
見学参加となっておりますのでご承知おきくださいますようお願いいたします。



・写真撮影について

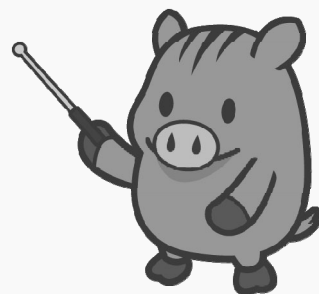
本研究会では、主催者による写真撮影が行われます。撮影された写真は、今後の広報活動（ウェブサイト、パンフレット等）のために使用する場合がございますので、あらかじめご了承ください。

若手フロンティア研究会 2025

12月25日（木）神戸大学百年記念館 2Fホワイエ、六甲ホール

12:15 受付開始

12:45 開会の号令



12:45～15:25 ポスターセッション

12:45～13:45 奇数番号：発表コアタイム

13:45～14:45 偶数番号：発表コアタイム

14:45～ フリータイム

聞きそびれた発表やまだまだ
話し足りない方はこの機会にどうぞ！

ドリンクコーナーの
用意がございます



14:50 投票締切（教職員）

15:20 学生が選ぶベストポスター賞投票締切

15:25 ポスターセッション終了

15:30 表彰式（六甲ホール）

ご挨拶 研究基盤センター長 田中克志

学長・理事による受賞者激励

受賞者写真撮影

※時間が前後する場合がございます。ご了承願います。

主催：神戸大学 研究基盤センター

発表プログラム

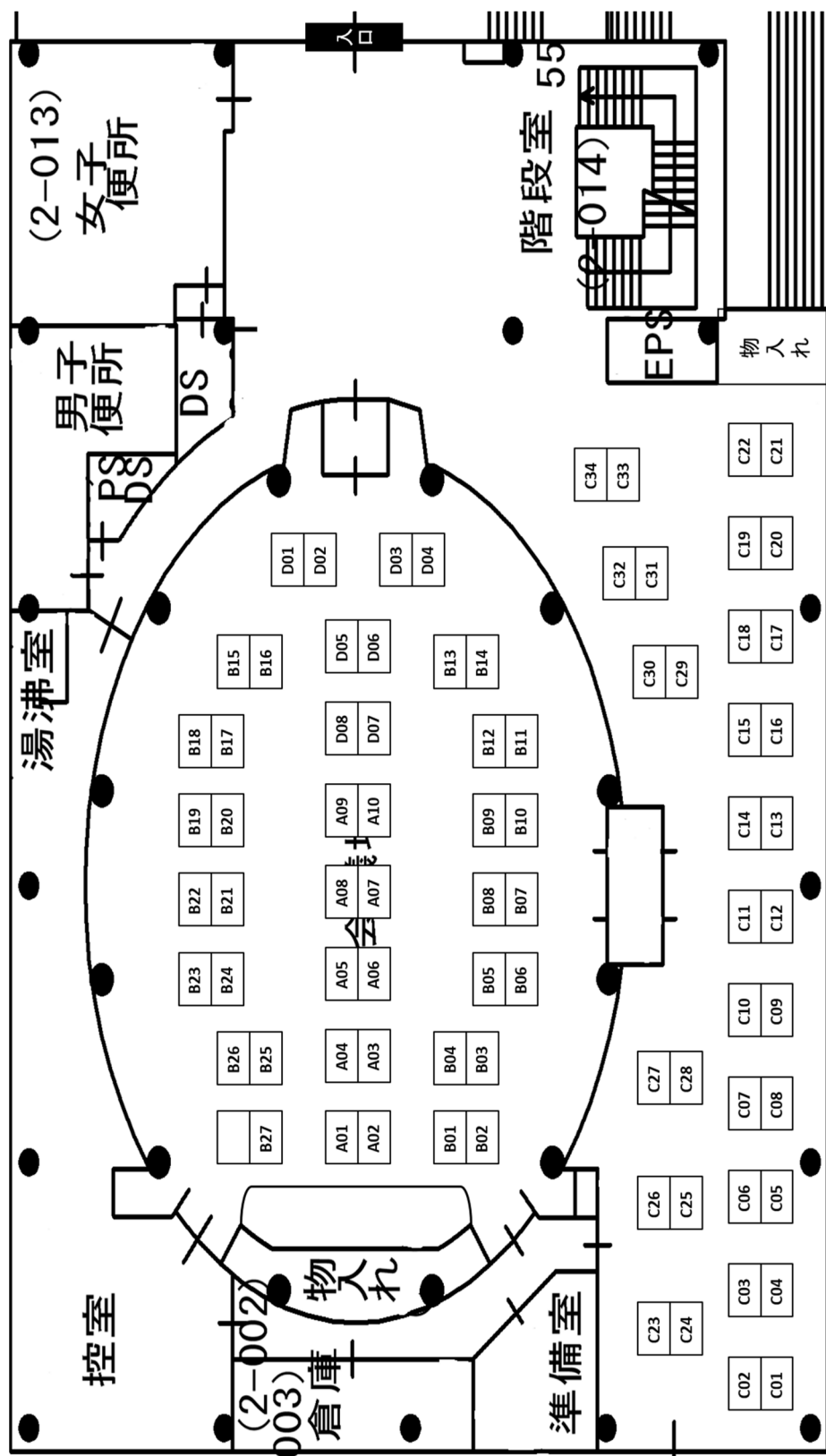
ポスター 番号	発表者氏名 Presenter name	発表者所属 Affiliation	発表タイトル Title of summary	ページ 番号
A01	中山 翔太	化学専攻	レアメタル結合能を有する α -helix型ペプチドの設計	7P
A02	釋水 遥夏	人間環境学専攻	植物倍数性と組織分化は核内の染色体配置に影響する	7P
A03	細見 陽菜	資源生命科学専攻	イチゴアレルゲンFra a 1.01のリガンドの探索	8P
A04	藤塚 健次	化学専攻	α シヌクレイン液滴の老化過程および α B-クリスタリンによる抑制作用の解析	8P
A05	種井 太郎	資源生命科学専攻	小胞体分子によるexosome積載物の決定機構の解明	9P
A06	Feng Wanying	医科学専攻	S-palmitoylation negatively regulates TYR and TYRP1 stability and is suppressed by UV stimulation	9P
A07	東原 太成	生命機能科学専攻	脂質膜上でのバイオマーカーの1分子検出法の開発	10P
A08	島田 晨香	資源生命科学専攻	ラット上部消化管における定着細菌組成の日内変動に関する研究	10P
A09	小池 亜由梨	生命機能科学専攻	抗生物質投与によるマウスの甘味感受性変化	11P
A10	犬塚 千嘉	資源生命科学専攻	マウス未分化性腺内におけるCited2の発現に関する定量組織学的研究	11P
B01	小松 愛華	生命機能科学専攻	多様な脂質組成を持つ人工生体膜への膜タンパク質の再構成と機能解析	12P
B02	川崎 新也	応用化学専攻	選択的抗がん作用を示す両親媒性ペプチド脂質の開発	12P
B03	野村 美緒	化学専攻	使用済みプラスチックの低温黒鉛化	13P
B04	赤松 兵馬	人間環境学専攻	ホスホニウムカチオンを用いた高熱安定性型セルロース溶媒の開発	13P
B05	西條 貴浩	応用化学専攻	紙上に作製した撥水表面を用いたバイオセンサーの開発	14P
B06	片岡 璃音	化学専攻	低温合成h-BN結晶の脱水素触媒能	14P
B07	平尾 颯	化学専攻	高結晶性h-BNナノ結晶の低温合成	15P
B08	河野 晋太郎	電気電子工学専攻	サブミクロン球状シリコン粒子の多重極Mie共鳴による可視-近赤外高Q値熱放射	15P
B09	新谷 健斗	電気電子工学専攻	シリコンナノ粒子-キラル分子複合体におけるキラリティトランスファー	16P
B10	滝 耕太郎	化学専攻	Mgを触媒とする低温黒鉛合成	16P
B11	小川 恵司	応用化学専攻	銅フリークリック反応による異種材料の接着法	17P
B12	稲場 稀也	応用化学専攻	TiO ₂ NPsによりH ₂ O ₂ を安定化した紙分析デバイス	17P
B13	桐川 寛太	応用化学専攻	蛍光タンパク質を基盤とした蛍光分子の設計	18P

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
B14	古川 凜太郎	応用化学専攻	バクテリアセルロースの重水素化選択性と物性	18P
B15	福嶋 俊晴	応用化学専攻	海洋環境でプラスチックの分解を可能にするキレート添加剤の開発	19P
B16	伊藤 洋祐	電気電子工学専攻	シリコンメタサーフェスのトロイダル双極子共鳴による発光指向性制御	19P
B17	益田 優月	化学専攻	トランスサイレチン49-127断片の初期構造と会合状態の解析	20P
B18	松岡 栄一郎	応用化学専攻	細胞小器官を特異的に可視化する電子染色剤の開発	20P
B19	佐々木 尚貴	応用化学専攻	核酸アプタマー探索の新たなアプローチの開発	21P
B20	式井 春香	応用化学専攻	酵素阻害剤としてのDペプチドの開拓	21P
B21	村上 陽平	化学専攻	中性配位子混合原子価錯体	22P
B22	木村 真佑里	化学専攻	アジン基により拡張したDCNQI誘導体の合成と性質	22P
B23	松原 光佑	惑星学専攻	含水弾丸の高速度衝突による標的表面への水の輸送	23P
B24	野村 脩貴	物理学専攻	暗黒物質の直接探索を目指すXENONnT実験	23P
B25	森川 颯太	電気電子工学専攻	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磁場強度依存性	24P
B26	呑口 弦太	海洋安全システム科学	ハロゲン系高分子シートのイオンビーム照射と組成変化に関する研究	24P
B27	城本 啓太	海事科学専攻	コーデットアパーチャー方式を用いた高エネルギーガンマ線のイメージング実験	25P
C01	小篠 遥	化学専攻	金属錯体含有イオン液体を用いた配位化合物の光形成	25P
C02	井尻 草太	化学専攻	ハーフサンドイッチ型錯体からなる柔粘性イオン結晶の熱物性および結晶構造	26P
C03	井上 亮汰	化学専攻	シアノボレート架橋キュバン型四核錯体の溶媒和結晶の形成と蒸気・ガス吸着能	26P
C04	中園 陽介	化学専攻	ポリシアノアニオンを含むアンモニウム塩の相挙動および配位高分子形成	27P
C05	伊郷 祐馬	物理学専攻	誘電体アンテナによるテラヘルツ磁場増強効果の解析	27P
C06	松村 高弥	物理学専攻	三角キューボラ型磁性体の電子状態の実験的研究Ⅱ	28P
C07	古門 勇也	化学専攻	ポリスチレンマトリックス中の励起子-ラジカル連結系における室温スピン量子コヒーレンス:分子運動の効果	28P
C08	小島 大輝	物理学専攻	熱的検出ESR分光法のタンパク質溶液試料への応用	29P
C09	中本 礼奈	応用化学専攻	シロキサン結合の柔軟性を利用した高弾性微粒子の設計	29P

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
C10	高木 悠人	物理学専攻	反強磁性体NbMnSi の異常ホール効果に関する研究	30P
C11	大西 昂	物理学専攻	反転対称性の破れた新しい強磁性体CeMgPdの物性研究	30P
C12	松岡 律樹	人間環境学専攻	低波数領域を含むラマンおよび赤外分光法を用いた酢酸セルロースの分子間水素結合に関する研究	31P
C13	阪口 祥大	物理学専攻	四極子近藤効果候補物質 $Y_{1-x}Pr_xCo_2Zn_{20}$ のNMR測定	31P
C14	矢野 秀汰	資源生命科学専攻	極晩抽性カブ品種 ‘時無小蕪’ の責任遺伝子同定と低温処理前後における遺伝子発現解析	32P
C15	西田 光希	物理学専攻	$S = 1/2$ 量子梯子鎖磁性体 $C_9H_{18}N_2CuBr_4$ のパルス強磁場ESRによるスピンドYNAMIXの研究	32P
C16	服部 嶺於	物理学専攻	ダイヤモンドアンビルセルを用いた高圧下光検出磁気共鳴測定技術の開発	33P
C17	吉田 夕陽	人間環境学専攻	ラマン分光法を用いたポリブチレンアジペートの結晶多型による海洋分解挙動の研究	33P
C18	平田 涼	物理学専攻	FeCo合金薄膜の磁気異方性研究	34P
C19	宮澤 毅弘	物理学専攻	マルチフェロイクス物質 $YCrO_3$ の強磁場ESR測定	34P
C20	細見 悠馬	物理学専攻	マルチフェロイクス物質 $Cu_3Nb_2O_8$ の極低温高周波ESR測定	35P
C21	山田 勇真	人間環境学専攻	ラマンマッピングによるP(3HB) およびP(3HB-co-4HB)の海洋分解性の評価	35P
C22	清水 渉夢	物理学専攻	NV中心を活用した高圧ESR測定システムの開発	36P
C23	小池 修平	応用化学専攻	環状フェノール樹脂の超分子化と誘起円二色性の発現	36P
C24	小川 美優	人間環境学専攻	ラマン分光法を用いたポリエチレンサクシネートの河川水での生分解性の評価	37P
C25	Cao Yang	化学専攻	広帯域誘電分光法による親水性高分子の水和ダイナミクスの温度依存性に関する研究	37P
C26	Magsino Al Jerome Alcantara	化学専攻	Mechanistic insights on the terahertz absorption origin of edge-oxidized graphene oxide/polyethylene composites	38P
C27	明石 侑大	物理学専攻	反強磁性体 UNi_4B の常磁性状態及び磁気秩序状態の ^{11}B -NMR による研究	38P
C28	角川 裕哉	物理学専攻	反強磁性由来のAHEを示すNbMnPの置換効果	39P
C29	近藤 勘太	化学専攻	CYB561D2を用いた光照射に伴う鉄還元機能を持つタンパク質の設計	39P
C30	松田 駿汰	物理学専攻	Ce_2PtGe_6 の単結晶作製と反強磁性由来の異常ホール効果	40P
C31	三谷 平次	化学専攻	誘電分光によるポリエチレンイミン水溶液の動的挙動	40P
C32	北山 慧悟	生命機能科学専攻	パターン化モデル膜における電気泳動を用いた 膜タンパク質の分離	41P

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
C33	藤井 真子	生命機能科学専攻	生体分子輸送をめざした脂質膜の自発展開バイオチップ	41P
C34	原田 千聡	資源生命科学専攻	人工光型植物工場トマト栽培における光条件の最適化	42P
D01	河野 菜月	人間環境学専攻	アジサイの特異的反復配列からみた多様性	42P
D02	山本 彩加	生命機能科学専攻	実用的な常圧サリチル酸骨格形成反応の開発	43P
D03	井下 舜介	生命機能科学専攻	リチウムキレート中間体を利用した糖の位置選択的辻-Trost型ベンジル化反応の開発	43P
D04	近田 侑奈	生命機能科学専攻	マグネシウムの機械的微細化によるビベンジル合成	44P
D05	若林 桃子	生命機能科学専攻	ベンジル位炭素-酸素結合の還元的開裂を介した ベンジルナトリウム種の合成	44P
D06	北山 翔太	バイオシグナル総合研究センター	神経膠芽腫に対する新規治療薬開発の試み	45P
D07	川上 舞子	食料共生システム学専攻	乳製品加工機器洗浄プロセスにおける汚れ脱離挙動のモデリングと CO ₂ 排出削減	45P
D08	藤澤 ゆい	生命機能科学専攻	アリールナトリウム種のカルボキシル化による安息香酸類の合成	46P

ポスター配置図 (百年記念館 2F ホワイエ・六甲ホール)



- ・ 会議室 B (3F) は発表者控室ですので随時ご利用下さい。
※施錠しませんので貴重品は置かず、各自で管理してください。
- ・ 名札は表彰式の後で回収します。持ち帰らないでください。
- ・ アンケートは Web (若手フロンティアのホームページ) から入力できます。皆さまのご協力をお願いします。
- ・ 当日の緊急連絡は 078-803-5398 (研究推進課 研究推進グループ) までお願いします。



A01

レアメタル結合能を有する α -helix 型ペプチドの設計

中山翔太¹、田村厚夫^{1,2}

理学研究科 博士前期課程 化学専攻¹、神戸大院・理²

レアメタルは幅広い分野で需要が高まる一方、その希少性から供給の不足が懸念されている。そこで、産業廃棄物からレアメタルをリサイクルする手法に注目が集まっている。その中で、ペプチドはその生分解性や、アミノ酸配列に応じた選択的金属結合能の付与が可能であるといった性質から、低環境負荷かつ効率的なレアメタル回収を行える材料として期待されている。こういった背景から、本研究ではレアメタルと結合するペプチドを設計し、これを用いてレアメタルを回収する技術の基礎を築くことを目的とした。多くのレアメタル錯体は、通常の酸化状態において正八面体型または平面四角形型の配位構造をとるため、ペプチドがこれらに適合する配位環境を提供すればレアメタルと強く結合すると想定した。そこで、三量体を形成する α -helix 構造に金属結合部位を導入し、そこにレアメタルが結合するモデル(図 1)を考案した。ペプチドの設計計算は、タンパク質構造予測 AI である AlphaFold、エネルギー計算、経験的な法則などを併用して行った。得られたペプチドを合成し、実験的な観測を行ったところ、円二色性測定や等温滴定カロリーメトリーなどの結果から、設計したペプチドが Au^{3+} や Ni^{2+} といったレアメタルに対して結合することが示唆された。

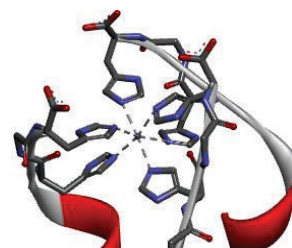


図 1 設計したペプチドの金属結合モデル

A02

植物倍数性と組織分化は 核内の染色体配置に影響する

釋水遥夏¹、高田英昭²、Eva Hřibová³、近江戸伸子¹

¹神戸大・人間発達環境学研究科、²産総研・モレキュラーバイオシステム研究部門、³Institute of Experimental Botany・チェコ

真核生物の細胞核では、染色体が一定の空間領域に配置されており、その構造は遺伝子発現や細胞分化に深く関与する。染色体の機能上重要な動原体とテロメアの核内配置は、ゲノムの安定性や核内構造の形成に寄与するが、植物における詳細な解析例は限られている。本研究では、栽培イネおよび野生イネを対象に、動原体およびテロメアの空間配置を比較し、倍数性やゲノムサイズの違いが核構造に与える影響を明らかにすることを目的とした。解析には、蛍光 *in situ* ハイブリダイゼーション (FISH) を用い、動原体およびテロメアの特異的配列を用いてその局在を検出した。さらに根の分裂組織や葉の分化組織の細胞核について、立体構造を保持したまま、2次元ならびに3次元で観察した。これまでの結果、栽培イネの根の分裂組織では核が大きくクロマチンの凝縮が緩やかなのに対し、葉の分化組織由来の細胞ではクロマチンがより強く凝縮しており、動原体とテロメアの位置関係も組織ごとによって異なる可能性が示された。野生イネにおいても、核サイズや染色体配置に差異が生じることについて議論したい。今後は、組織差、細胞周期、ゲノム型、倍数性が植物細胞核のクロマチン構造と染色体配置に及ぼす効果を包括的に明らかにしていく予定である。さらなるデータの蓄積を進め植物細胞の核構造のエピジェネティック効果の検証を進める予定である。

イチゴアレルギー **Fra a 1.01** のリガンドの探索

細見陽菜¹、内田遥和²、建井政範²、乾秀之^{2,3}、ジン・リンミン^{3,4}、小山竜平²、宇野雄一²

¹農学研究科 博士前期課程 資源生命科学専攻、²神戸大院・農、³神戸大・バイオ、⁴CUMT

イチゴの主要アレルギー **Fra a 1** は、シラカバ花粉アレルギー **Bet v 1** と交差反応し、口腔アレルギー症候群を引き起こす。食生活の質の低下や消費低迷を抑止するため、低アレルギー性イチゴの作出が期待されるが、その際にはアレルギーが有用農業形質に関わることを想定し、植物体内で果たす生理的役割を理解する必要がある。**Fra a 1** は PR-10 サブファミリーに属し、生物・非生物のストレス応答やフラボノイド生合成に関与することが示唆されているが、その機能の詳細は明らかになっていない。我々はこれまでに、**Fra a 1.01** が師管を介して葉から果実などへ長距離移行することを報告した。PR-10 タンパク質は共通して疎水性ポケットを有し、植物ホルモンやフラボノイド等の低分子化合物と結合することから、イチゴにおいて **Fra a 1.01** はこれらのリガンドを長距離輸送している可能性が推定される。そこで本研究では **Fra a 1.01** のリガンドを同定することを目的に、アフィニティビーズと組換えタンパク質を用いた *in vitro* 結合アッセイを行った。その結果、**Fra a 1.01e-6xHis** タンパク質は、サイトカイニン的一种であるトランスゼアチンと結合することが示された。さらに、果柄浸出液を用いて同様のアッセイを行った後、ビーズに結合したタンパク質を質量分析により解析した結果、**Fra a 1.01** が同定された。我々の解析によると、**Fra a 1.01** が果柄浸出液中に豊富に存在する時期は白色果ステージである。この時期は、果実内のトランスゼアチンの蓄積ピークと一致する (Kojima *et al.*, 2021)。以上のことから、**Fra a 1.01** は果実の発達・成熟に関し、サイトカイニンの輸送を担っている可能性が示唆された。

α シヌクレイン液滴の老化過程および

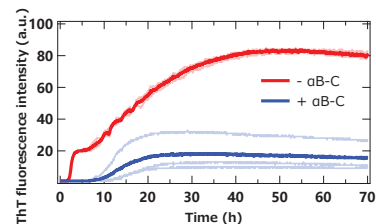
α B-クリスタリンによる抑制作用の解析

藤塚健次¹、柚佳祐²、道上祐希²、John A. Carver³、茶谷絵理²

¹理学研究科 博士前期課程 化学専攻、²神戸大院・理、³Res. Sch. Chem., ANU

タンパク質などの生体高分子は液-液相分離によって液状の高濃度領域を形成し、これを一般に「液滴」と呼ぶ。細胞内の液滴は、多様な細胞機能を担う一方で、時間の経過と共に液体から固体へと相転移を起こす。この現象は老化と呼ばれ、神経変性疾患の原因となるアミロイド線維を形成することから、その進行および抑制メカニズムの理解は重要である。

本研究では、パーキンソン病の病原性タンパク質である α シヌクレイン (α -Syn) の液滴の老化のプロセス、および α B-クリスタリン (α B-C) による抑制効果を調べた。 α B-C は低分子熱ショックタンパク質 (sHSP) の一種であり、タンパク質のフォールディングを助けるだけでなく、異常凝集を防ぐ。そのため、液滴の老化に対しても阻害効果が期待される。 α -Syn 液滴を経時観察した結果、流動性の低下に続き、チオフラビン T 蛍光が二段階で上昇した。このことから、老化の進行は多段階的であることが明らかとなった。また、液滴内部では、プロトフィブリル様の凝集体の形成が認められた。さらに、 α B-C は α -Syn 液滴内に取り込まれ、流動性の保持および凝集進行の遅延を示した。



α -Syn 液滴のチオフラビン T 蛍光追跡

小胞体分子による **exosome** 積載物の決定機構の解明

種井太郎¹、津曲和哉²、山代 萌¹、川渕亜季¹、上田洋司³、有井 潤⁴、森永涼介⁵、土田邦博³、今見考志²、蜷川 暁^{1,6}

1. 農学研究科 資源生命科学専攻 博士前期課程、 2. 理化学研究所・生命医科学
3. 藤田医科大・難病治療、4. 神戸大院・医、5. 旭川医科大・医、6. 神戸大・バイオシ

細胞外へ分泌到達する経路として、小胞体-ゴルジ体を経由する古典的分泌経路と細胞外小胞 (exosome など) による非古典的分泌経路があり、これらの関わりはこれまで報告がない。

本研究では、小胞体関連遺伝子の遺伝子破壊(KO)細胞を複数種用いて、細胞上清・膜タンパク質発現への影響をプロテオミクス解析で調べた。その結果のうち一部を示すと、小胞体の酸化還元酵素である PDIA、PDIB がそれぞれ分泌タンパク質 Agrin、Stc2 そして膜タンパク質 Tmm94、Tacd2 などの発現に必要なことが理解できた。そして意外なことに、PDIA-KO、PDIB-KO において、exosome タンパク質の細胞上清量が大幅に減少していた。UBL3 化された exosome 積載放出予定のタンパク質群が PDIA-KO、PDIB-KO では、顕著に蓄積していた。また MVE (Multi-vesicular endosome) は、exosome の生合成に必須のオルガネラであるが、このマーカーである CD63 の免疫染色を行うと、PDIA-KO、PDIB-KO ではそれぞれ MVE の大きさと数が増加しており、電子顕微鏡の結果もこれを支持した。exosome 放出経路を感染利用する、単純ヘルペスウイルスは、PDIA/PDIB-DKO で顕著に減少することも見出した。本研究は、小胞体の分子が exosome、MVE を制御することを明確に示す。そして小胞体は、古典的分泌経路に加え、非古典的分泌経路をも制御する「分泌の司令塔」として君臨することが明らかとなりつつある。

S-palmitoylation negatively regulates TYR and TYRP1 stability and is suppressed by UV stimulation

Feng Wanying¹, Naoko Adachi¹, Takehiko Ueyama¹

¹Laboratory of Molecular Pharmacology, Biosignal Research Center, Kobe University, Kobe, Japan

S-palmitoylation is a reversible post-translational lipid modification that regulates protein function, but its role in melanogenesis remains poorly characterized. Here, we examined the palmitoylation status of the major melanogenic enzymes tyrosinase (TYR), tyrosinase-related protein 1 (TYRP1), and tyrosinase-related protein 2 (TYRP2) and evaluated the functional consequences for melanin production. Using APEG-based palmitoylation assays and metabolic labeling combined with click chemistry, it found that TYR and TYRP1, but not TYRP2, are palmitoylated in melanocytes. Treatment with the pharmacological palmitoylation inhibitor 2-bromopalmitate (2-BP) reduced levels of palmitoylated TYR and TYRP1 while increasing their total protein expression, indicating palmitoylation promotes their degradation. A time-course experiment further revealed UV combined with α-melanocyte-stimulating hormone (α-MSH), a physiological activator of melanogenesis, decreases the palmitoylation ratio of TYR while increasing TYR protein abundance, suggesting that reduced palmitoylation is part of the physiological response that enhances melanogenesis. To establish functional relevance, 2-BP partially restored pigmentation in an oculocutaneous albinism type 3 (OCA3) melanocyte model lacking TYRP1, showing that decreasing palmitoylation can compensate for TYRP1 deficiency. In summary, it shows that palmitoylation suppresses pigmentation and that UV/α-MSH relieve this suppression, identifying palmitoylation as a regulator of melanogenesis and a potential therapeutic target for OCA3 and other hypopigmentation disorders.

脂質膜上でのバイオマーカーの 1 分子検出法の開発

東原太成¹、林文夫²、森垣憲一^{1,3}

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

→疾患の早期発見や個別化医療の実現に向けて、血液中から生体内に極微量しか存在しない疾患関連分子（バイオマーカー）を高感度に検出する技術は極めて重要である。しかし、従来の ELISA などの免疫検出法では、抗体の固定化における配向性の不均一性や、血液中に高濃度で存在する夾雑分子の非特異的吸着が、感度や再現性の低下を引き起こす要因となっていた。さらに、これらの手法は多数の分子の平均的なシグナルに基づくため、個々の分子の状態変化や異常分子種の識別が困難である。そこで本研究では、分子ごとの結合・解離や構造変化をリアルタイムで追跡できる 1 分子計測の実現を目指し、そのための計測基盤として、生体膜を模倣した基板支持二分子膜（Supported lipid bilayer ; SLB）に着目した。SLB は、膜の流動性によって分子の自由拡散が可能であり、さらに非特異的吸着を抑制する抗汚染性を併せ持つ。これらの特性を活かし、Fab' フラグメントを SLB 上に配向的かつ機能的に固定化することで、非標識のモデルバイオマーカーを 1 分子レベルで特異的に検出するサンドイッチイムノアッセイ系を構築した。今後、我々が持つナノスケールの微小空間形成技術と組み合わせて、実際の患者血液中から標的のバイオマーカーのみを効率的に捕捉する検出系の構築により、既存の診断技術の課題を打破する次世代型診断チップへの応用が期待される。

ラット上部消化管における定着細菌組成の日内変動に関する研究

島田晨香¹、横山俊史²、万谷洋平²

¹農学研究科 博士後期課程 資源生命科学専攻、²農学研究科

動物の消化管粘膜表面には多種多様な細菌が定着し、宿主に重要な役割を果たす。当研究室では、ラットの回腸および上行結腸において、細菌定着量やその組成に日内変動が存在することを明らかにしてきた [Mantani *et al.*, 2023; Sakata *et al.*, 2022; Shimada *et al.*, 2025]。一方、口腔～胃までの上部消化管についても、定着細菌の量が日内変動を示すことを報告しているが、その細菌組成の日内変動は明らかでない。そこで本研究では、上部消化管（舌、食道、胃）に定着する細菌の組成レベルでの日内変動を 16S rRNA アンプリコンシーケンスを用いて解析した。明期の始め（ZT0）と暗期の始め（ZT12）の時刻で解析を行い、その β 多様性（weighted UniFrac 距離）を比較すると、舌および胃では ZT 間に有意な差は認められなかった。細菌種を確認すると、両 ZT において、舌では *Streptococcus* 属および *Rothia* 属が、胃では *Lactobacillus* 属および *Limosilactobacillus* 属が優占的であった。一方、食道における定着細菌組成の β 多様性は ZT0 と ZT12 の間で有意に異なることが示され、とくに *Lactobacillus intestinalis*, *Lactobacillus johnsonii* の相対量は ZT12 より ZT0 で有意に多かった。以上の結果から、舌および胃における定着細菌の組成は 1 日を通して安定的である可能性が示された。一方、食道における定着細菌の組成は ZT0 における *L. intestinalis*, *L. johnsonii* の増加を特徴とする日内変動を示すことが示唆された。

抗生物質投与によるマウスの甘味感受性変化

小池亜由梨¹、丸岡祐子²、藍原祥子²

¹農学研究科 博士前期課程 生命機能科学専攻、²農学研究科 生命機能科学専攻

味覚は生体の栄養状態によって変化する。消化管に共生する微生物類は、短鎖脂肪酸やビタミンなどの栄養素や生理活性物質を産生し、宿主のエネルギー供給や代謝調節に寄与することで栄養状態に影響を与える。本研究では、腸内細菌叢の変動が味覚感受性に及ぼす影響を明らかにするため、マウスに抗生物質を投与し生化学解析を行った。雌性 C57BL/6N マウスに 9 週齢より抗生物質を投与し (ABX 群)、30 日間飼育をし、対照群と比較した。リッキングテストの結果、ABX 群では甘味感受性の向上と苦味感受性の低下が観察された。糞便を用いて腸内細菌叢の変化を解析した結果、ABX 群では全菌数が対照群の約半分に減少し、16S rRNA 遺伝子の多様性は大きく減少し、組成も大きく異なっていた。盲腸内容物中の酢酸、プロピオン酸、酪酸、乳酸、コハク酸の総量は、対照群の約 1/4 に減少し、組成が酢酸主体から乳酸主体へと大きく変化した。脂肪組織を比較すると重量は減少していたが、血中レプチン濃度に有意な変化はなかった。また、回腸における摂食抑制ホルモン遺伝子の発現は上昇傾向にあった。以上の結果から、腸内細菌叢代謝物の構成変化が甘味感受性に影響を及ぼす可能性が示唆された。

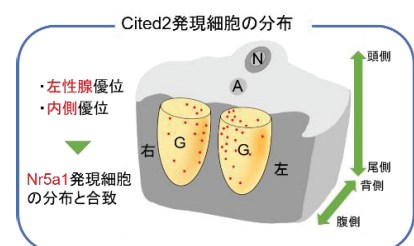
マウス未分化性腺内における *Cited2* の発現に関する 定量組織学的研究

犬塚千嘉¹、横山俊史²、河合穂香¹、倉本幸佳¹、星川矢一³、万谷洋平²、星 信彦²
農学研究科 資源生命科学専攻 博士前期課程¹、神戸大院・農²、神戸大・農³

【背景】マウス未分化性腺の精巣化時は、性決定遺伝子 *Sry* が発現する。その際、C57BL/6NCrSlc (B6N) 系統においては、左性腺優位で、各性腺内では外側優位に発現することを我々は明らかにした。一方、*Sry* 発現を制御する主要な転写因子の 1 つである *Nr5a1* は、左性腺優位で、各性腺内では内側優位な発現を示す。しかしながら、*Sry* および *Nr5a1* がこのような発現態度を示す機序は不明である。そこで、*Nr5a1* の上流因子で左右軸決定に関与する *Cited2* の、時空間的発現について定量組織学的に解析した。

【結果】①左右差：解析したすべての発生段階で、右性腺に多い個体は出現せず、全体として左性腺優位な傾向を示した。これは B6N の示す左性腺優位な *Nr5a1* の時空間的発現と類似していた。②性腺内の内外側差：全体として外側優位に発現する傾向はみられず、26 体節以降は全体的に内側優位な発現を示した。これは、性腺発生の初期の B6N が示す *Nr5a1* の時空間的発現と類似していた。

【結論】これらの結果から、B6N マウスにおける *Nr5a1* の時空間的発現の制御に、*Cited2* が重要な役割を果たすことが考えられた。



図：Cited2 陽性細胞の分布

多様な脂質組成を持つ人工生体膜への 膜タンパク質の再構成と機能解析

小松愛華¹、林文夫²、森垣憲一^{1,3}

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

生体膜において膜の流動性やシグナル伝達といった機能の大部分は様々な膜タンパク質や脂質が担っている。複雑で動的な生体膜の機能を理解することは重要であるが限界がある。ロドプシンは代表的な G タンパク質共役型受容体 (GPCR) の 1 つで、幅広い生物種が持つ光受容体型のタンパク質であり、光シグナルを電気シグナルに変換する。ロドプシンのラフト親和性の変化などの機能は脂質により制御されるといわれるが、その詳細な仕組みは明らかになっていない。本研究では、カエル由来のロドプシンを用いて生体膜においてそれがどのように働くのか、脂質がどのようにロドプシンの機能を制御するのかを、定量的に評価することで、膜タンパク質や脂質の性質や機能を理解することを目的とする。生体膜を模倣した基板支持二分子膜とペプチドナノディスクを利用し、ラフトのモデル系の再現やロドプシンの再構成を行った。また、ナノディスクの特徴を知るために脂質定量を行った。

選択的抗がん作用を示す両親媒性ペプチド脂質の開発

川崎新也¹、梅村陸¹、清水なつみ¹、森田健太¹、丸山達生¹

¹工学研究科 博士前期課程 応用化学専攻

従来の抗がん剤はがん細胞だけでなく正常細胞にも作用するため、副作用が生じることが問題となっている。当研究室の先行研究において、ペプチド脂質 C16-(EY)3 は特定のがん細胞で過剰に発現するチロシンキナーゼという酵素に応答して抗がん作用を示すことが明らかとなった。しかし、このペプチド脂質には正常細胞とがん細胞の間で細胞内への取り込みに選択性がないという課題があった。そこで本研究では、がん細胞表面で過剰に発現するタンパク質であるインテグリンに注目し、インテグリンに選択的に結合するペプチド配列である Arg-Gly-Asp (RGD) を導入したペプチド脂質 C16-(EY)3-KRGDf を設計した。この C16-(EY)3-KRGDf と C16-(EY)3 を混合すると、両者が共自己組織化しミセルを形成する。このミセルをインテグリンを介してがん細胞に選択的に取り込ませることで、がん細胞のみを殺傷することを目的とした (図 1)。この手法では、抗がん性ペプチド脂質を腫瘍に選択的に集積させることが可能となるため、副作用が懸念される全身投与においても腫瘍を標的とした選択的な治療効果が期待できる。

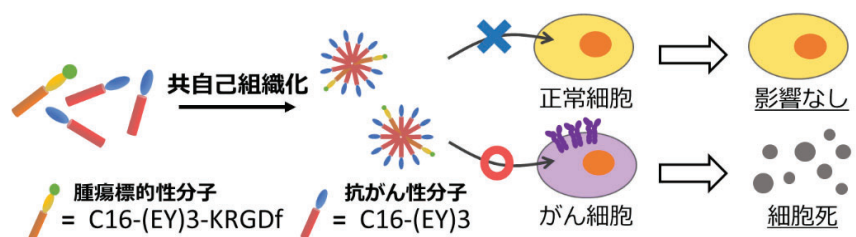


図 1. 本研究の概要

使用済みプラスチックの低温黒鉛化

野村美緒¹、内野隆司²

¹理学研究科 博士前期課程 化学専攻、²神戸大・理

黒鉛は、層間に存在する自由電子のため電気伝導性等に優れ、リチウムイオン電池の負極材料などへの応用がなされている[1]。黒鉛の人工合成には、3000℃程度の高温条件、数か月にわたる焼成が必要であり[2]、従来の手法では莫大なエネルギーを消費するという課題がある。本研究では、ペットボトル(PET)から、Mgを触媒として用いて放電プラズマ焼結(SPS)を行うことにより、付加価値の高い黒鉛の低温での合成を試みた。Mgを混合せず SPS した場合、炭素化させた PET の XRD パターンはほとんど変化せず、ブロードなパターンを示した。しかし、Mgを添加することで黒鉛由来の回折指数 002 のピーク($2\theta \approx 26^\circ$)が発達した。また、高分解能透過電子顕微鏡(HR-TEM)画像から、SPS 後では黒鉛の(002)面の面間隔(0.335 nm)に対応する規則的な格子縞(0.34 nm)を確認した。Mgを添加し SPS を行うことで、約 1300℃、数分という低温かつ短時間で、炭素化プラスチックの黒鉛化が進行することがわかった。

[1] N. Nitta, *et al.*, *Mater. Today* **18**, 252 (2015).

[2] R. E. Franklin. *Proc. R. Soc. A* **209**, 1097 (1951).

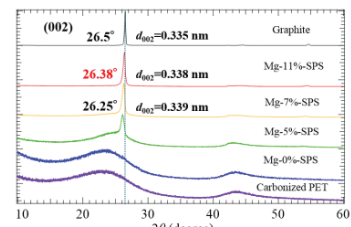


図1. 炭素化させた PET に Mg を 0~11 wt% 添加して作製した SPS 試料、及び市販黒鉛の XRD パターン。

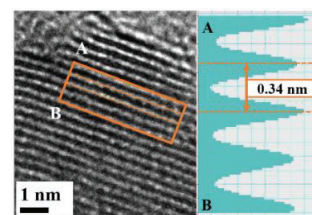


図2. Mg11%で SPS した試料の TEM 画像。

ホスホニウムカチオンを用いた 高熱安定性型セルロース溶媒の開発

赤松兵馬¹、谷篤史²、綱島克彦³

¹人間発達環境学研究科 博士前期課程 人間環境学専攻、²神戸大・人間発達、³和歌山高専

木材の主成分であるセルロースを用いた環境にやさしい製品への応用が期待されている。その利用には溶媒への溶解が不可欠で、融点が 100℃ 以下の有機塩であるイオン液体は、低環境負荷での溶解が可能である。代表例としてカルボキシレートイオン液体が挙げられるが、多くは低い熱安定性を示す。ホスホニウムカチオンを用いることで熱安定性は改善できるが、既報の溶解能は最大 6 wt% と低い。その要因はセルロース溶解に適したイオン構造ではないためであると考え、本研究では新規ホスホニウムイオン液体の設計を試みた。設計したイオン液体のセルロース溶解能を Fig. 1 に示す。短鎖アルキル基からなるカチオンを用いることで、既報の 3 倍以上である 20 wt% を超える溶解能を示すものも得られた。これは既存のセルロース溶解用イオン液体と比較しても十分な溶解能で、かつ熱安定性は大きく優れている。これらの結果から、ホスホニウムイオン液体が新たなセルロース溶媒の候補となる可能性が示された。

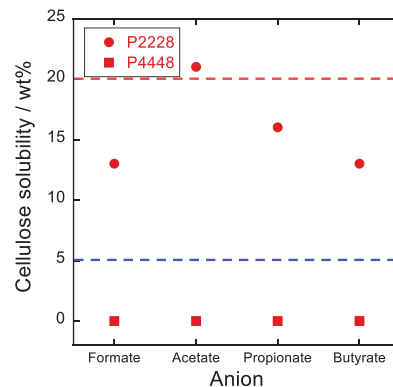


Fig.1 Cellulose solubility – anions relations of triethyloctylphosphonium (P2228)- and tributylphosphonium (P4448)-based carboxylate ionic liquids.

紙上に作製した撥水表面を用いたバイオセンサーの開発

西條貴浩¹、神吉悠介¹、森田健太¹、丸山達生¹

工学研究科 博士前期課程 応用化学専攻¹

紙材料は軽量で加工・運搬がしやすく、携帯型あるいは使い捨て分析デバイスとして適している。しかし、紙材料は様々な物質が非特異的に吸着してしまい、分析の際のノイズが大きくなり高感度な検出が難しいという課題があった。そこで、本研究ではテフロンのようなフッ素系撥水表面上にバイオセンサーを作製することを目指した(図1)。フッ素系撥水表面は物質の非特異的な吸着を抑えられるため、高感度の検出が可能になると考えられる。

フッ素系撥水表面は物質が吸着しにくい一方、抗体やアプタマー等の分析対象物質を捕捉する分子を固定化することが難しかった。そこで、本研究では作製したフッ素系撥水表面にフッ素-フッ素相互作用(フルオラスアフィニティ)を利用して、フッ素部位を修飾したビオチンを固定化した^[1]。このビオチンを足場としてDNAアプタマーを固定化することで、血液に含まれる酵素であるトロンビンを目視検出することに成功した。

[1] Tsuchii *et al.*, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 2022, **14**, 3255-3263

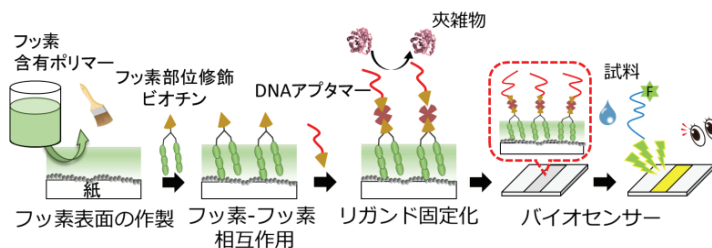


図1 本研究の概略図。

低温合成 h-BN 結晶の脱水素触媒能

片岡璃音¹、松原亮介²、内野隆司²

¹理学研究科 博士課程前期課程 化学専攻、²神戸大・理

六方晶窒化ホウ素 (h-BN)は、近年では脱水素化触媒^[1]としての応用が期待されている。h-BN が高い機能性を持つためには、高い結晶性や比表面積を有していることが望ましい。一般に、高結晶性 h-BN は1600℃以上の高温焼成によって作製されるが、結晶成長を伴い、バルク化が進行する。そこで本研究では、1000℃程度の比較的低温で高結晶性 h-BN を作製することを目的に、原料モル比 r ($= \text{H}_3\text{BO}_3 / \text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6$) を変化させて試料を合成した。その結果、得られる試料の結晶性は原料比 r に大きく依存し、 r の増大によって向上することがわかった。また、作製した試料について、インドリンを基質として用いた脱水素反応を行ったところ、目的物であるインドールの収率は試料の結晶性によって大きく変化しなかった。そのため、試料の触媒活性は表面の原子状態、すなわち酸素量や欠陥量により大きく依存する可能性が示唆された。

[1] J. T. Grant, *et al.*, *Science*, **354**, 1570 (2016).

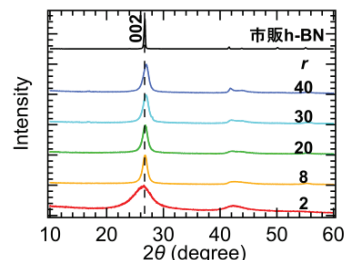


図1. 異なる r で合成した試料と市販 h-BN 粉末の XRD パターン。

表1. 試料によるインドリン脱水素反応後のインドール収率の変化。

サンプル	収率(%)
市販 h-BN	1~12
$r = 2$	2~9
$r = 8$	2~10
$r = 25$	3~10

高結晶性 h-BN ナノ結晶の低温合成

平尾颯¹、瀬川浩代²、陳君²、松原亮介³、内野隆司³

¹理学研究科 博士前期課程 化学専攻、²物質材料・研究機構、³神戸大・理

六方晶窒化ホウ素(h-BN)ナノ結晶はその多孔性やエッジ特性から、吸着型水質浄化材や脱水素化触媒[1]としての応用が期待されている。しかし、触媒活性点(欠陥や酸素化学種)の機能を最大限に引き出すには、それらを固定する剛直な骨格が必要であることから、h-BN には高い結晶性が求められる。一般に高結晶性の h-BN は 1600 °C 以上の高温焼成によって作製される。しかし、高温焼成は結晶成長によるバルク化と比表面積の低下を招き、さらに欠陥含有量を減少させるという課題がある。そこで本研究では、低温(1000°C)において高結晶性かつ活性種に富む h-BN ナノ結晶を合成することを目的とし、文献記載[2]の方法を参考にし、原料モル比 r ($r = \text{H}_3\text{BO}_3/(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) や加熱時間等を変化させて h-BN 結晶を合成した。その結果、結晶構造は r に大きく依存し、 $r = 2$ の時に最も結晶性の高い試料が得られることが明らかになった。またその欠陥発光から、脱硫や水素化触媒反応の活性点として知られる多量の窒素空孔が導入されることが示唆された。

[1] H. Chen *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed* **58**, 10626 (2019).

[2] P. Gross *et al.*, *Chem. Mater.* **31**, 8052 (2019).

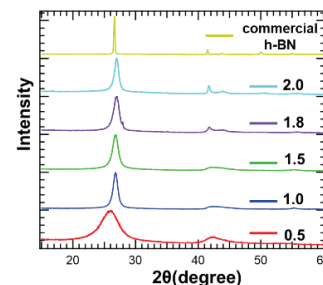


図1. 市販の h-BN と合成試料の XRD パターンの比較

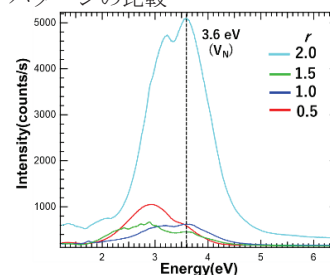


図2. 合成試料の CL スペクトル

サブミクロン球状シリコン粒子の多重極 Mie 共鳴による可視-近赤外高 Q 値熱放射

河野晋太郎¹、大西辰哉¹、近藤香奈¹、杉本泰¹、藤井稔¹

¹工学研究科 博士前期課程 電気電子工学専攻

熱放射は熱エネルギーのみでの制御を可能にし、時間安定性が高いことから赤外光源や放射冷却などに広く応用されている。通常は Planck の法則に従うブロードなスペクトルを示すが、近年では微細構造の光学モードを利用して時間・空間コヒーレンスを制御する研究が進展している。特に Mie 共鳴や Whispering-gallery モードを利用することで、黒体を超える鋭い熱放射が可能になる。本研究では、可視-近赤外域で Mie 共鳴を示す結晶シリコン球状粒子(100–800 nm)を作製し、その熱放射特性を調べた。図1に作製した粒子の SEM 像と熱放射スペクトルを示す。レーザー照射による光加熱から Mie 共鳴波長で顕著な放射ピークが現れ、磁気四重極子(MQ)共鳴で最も高強度な放射が得られた。発表では、計算と比較し、粒径依存性と各モードの放射強度や Q 値について詳細に議論する。

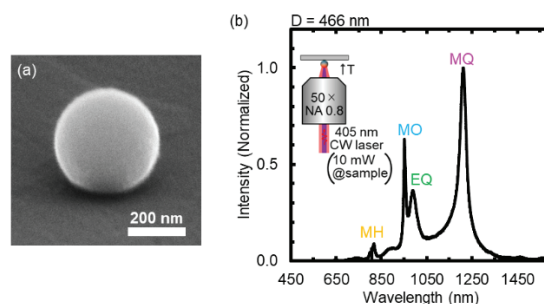


Figure 1. (a) SEM image of a spherical silicon particle. (b) Normalized thermal radiation spectrum of a spherical silicon particle with a diameter of 466 nm.

シリコンナノ粒子-キラル分子複合体における キラリティトランスファー

新谷健斗¹、笠井大幹¹、杉本泰¹、藤井稔¹

¹ 工学研究科 博士前期課程 電気電子工学専攻

近年、ナノアンテナを利用して、キラル分子の円二色性(CD)信号を増強する手法が提案されている。この CD 増強は主に光キラリティ密度の増強とキラリティトランスファーに起因する¹⁾。本研究では、キラル分子からシリコン(Si)ナノ粒子へのキラリティトランスファーを検証するため、Si ナノ粒子の単層膜上に、キラル分子である L-システイン(L-Cys)から成る薄膜を形成した。図 1 の消光スペクトル(上図)では、磁気双極子(MD)、電気双極子(ED)、及び磁気四重極子(MQ)共鳴に由来するピークが明瞭に現れた。CD スペクトル(下図)では、L-Cys 成膜前(黒線)では信号が見られない一方で、成膜後(赤線)は、Si ナノ粒子の共鳴波長において顕著な CD 信号が観測された。講演では、計算結果に基づいた定量的な議論を行う。

1) E. Mohammadi, T.V. Raziman, A.G. Curto : Nano Lett., **23**(2023) 3978-3984.

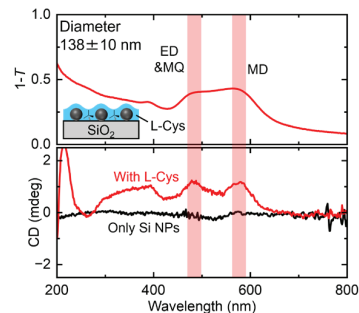


Fig. 1 Extinction (1-T, transmittance, upper panel) and CD spectra (lower) of silicon nanoparticles (138±10 nm in diameter) on a silica substrate covered with L-Cys film (red curve). CD spectrum of silicon nanoparticles alone (black curve) is also shown in the lower panel.

Mg を触媒とする低温黒鉛合成

滝耕太郎¹、内野隆司²

¹ 神戸大院 理学研究科 博士前期課程 化学専攻, ² 神戸大院 理学研究科 化学専攻

二次元層状構造を有する黒鉛は、高い電気伝導性、熱伝導性、潤滑性を有する高機能材料である。また近年では、リチウムイオン二次電池の負極材料としても応用されている。黒鉛の製造には通常、コークスを 3000℃で数か月間加熱する工程が必要であるため[1], 大電力が必要であり、環境への負荷が大きい。この問題の解決のため、これまで、金属触媒を用いた低温での黒鉛化手法が開発されてきた[2,3]。しかし、これらの手法では黒鉛化に炭素と同程度の量論比の金属を必要とする上に、黒鉛化度が不十分という課題がある。そこで本研究では、原料に活性炭、触媒に Mg を選択し、急速昇温が可能な放電プラズマ焼結 (SPS) 法による黒鉛化を試みた。その結果、10%の Mg 添加率で、活性炭の黒鉛化が 1300℃, 113 MPa の条件で進行することを見出した (図 1)。

[1] R. E. Franklin. *Proc. R. Soc. Lond. A.* **209**, 1097 (1951).

[2] L. Zhao *et al.*, *ChemSusChem.* **10**, 17 (2017).

[3] J. Peng *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.* **56**, 7 (2017).

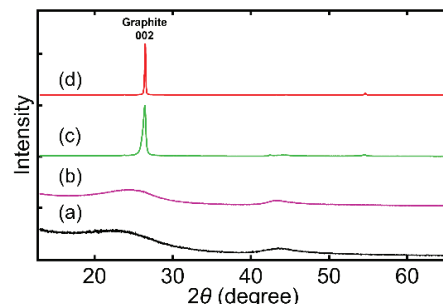


図 1. (a)原料活性炭, (b)Mg 非添加 SPS 焼結試料, (c)Mg 添加率 11%SPS 焼結試料, (d)市販黒鉛の XRD パターン。

銅フリークリック反応による異種材料の接着法

小川恵司、神吉悠介、金光彩雪、山本翔太、宮原弘稀、森田健太、西野孝、丸山達生

工学研究科 博士前期課程 応用化学専攻

接着は現代社会において、必要不可欠な技術である。しかしながら、最も一般的な接着剤による接着は、被着材に対する接着剤の濡れ性が重要となるため、性質の異なる異種材料の接着では、接着剤が両方の材料に対して良好な濡れ性を示すことが難しく、強度が低下するという問題がある。そこで本研究では、歪み促進型アジド-アルキン環化付加反応(銅フリークリック反応)を用いて、異種材料間に化学結合を形成することによって直接接着することを目指した(Fig. 1)。

PMMA 基板とガラス基板を接着させ、引張せん断試験によってその強度を評価した(Fig. 2)。PMMA 表面に環状アルキンを提示し、シランカップリング処理を行ったガラス基板と組み合わせた接着サンプルはコントロールサンプルと比較して高い強度を示した。よって、銅フリークリック反応が接着界面で進行することによって強い接着力が得られたと考えられる。

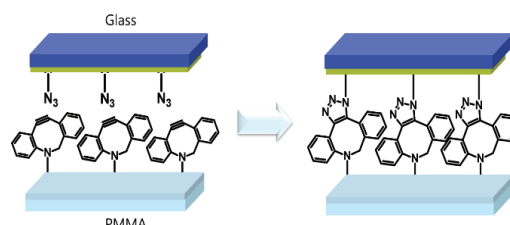


Fig. 1 Schematic illustration of the adhesion system in the present study.

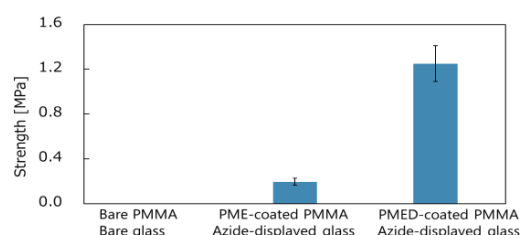


Fig. 2 Evaluation of adhesion strength.

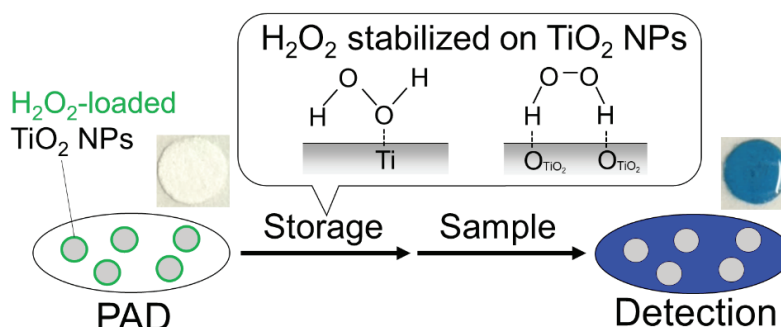
TiO₂ NPs により H₂O₂ を安定化した紙分析デバイス

稲場稀也¹、緒方健太¹、森田健太¹、丸山達生¹

¹ 工学研究科 博士前期課程 応用化学専攻

紙ベースの分析デバイス (PAD) は、軽量で携帯性に優れ、環境負荷も小さいことから、現場における迅速な検査に適したツールである。その代表例として妊娠検査キットが挙げられる。PAD では主に比色分析が用いられ、紙基板上にあらかじめ担持された試薬がサンプルと反応し、その結果生じる色変化に基づいて検出が行われる。このため、PAD を作製してから使用するまでの保管中も、試薬が紙基板上で安定している必要がある。しかし、多くの分析で利用される過酸化水素 (H₂O₂) は揮発性・分解性が高く、乾燥状態では著しく不安定である。そのため、乾燥状態で保管される PAD において、H₂O₂ をあらかじめ保持した製品はこれまで実現されていない。

当研究室は以前、二酸化チタンナノ粒子 (TiO₂ NPs) が H₂O₂ を吸着し、水中で再放出できることを示した。本研究ではこの特性を利用し、TiO₂ NPs に H₂O₂ を固定化して紙基板に組み込むことで、長期保存後でも H₂O₂ を用いた分析が可能な PAD の開発を目指した。



蛍光タンパク質を基盤とした蛍光分子の設計

桐川寛太¹、川崎新也¹、森裕太郎¹、森田健太¹、丸山達生¹

¹ 工学研究科 博士前期課程 応用化学専攻

蛍光タンパク質とは、励起光を吸収することで蛍光を発するタンパク質であり、その代表例としてEGFP(Enhanced Green Fluorescent Protein)がある。EGFPは、ポリペプチド鎖のフォールディング過程において、アミノ酸配列中に含まれる Thr-Tyr-Gly(TYG)配列が自発的に折れ曲がり、環化およびそれに続く酸化反応を経て蛍光を発することが報告されている。この特性を活用し、EGFPは幅広い生体イメージングに応用されてきた。しかし、EGFPは約27 kDaの大型タンパク質であることから、標的タンパク質との作用により本来の機能や細胞内局在に影響を及ぼす懸念がある。そのため、分子量の小さい蛍光分子の開発は、微小環境下での生体応用において高い有用性を持つと考えられる。本研究では、EGFPの蛍光発現メカニズムを模倣した配列を有するペプチドの両末端にアルキル鎖を導入したペプチド脂質を設計した。この構造により分子内で疎水性相互作用が誘起されてペプチド鎖が折れ曲がることで、EGFPと類似した環化・酸化反応が進行し得ると考え、蛍光発現能を有する低分子物質の設計を試みた(図1)。実際に10 μ Mに調製したC8-LTYGV-C8水溶液を酸化処理すると強い蛍光が観測され(図2)、設計した分子が蛍光物質として機能する可能性が示唆された。



図1. 本研究の概要

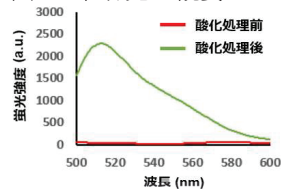


図2. C8-LTYGV-C8水溶液の蛍光スペクトル(Ex: 488 nm)

バクテリアセルロースの重水素化選択性と物性

古川凜太郎¹、松本拓也²、西野 孝²

¹ 工学研究科 応用化学専攻 博士課程後期課程, ² 神戸大院・工

<概要> 本研究では、重水を含む培地中で酢酸菌を用いてバクテリアセルロース(BC)の産生を行うことで重水素化BC(D-BC)を得た。この際、培地中の重水/水の体積分率を0-90%で段階的に調整し重水素化率の制御を行った。これらD-BCに対してRaman分光法を用いてBCの重水素化を確認し、耐紫外線試験を行いその表面形状を走査型電子顕微鏡(FE-SEM)によって観察を行った。

<結果> 図1には、D-BCのRamanスペクトルを示した。2160 cm^{-1} にCD伸縮、2510 cm^{-1} にOD伸縮振動に由来するピークが観察された。これによりBCの重水素化と培地中の重水割合に伴うピークの増大から段階的な重水素化率の増大が示唆された。

図2には耐紫外線試験前後のD-BC_0,10,および50のFE-SEMによって観察した表面画像を示した。重水素化の進行によって繊維径が維持され、劣化が抑制される様子が観察された。これは、重水素原子が水素原子よりも重いことに由来する同位体効果の影響だと考えられた。

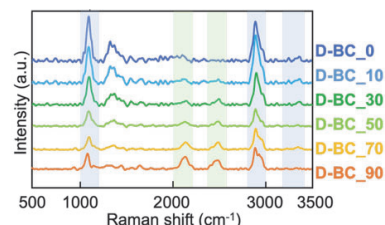


Fig. 1 Raman spectra of D-BC.

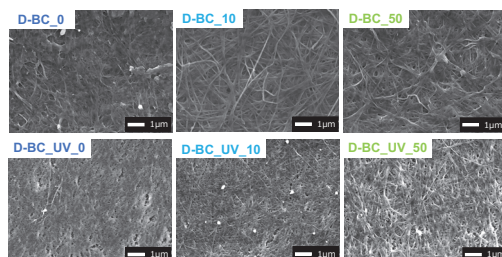


Fig. 2 FE-SEM images of D-BC_0, 10, and 50 UV resistant tests before and after

海洋環境でプラスチックの分解を可能にするキレート添加剤の開発

福嶋俊晴¹、波部俊亮¹、森田健太¹、丸山達生¹

工学研究科 博士前期課程 応用化学専攻¹

汎用プラスチックは安価で耐久性と加工性に優れており、現代社会に欠かせない素材である。一方で、自然環境下での分解が困難であるため、海に流れ出ると長時間残留し、海洋環境に悪影響を及ぼしている。そのため、海洋中でプラスチックを分解する技術が求められている。そこで、分解反応として、海洋中の鉄イオンと過酸化水素に紫外線を照射し、ヒドロキシラジカル ($\cdot\text{OH}$) を生成する光フェントン反応に着目した。 $\cdot\text{OH}$ は有機物を水と二酸化炭素に分解する一方で、短寿命であるため、難分解性プラスチックの分解には十分に作用しない。この課題を解決するために、プラスチック表面で化学反応を誘起すれば、分解が進行すると考えた。本研究では、添加剤として、鉄イオンを配位する部位に炭素鎖を結合した分子を設計し、プラスチックの成型段階であらかじめ混合する。そして、その混合物が海に流れ出た際に、鉄イオンを配位し、その表面で光フェントン反応を誘起することで、プラスチックの分解が促進されることを目指した (図 1)。

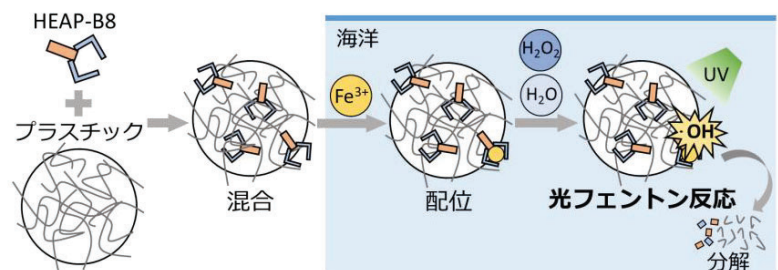


図1 本研究のイメージ

シリコンメタサーフェスのトロイダル双極子共鳴による 発光指向性制御

伊藤洋祐、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

ナノアンテナの2次元配列構造であるメタサーフェスは、メタレンズや偏光素子等への応用が期待されている。近年ではこれらの波面制御の機能に加え、発光制御が注目されている。量子ドットや蛍光体のような発光体は、ナノアンテナ近傍に配置することで、励起増強やパーセル効果による発光増強、発光の指向性等を制御することが可能である。我々のグループは、図1(a)のSEM像に示すようなシリコンナノディスクの六方格子状配列(シリコンメタサーフェス)が、可視域から近赤外域にかけて狭帯域なトロイダル双極子共鳴を示すことを見出している。本研究では、このメタサーフェス上に蛍光色素を配置し、メタサーフェスに誘起されるトロイダル双極子共鳴を用いた発光指向性制御を実証する。図1(b)に示すメタサーフェス上の蛍光色素の発光輻射パターンでは、面外方向への指向性 ($k_z/k_0=0$) と6回対称のパターンが確認できる。発表では、発光指向性制御についてシミュレーションによる解析と併せて議論を行う。

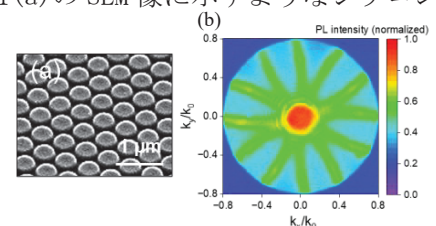


Figure 1. (a) SEM image of the fabricated Si metasurface. (b) Measured radiation pattern of the emission of fluorescent molecules on the Si metasurface.

トランスサイレチン 49-127 断片の 初期構造と会合状態の解析

益田優月¹、大友未央²、田尻道子³、小沼剛³、明石知子³、茶谷絵理²

¹理学研究科 博士前期課程 化学専攻、²神戸大院・理、³横浜市立大院・生命医科学

トランスサイレチンアミロイドーシス(ATTR)は、心不全や末梢神経障害を引き起こす難治性疾患である。ATTR は血漿タンパク質の一種であるトランスサイレチン(TTR)の四量体解離を引き金に、異常凝集してアミロイド線維を形成することで発症する。先行研究では 60%以上の ATTR 患者の体内で、全長 TTR の N 末端 48 残基が欠損した TTR49-127 断片が見出されている。さらに当研究室では、この TTR 断片が線維形成を促進することを明らかにしており、ATTR 発症に重要な役割を果たすことが予想される。そこで本研究では、凝集の最初期における TTR49-127 断片の構造特性に注目し、解析を試みた。円偏光二色性測定の結果、TTR49-127 は全長 TTR に比べて構造の秩序性が低下していたが、変性剤の添加に伴って、スペクトルの協同的な変化が観察された。これは TTR49-127 が構造を持つことを意味する結果である。さらに、ネイティブ電気泳動では、比較的低い会合数を持つバンドの存在が確認された。これらの結果は、TTR49-127 断片が特定の会合構造を初期状態として異常凝集を開始している可能性を示唆する。

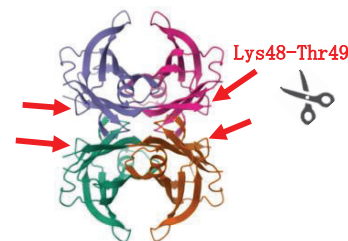


図 1. 全長 TTR の四量体構造

細胞小器官を特異的に可視化する電子染色剤の開発

松岡栄一郎¹、一樹果乃子¹、森田健太¹、丸山達生¹

¹工学研究科 博士前期課程 応用化学専攻

透過型電子顕微鏡 (TEM) は、光学顕微鏡と比べて圧倒的に高い分解能を持ち、細胞小器官の超微細構造の観察にも広く用いられている。細胞などの軽元素のみで構成される試料を TEM 観察する場合、重金属元素を試料に付加する電子染色が行われる。しかし、従来の電子染色は非特異的であり、観察対象の細胞小器官を特定するには形態学的な情報に頼らざるを得ないという問題があった。ここで、先行研究において、ペプチド脂質は脂肪鎖を正しく選択することで特定の細胞小器官への指向性を持つことが知られている。^[1]そこで本研究では、重金属イオンの Au^{3+} および Pd^{2+} と錯体を形成するペプチド配列である GGH を含むペプチド脂質により重金属イオンを細胞内の目的の部分に集積させる (図 1)。これにより、TEM 観察において細胞小器官を特異的に可視化することを目指した。

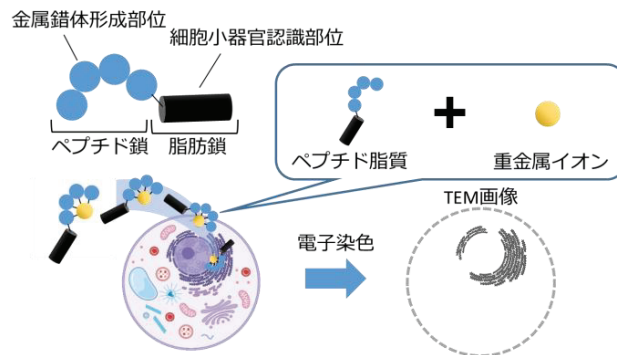


図 1. 本研究の概略図

[1] K. Morita *et al.*, *JACS. Au* (2022) **2**, 9, 2023

核酸アプタマー探索の新たなアプローチの開発

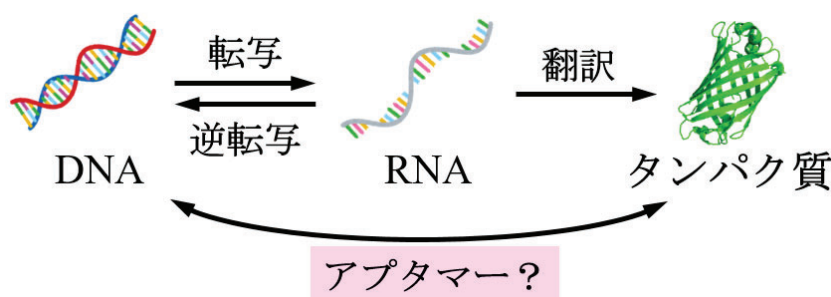
佐々木尚貴¹、森田健太¹、丸山達生¹¹ 工学研究科 博士前期課程 応用化学専攻

核酸アプタマーとは、核酸塩基同士の相補的な結合により分子内で立体構造を形成し、標的分子と高い親和性で特異的に結合する一本鎖核酸である。抗体と比較して、コスト、安定性、修飾のしやすさなどが優れており、センサーや医薬品などへの応用が期待される有用な物質である。しかし、核酸アプタマーの発見は煩雑で難しい。一般的な探索方法では、アプタマー候補となる膨大な数のランダム配列から選別を繰り返す必要があり、多大な労力や時間を要する。そのため本研究では、核酸アプタマーのより簡便で迅速な探索方法の開発を目的とする。

そこで、標的分子をタンパク質に絞り、「タンパク質をコードする DNA 配列中に、そのタンパク質のアプタマー配列のヒントが含まれている」という仮説を提案する。そして、特定のタンパク質とそのコード配列の相互作用を分析して、仮説の妥当性を検証する。この仮説が正しければ、タンパク質の核酸アプタマーの探索範囲をコード配列に限定でき、探索に要する労力と時間を大幅に削減できる。



The diagram illustrates the flow of genetic information. On the left is a blue and red double helix labeled 'DNA'. A double-headed arrow connects it to a single-stranded blue helix labeled 'RNA'. The forward arrow is labeled '転写' (Transcription) and the backward arrow is labeled '逆転写' (Reverse Transcription). From the RNA, a single arrow labeled '翻訳' (Translation) points to a green, folded protein structure labeled 'タンパク質' (Protein). A long curved arrow at the bottom points from the protein back to the DNA, indicating a feedback loop.



酵素阻害剤としての D ペプチドの開拓

式井春香¹、森田健太¹、丸山達生¹¹ 工学研究科 博士前期課程 応用化学専攻

本研究では、新規プロテアーゼ阻害剤としてD体アミノ酸からなるD-ペプチドに着目し、その設計と阻害活性の評価を行った。プロテアーゼはタンパク質を分解する酵素である一方、生体内で働きを制御できなくなることによって、様々な疾患を引き起こすことがある。現在は数十万種類の分子をスクリーニングすることで阻害剤を開発しているため、手間と時間が課題である。

そこで、既知のプロテアーゼのアミノ酸配列情報をもとに、標的酵素と相互作用して失活させる D-ペプチドを設計し、効率的かつ選択的な阻害剤開発を目指した。具体的には、当研究室の先行研究である L/D 体短鎖ペプチド FFK/ffk (F/f: フェニルアラニン、K/k: リシン) 間の疎水性および静電的相互作用を応用し、L 体からなるプロテアーゼに対して D 体阻害剤を合成し、相互作用による阻害を試みた。

本発表では、疎水性残基 f と、より正電荷をもつ r を含む $Ac-f_n r_m$ (図 1) を阻害剤として検討した。標的とした α キモトリプシンに含まれる FHF (H: ヒスチジン) 配列およびその近傍に存在する負電荷アミノ酸に着目し、阻害剤との相互作用を評価した結果について報告する。

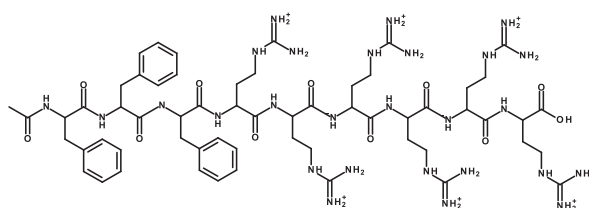


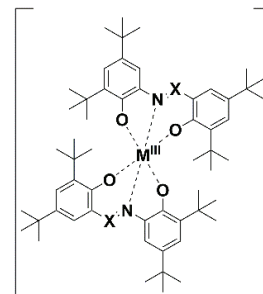
図 1 Ac-f₃r₆ の化学構造

中性配位子混合原子価錯体

村上 陽平¹、持田 智行^{2,3}、櫻井 敬博⁴、大久保 晋⁵、太田 仁⁵、高橋 一志²

¹理学研究科 博士前期課程 化学専攻、²神戸大院・理、³先端膜工学セ、
⁴神戸大・研究基盤セ、⁵神戸大・分子フォト

混合原子価錯体は電気伝導性や磁性などの機能性を発現することが知られており、混合原子価状態を制御することは重要な課題である。そこで我々は分子レベルでの混合原子価状態の制御についての知見を得ることを目的とした。昨年我々は立体障害として *t*-Bu 基を導入した配位子を用いることで配位子混合原子価中性錯体の合成に成功した。本研究では、中心金属や配位子の違いが混合原子価状態に与える影響を調べるため、昨年報告した **1Co** から中心金属を Al に変えた **1Al** 及び配位子をイミンからアゾ化合物に変えた **2Al**, **2Co** を合成し、物性を測定した。原子価間電荷移動遷移 (IVCT) 吸収の溶媒依存性を測定した結果、**1Co** と **2Co** は極性溶媒において高エネルギー側へのシフトを示したが、**1Al** と **2Al** はシフトを示なかった。また、**1Co** と **2Co** は配位子によらずほぼ同一のスペクトルを示したが、**1Al** と **2Al** では吸光係数が大きく変化した。これらの結果は、d 軌道が IVCT に寄与していることを示しており、中心金属や配位子によって混合原子価状態を制御できる可能性を示唆する結果である。



1Al : X = CH, M = Al
1Co : X = CH, M = Co
2Al : X = N, M = Al
2Co : X = N, M = Co
Fig. 1. Molecular structure.

アジン基により拡張した DCNQI 誘導体の合成と性質

木村真佑里¹、高橋一志¹

¹理学研究科 博士前期課程 化学専攻

TCNQ を代表とした π 電子受容体は、電子供与体と組み合わせる事で電荷移動錯体を形成し、金属的な伝導性を示す例があるほか、近年では、有機太陽電池や有機電界効果トランジスタ、金属有機構造体など多様な電子材料の基盤となっている。

電子受容能の向上には LUMO エネルギーの低下が重要であり、これまでに芳香環の縮環による π 共役系の拡張、ヘテロ原子導入による分子軌道の制御、電子求引基の導入による誘起・共鳴効果の利用など、多様な分子設計が展開されてきた。これらの手法はいずれも材料特性の向上に寄与しており、高電子受容能分子の開発を前進させている。本研究では、これら既存手法を補完する新しいアプローチとしてアジン基による共役拡張に着目した。以前、我々はアジン基を用いることで分子の平面性を損なうことなく共役系を拡張でき、LUMO の効果的な低下が可能だと報告した[1]。本発表では、2,5-Dimethylphenol から 3 段階で合成したアジン拡張型 Dicyanoquinonediimine(DCNQI)誘導体 **1** について、単結晶 X 線構造解析および電気化学測定を中心に、その構造特性と電子受容能を報告し、電荷移動錯体形成への展望について議論する。

[1] 木村ら、若手フロンティア研究会 2024, B14, (2024)

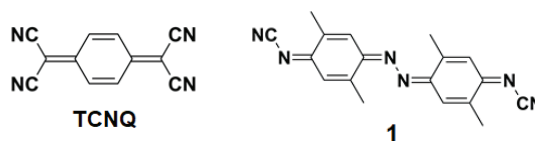


Fig.1.TCNQ と誘導体 **1** の分子構造

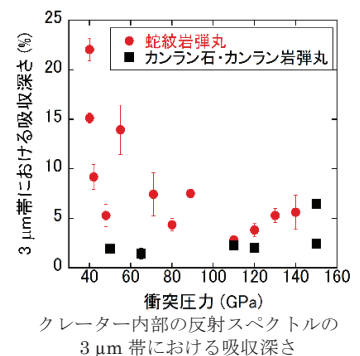
含水弾丸の高速衝突による標的表面への水の輸送

松原光佑¹、山口祐香理¹、中村昭子²、長谷川直³、和田武彦⁴

¹理学研究科 博士後期課程 惑星学専攻、²神戸大・理、

³宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所、⁴自然科学研究機構国立天文台

月や分化した小惑星の表面には水酸基や分子水が発見されている。その一部は含水物質を含むインパクターの衝突に起因すると考えられているが、衝突でもたらされる水の量や形態は未解明である。天体衝突を模擬するため、二段式軽ガス銃を用いて、小惑星において存在が確認されている蛇紋石（水酸基を含む）を主成分とする蛇紋岩と、比較のためのカンラン石およびカンラン岩（無水）を弾丸とし、鉄鋼ターゲットに対して 3-7 km/s で衝突させる実験を行った。衝突によって鉄鋼上に形成されたクレーター表面に薄く貼りついた岩石弾丸物質の反射スペクトルを測定した。蛇紋岩を約 5 km/s 以下で衝突させたクレーター試料は、水酸基と分子水の吸収が隣接する 3 μm 帯に顕著な吸収を示した。水酸基のみに起因する 1.4 μm の吸収は見られなかったことから、3 μm 帯の吸収は主に分子水に起因する。本実験の結果から、ターゲットの小惑星が石質である場合にはほとんどの衝突で分子水が表面に残存する一方、鉄質である場合には比較的高速度の衝突において分子水が散逸して残存しにくいことが示唆された。数値シミュレーションを用いてインパクター物質が経験した圧力・温度履歴について調べ、観察された水和状態と比較した結果についても報告する。



暗黒物質の直接探索を目指す XENONnT 実験

野村脩貴¹、身内賢太朗²、XENON Collaboration

理学研究科 博士前期課程 物理学専攻¹、神戸大院・理²

XENONnT 実験とは、イタリアのグラン・サッソ国立研究所に設置された、暗黒物質(WIMP)の直接探索を目的とする国際実験である。液体キセノンを用いた大型検出器で、極めて稀に起こる暗黒物質による原子核反跳事象を捉えることを目指している。しかし、そのような稀な事象を高精度で識別するためには、自然放射線や宇宙線などによって生じるバックグラウンド事象を抑制する必要がある。

本研究では、XENONnT のバックグラウンド低減に重要な役割を果たす nVeto (neutron veto)に焦点を当てる。nVeto は、外部から侵入する中性子が液体キセノン検出器で起こす WIMP と類似した信号を区別するために、周囲を取り囲んでいる補助検出器である。この補助検出器には Gd 水が入っており、それによって捕獲された際に放出される光を観測することで中性子事象を識別している。さらに光の収集効率を上げるため、検出器内部には反射材である ePTFE パネルが設置されている。

本発表では、この ePTFE パネル表面に付着する汚れが光収集効率に与える影響を評価するため、研究基盤センターの走査型光電子分光分析装置 (XPS/SPES) を用いて表面成分の分析を行った結果について報告する。

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磁場強度依存性

森川颯太¹、黒崎真幸¹、中本聡¹、古川武留¹、竹野裕正¹、谷池晃²、金崎真聡²

¹工学研究科 博士課程前期課程 電気電子工学専攻、²海事科学研究科

D-³He核融合発電は、中性子の発生が少ない次世代の発電方式として期待されている。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るため、直接エネルギー変換が可能である。生成される荷電粒子の一つである高速プロトンは、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、構成上一部のプロトンは回収できない。そこで、回収できなかったプロトンを金属箔電極に照射し、放出される二次電子を捕集することで、間接的にプロトンのエネルギーを回収する二次電子放出型直接エネルギー変換器(SEDEC)が提案された。著者等は、加速器からの高速プロトンを用いて模擬実験を行っている。二次電子を効率よく捕集するため、装置内に磁場を形成するが、従来の永久磁石に代わってコイル電流を用いることで、結果の再現性が向上した。本研究では、エネルギー回収の磁場強度依存性について行った実験結果を報告する。詳細な内容については当日発表する。

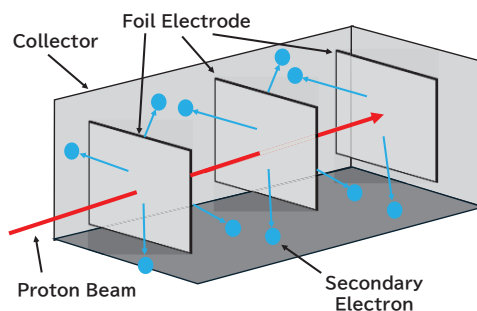


図 SEDEC 概要図

ハロゲン系高分子シートのイオンビーム照射と組成変化に関する研究

呑口弦太¹、谷池晃²

¹海事科学研究科 博士前期課程、²神大院・海

ハロゲンを含んだ高分子材料は、医療や電子機器、化学分野など日常の様々な場面で多く使用されている。しかし、近年の環境問題への対策から、有害廃棄物の国境移動や処分規制を行うバーゼル条約などにより規制が高まっている。そこで、ハロゲン系高分子材料の性質を調べるためにハロゲン系高分子材料をイオンビームで照射したときの組成変化に関する研究を行っている。

試料として使用するハロゲン系高分子は、PTFE(テフロンシート, 厚さ 10 μ m), PVC(食品用ラップ A, 厚さ 7 μ m), PVDC(食品用ラップ B, 厚さ 11 μ m)を用いた。また、イオンビーム照射は本学静電加速器を使用して、エネルギー3.0MeV, 断面積 0.0024cm², 電流 1nA のプロトンビームで行った。試料中のハロゲン元素や炭素のイオンビーム照射による面密度の変化を測定するために、イオンビーム照射と同時に RBS 分析を行った。RBS 分析は 0.15 μ C 入射ごとに測定した。

結果は、PTFE は炭素とフッ素の両方が減少した。PVC は塩素のみが減少し、試料中の塩素はほとんど残らなかった。また、PVDC も同様に塩素が減少するが、試料中にある程度塩素は残っていた。3 つの試料に共通する傾向として、照射開始直後が最もハロゲン元素の減少が観測された。

コードットアパーチャー方式を用いた 高エネルギーガンマ線のイメージング実験

城本啓太¹、豊岡拓也²、谷池晃³

¹海事科学研究科 博士前期課程 海事科学専攻、²神大・海、³神戸大院・海

核融合炉や燃焼プラズマ実験の研究を進める上で、プラズマから損失し炉壁へ到達するアルファ粒子を測定することが重要となる。そこで、炉壁材料のベリリウムと損失アルファ粒子との核反応により生成する 4.44 MeV 高エネルギーガンマ線の発生位置と数量を炉外から測定することで損失アルファ粒子を計測する、高エネルギーアルファ粒子誘起ガンマ線計測手法が提案されている。本発表では、コードットアパーチャーを用いたガンマ線イメージングに関する実験結果とシミュレーション結果を報告する。

まず、ガンマ線像、コードットアパーチャー、検出部の幾何学的配置の計算を行い、像が再現できる体系を計算した。次に、本学静電タンデム加速器を用いて、2.8 MeV のプロトンをも PTFE ターゲットに入射し、約 6 MeV のガンマ線を生成した。ガンマ線発生源から 1000 mm の位置にコードットアパーチャーと BGO 検出器を設置し、検出器の位置を変えることで、ガンマ線イメージングを模擬した実験を行った。コードットアパーチャーは鉛とポリアセタールを積層して構成した。

金属錯体含有イオン液体を用いた配位化合物の光形成

小篠遥¹、持田智行^{2,3}

¹理学研究科 博士前期課程 化学専攻、²神戸大・理、³神戸大・先端膜工学セ

当研究室ではこれまで、サンドイッチ型 Ru 錯体の光反応について研究を行ってきた。なかでもシアノボレートアニオンの塩は、溶液中での光反応によってキューバン型四核錯体を形成する^[1]。本研究では、無溶媒条件下での光反応による錯体形成を目的として、シアノボレートアニオンに置換基を導入したイオン液体 **1a-1d** を合成し、その光反応性について検討した (Fig. 1)^[2]。イオン液体に直接 UV 光を照射すると、**1a** および **1b** はキューバン型四核錯体を、**1d** はアモルファス配位高分子を形成した。

- 1) T. Tominaga, et al., *Chem. Eur. J.*, e202500976 (2025).
2) H. Koshino, et al., *Chem. Commun.*, **61**, 9258-9261 (2025).

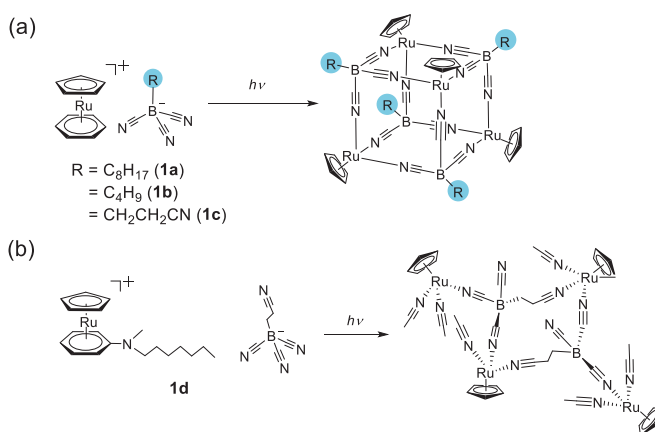


Fig. 1. Photoreaction schemes of (a) **1a-1c** and (b) **1d**. The reaction of **1c** takes place in solution, whereas the others proceed in the neat state.

ハーフサンドイッチ型錯体からなる 柔粘性イオン結晶の熱物性および結晶構造

井尻草太¹、井上亮汰²、持田智行^{2,3}

¹理学研究科 博士前期課程 化学専攻、²神戸大院・理、³神戸大・先端膜工学セ

固体電解質等への応用の観点から、柔粘性イオン結晶 (IPC) が最近注目されている。IPC 相とは球形に近い分子が示す固液中間相の一種であり、分子の位置は秩序化しているが、分子配向は無秩序な状態である。

当研究室では以前、ハーフサンドイッチ型錯体からなる IPC を開発した (**Fig. 1a**)¹⁾。ハーフサンドイッチ型錯体は触媒能など機能性の点で有用だが、IPC に適用した例はまだ少ない。そのため本研究では、ハーフサンドイッチ型錯体における IPC 相の発現条件を明らかにするため、PMe₃ を配位子とするカチオン性 CpRu 錯体 (Cp = C₅H₅⁻) の塩 ([1]⁺X⁻, X = CPFSA⁻, B(CN)₄⁻, PF₆⁻, Ad-BF₃⁻, FSA⁻, CB₁₁H₁₂⁻; **Fig. 1b, 1c**) を合成し、その熱物性および結晶構造を検討した。その結果、いくつかの塩が IPC 相を発現することを見出した。

1) R. Inoue, R. Sumitani, H. Honda, D. Kuwahara, Z. L. Goo, K. Sugimoto, T. Mochida, *Inorg. Chem.*, **63**, 14770–14778 (2024).

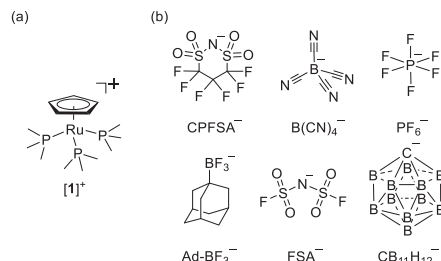


Fig. 1. Structural formulas of (a) the cation and (b) anions used in this study.

シアノボレート架橋キューバン型四核錯体の 溶媒和結晶の形成と蒸気・ガス吸着能

井上亮汰¹、持田智行^{2,3}

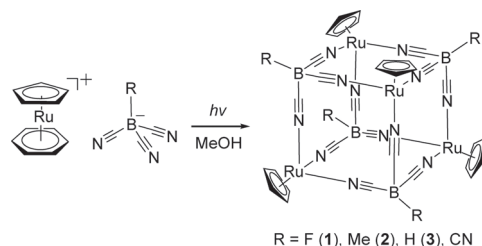
¹理学研究科 博士後期課程 化学専攻、²理学研究科 化学専攻、³神戸大先端膜工学セ

揮発性有機化合物 (VOCs) を吸着する材料として、これまで MOF やゼオライトなどの多孔性物質が広く研究されてきた。一方、非多孔性物質でありながら高い VOCs 吸着能を示す分子性結晶が近年注目されている。

我々は以前、サンドイッチ型錯体 [Ru(Cp)(C₆H₆)]B(CN)₄ の溶液中での UV 光照射によって、B(CN)₄⁻ で架橋されたキューバン型 Ru 四核錯体 [Ru₄(Cp)₄{B(CN)₄}₄] (Cp = C₅H₅) が簡便に合成できることを報告した (**右図**)¹⁾。この錯体は内部空隙が小さいため、内部には分子やイオンを取り込まないが、再結晶により、錯体間に様々な有機溶媒を含有した溶媒和結晶を形成する。

本研究では、上述の光反応を用いて、種々の置換基を導入したキューバン型四核 Ru 錯体 [Ru₄(Cp)₄{BR(CN)₃}₄] (R = F (**1**), Me (**2**), H (**3**)) を合成した (**右図**)。これらはいずれも多様な溶媒和結晶を形成し、さらに各種 VOCs 蒸気の吸着能を示した。

1) T. Tominaga, R. Inoue, R. Sumitani, K. Aoki, T. Mochida, *Chem. Eur. J.*, 2025, e202500976.



ポリシアノアニオンを含むアンモニウム塩の 相挙動および配位高分子形成

中園陽介¹、井上亮汰¹、高橋一志²、持田智行^{2,3}

¹理学研究科 博士後期課程 化学専攻、²神大・院理、³神戸大先端膜工学セ

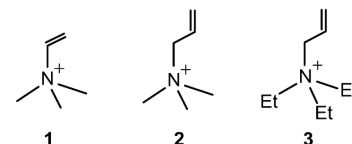
イオン液体および柔粘性イオン結晶 (IPC) は、高イオン伝導性などの特徴ある物性を示すことから近年注目されている。これらの相挙動と分子形状の相関の解明は、分子設計の上でも重要である。また、当研究室ではこれまでに、各種のカチオンをネットワーク構造内に含有するアニオン性配位高分子 $\{[\text{cation}][\text{K}\{\text{C}(\text{CN})_3\}_2]\}_n$ を合成し、その融解挙動を明らかにしてきた^{1,2}。これらは配位高分子には珍しい分解融解挙動を示す。

本研究では、アニオン形状が相挙動に与える影響を調べるために、四面体型の $\text{B}(\text{CN})_4^-$ または平面状の $\text{C}(\text{CN})_3^-$ をアニオンとする四級アンモニウム塩を合成した (**1a–3b**, Fig. 1a, b)。 $\text{B}(\text{CN})_4^-$ 塩は3個ともIPC、 $\text{C}(\text{CN})_3^-$ 塩は3個中2個がイオン液体だった。さらに、これらの塩に対応するアニオンのカリウム塩を加えてアニオン性配位高分子錯体を合成し、その融解挙動を検討した。いくつかの塩および錯体については結晶構造の検討を行った。

1) Mochida, T., et al., *Inorg. Chem.*, **61**, 14368–14376 (2022).

2) Mochida, T., et al., *Chem. Commun.*, **58**, 6725–6728 (2022).

(a) Cations



(b) Anions

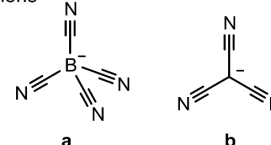


Fig. 1. Structural formulas of (a) cations **1–3** and (b) anions **a** and **b** used in this study.

誘電体アンテナによるテラヘルツ磁場増強効果の解析

伊郷祐馬¹、工藤洋規²、大道英二³

¹理学研究科 博士後期課程 物理学専攻、²神戸大・理、³神戸大院・理

テラヘルツ波を用いた電子スピン共鳴 (ESR) 測定は高いスペクトル分解能を有する一方、光源出力が低く、測定感度が低下するという課題がある。ESR の感度は電磁波の振動磁場成分を増強することで改善できることから、本研究ではテラヘルツ磁場を増強するアンテナとして誘電体アンテナに着目し、電磁波解析シミュレーションによる特性評価を行った。

誘電体アンテナ[1]では誘電体サイズと同程度の波長を持った電磁波が照射された場合、誘電体内部に電磁波の閉じ込めが起こり、誘電体内部及び近傍で高強度の電場や磁場が発生する。本研究では磁気的な共振モードである磁気双極子 (MD) モード (図 1 内挿図) に着目する。

本研究では円柱型誘電体アンテナ (図 1 内挿図) 及び、サンプル設置用の穴を空けたドーナツ型誘電体アンテナについて解析を行った。講演ではより詳細な形状依存性について述べる。

[1] Jiahui Xu et al., *Adv. Optical Mater.* **9**, 2100112 (2021).

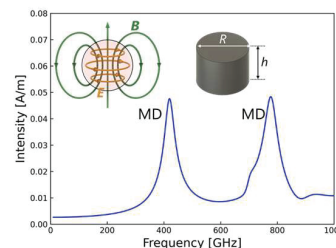


図 1 : 直径 $R=200\ \mu\text{m}$ 、高さ $h=150\ \mu\text{m}$ の円柱型誘電体アンテナの周波数特性。内挿図は磁気双極子モードの電磁場分布 (左) と円柱型誘電体アンテナのモデル (直径 R 、高さ h) (右) を示す。

三角キューポラ型磁性体の電子状態の実験的研究 II

松村高弥¹、原茂生²、櫻井敬博³、大久保晋^{4,1}、太田仁^{3,5}、今布咲子⁶、吉田絃行⁶

¹ 理学研究科 博士前期課程 物理学専攻、² 神戸大・研究基盤セ、³ 阪大・コア機構低温、
⁴ 神戸大・分子フォト、⁵ 福井大・遠赤セ、⁶ 北大・理

近年、特異な構造における複数のスピンの結合によって、時間と空間の反転対称性が破れることが見いだされた。時間空間反転の破れた形における電気磁気効果を示す物質として、キューポラ構造を持つ物質が注目されている。SrCu(OH)₃Cl は図 1 のように三角キューポラ構造を持つ。銅イオンの $S=1/2$ スピンが磁性を担い、酸素が正方平面配位した中心に位置している[1]。逆磁化率の温度依存性は 80K 以上の高温領域で Curie-Weiss 則に従い、ワイス温度 $\Theta_W=-135.4\text{K}$ である。一方、80K 以下の低温では逆磁化率の傾きが変化し、 $\Theta_W=-1.84\text{K}$ と常磁性のようなふるまいを示す。この結果は、低温においてトライマーの 3 つのスピンのうち 2 つが singlet を形成し、全体として有効スピン $S_{\text{eff}}=1/2$ をもつ常磁性の状態にあると理解されている。本研究では、三角キューポラの磁気状態をより詳細に調べるため、透過光型 ESR 測定を 1.9K から 80K の温度範囲で行った。ESR の結果から、従来の常磁性体では説明できない結果が得られた。より詳細な結果は当日報告する。

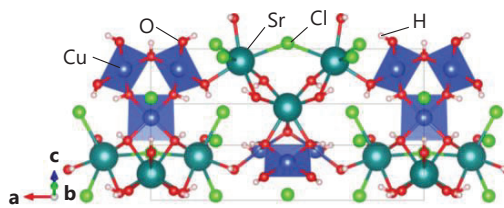


図 1 : SrCu(OH)₃Cl の結晶構造

[1] T.-T. Zhu *et al.*, J. Mater. Chem. C **2**, 8170 (2014)

ポリスチレンマトリックス中の励起子-ラジカル連結系における室温スピン量子コヒーレンス:分子運動の効果

古門勇也¹、コップケビン²、婦木正明^{1,3}、沖山佳生³、田中成典³、シーマンオラフ²、小堀康博^{1,3}

¹ 理学研究科 博士前期課程 化学専攻、² ボン大学、³ 神戸大・分子フォト

発色団ラジカル連結系は、光励起により三電子カルテット状態を生成し、分子多準位量子ビットとしての応用が期待されている[1]。本研究では、室温における量子コヒーレンスの維持要因とそのダイナミクスを解明するため、PDI-biph-trityl ダイアドをポリスチレン中に分散し、時間分解 EPR およびパルス EPR 測定を実施した。得られた結果から、中心部の鋭い信号に約 1 μs のコヒーレンス時間が確認され、スペクトル形状の違いが分子運動に起因することが示された。これにより、マトリックス中で制限された特定の分子運動モードがコヒーレンス維持に寄与していることが示唆された。

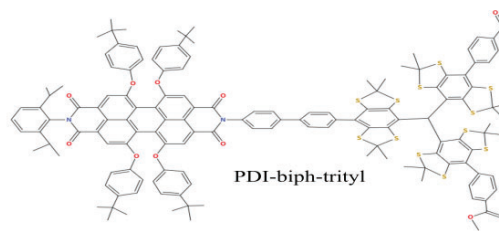


Fig. 1. Structure of PDI-biph-trityl. [2]

[1] Quintes *et al.*, Nat. Rev. Chem., 2023, 7, 75–90.

[2] Mayländer *et al.*, Chem. Sci., 2023, 14, 10727–10735.

熱的検出 ESR 分光法のタンパク質溶液試料への応用

小島大輝¹、大道英二²、太田仁³

¹理学研究科 博士後期課程 物理学専攻、²神戸大・院理、³神戸大・分子フォトセ

金属タンパク質の ESR 測定から、活性中心を担っている遷移金属イオンの電子状態を明らかにすることができる。金属タンパク質では多くの場合、溶液中において生体機能を示すため、溶液状態で ESR 測定を行う必要がある。また、金属タンパク質に含まれる遷移金属イオンではしばしばゼロ磁場分裂と呼ばれる大きなエネルギー分裂を示すことが知られている。そのため、金属タンパク質の測定にはマイクロ波を用いた市販の ESR 装置ではなく、高周波・多周波数 ESR 測定法が必要不可欠である。

本研究ではこのような目的のため熱的検出 ESR と呼ばれる測定法に着目した。この手法では、ESR 吸収によって励起されたスピン系が緩和する際に格子系に放出する熱量を検出することで ESR 信号を得る。本研究ではテフロンセルに微量溶液試料と温度計と一緒に封入し、ESR 吸収を温度計の温度変化として検出できるような測定系を構築した。図 1 にヘムタンパク質の一種である Myoglobin 溶液試料（濃度 10 mM）に対して行った熱的検出 ESR 測定の結果を示す。図に示すように 120 GHz から 260 GHz の周波数範囲で $g=6$ に相当する明瞭な ESR 信号の検出に成功した。信号雑音比から見積もった最小検出濃度は約 70 μM となった。

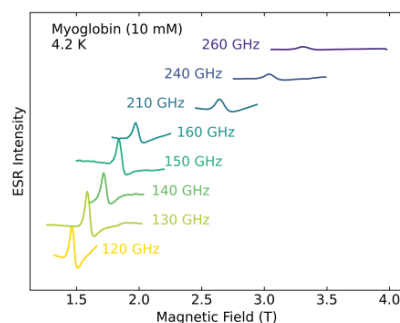


図 1: Myoglobin 溶液試料における熱的検出多周波 ESR 測定の結果

シロキサン結合の柔軟性を利用した高弾性微粒子の設計

中本 礼奈^{1,2}、鈴木 望²、鈴木 登代子²、南 秀人²

¹工学研究科 応用化学専攻 博士後期課程、²工学研究科 応用化学専攻

高分子微粒子は塗料や化粧品材料などに広く用いられるが、多くは C-C 結合を主骨格とし硬くてもろい。応用拡大には弾性付与が重要である。柔軟なシロキサン結合をもつシリコーンは有力だが、従来の粒子は架橋密度が高く硬い傾向にあった。当研究室では、重合性官能基を側鎖に有する 2 官能シランカップリング剤 3-methacryloxypropylmethyldimethoxysilane (MPDS) を用い、ゾルゲル反応による滴形成とラジカル重合による架橋を組み合わせ、シリコーン粒子を作製している。微小圧縮試験では、回復率はポリスチレン粒子の 0% に対し 47.8% となった。分子構造解明のため滴の分子量を測定したところ、シロキサン鎖は直鎖ではなく環状三量体を形成し、これが高架橋密度や鎖の長さにつながると考えられた。

高弾性化を目指し、MPDS と非重合性シランカップリング剤を併用して架橋密度を低下させた結果、回復率は 80.8% まで上昇した。さらに開環重合によりシロキサン鎖の伸長を試みると、回復率は 94.2% まで増大し、高弾性微粒子設計の指針が得られた。

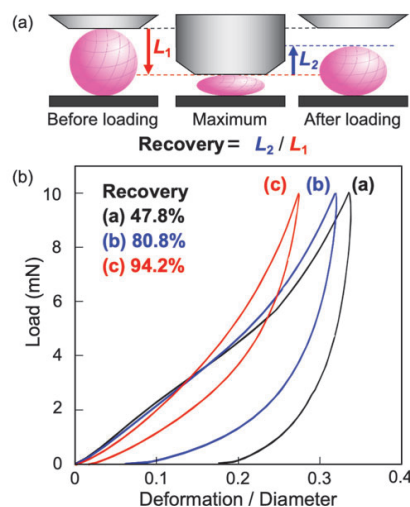


Fig. 1 (a) Illustration of evaluation method for elasticity. (b) Relationships between deformation/diameter and load measured by microcompression testing machine for silicone particles.

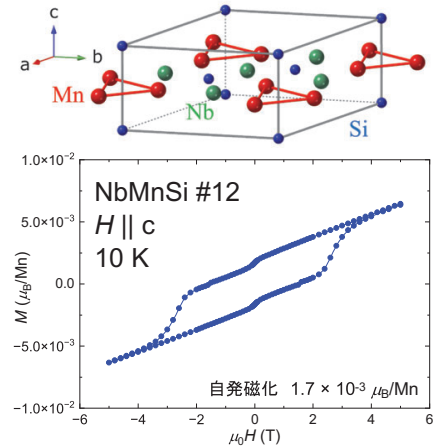
反強磁性体 NbMnSi の異常ホール効果に関する研究

高木悠人¹、日比野瑠央²、中村彰良¹、小手川恒²、藤秀樹²、菅原仁²、
田端千紘³、金子耕士³

¹ 理学研究科 博士前期課程 物理学専攻、² 神戸大院・理、³ 原子力機構

NbMnSi は、六方晶 ZrNiAl 型構造(空間群: $P\bar{6}2m$)を持つ金属間化合物である。磁性を担う Mn 原子が c 面内で正三角形をとるように配置されており、幾何学的フラストレーションが磁性に影響を及ぼす事が期待される。多結晶試料合成は既に行われており結晶構造は明らかになっている一方で[1]、詳細な物性測定はまだ行われていない。我々は本物質の低温物性を明らかにすることを目指し、Ga フラックス法によって単結晶試料を作製した。電気抵抗・磁化測定を行い、 $T_N \sim 99$ K で反強磁性秩序を起こすことを発見した。また、図に示すように c 軸方向にわずかな自発磁化を持つことがわかった。さらに、ホール抵抗測定によって、転移点以下で有限の異常ホール伝導度を示す事がわかった。本研究会では、同じ結晶構造を持つ NbMnGe に対する同様の実験結果と比較しながら、異常ホール効果を引き起こす磁気構造について考察する。

[1] W. Jeitschko *et al.*, Metall Trans **1**, 2963–2965 (1970).



上図：NbMnSi の結晶構造.

下図：NbMnSi の磁化曲線.(10 K, $H \parallel c$)

反転対称性の破れた新しい強磁性体 CeMgPd の物性研究

大西昂¹、菅原仁²、松岡英一²

¹ 理学研究科 博士後期課程 物理学専攻、² 神戸大院・理

Ce をはじめとした希土類元素を含む化合物は、磁気秩序を促す RKKY 相互作用と無秩序化をもたらす近藤効果の競合により、磁気秩序状態や価数揺動状態などの様々な基底状態を示す。この二つの相互作用の競合は圧力や磁場によって制御できることが知られている。特に反強磁性体の場合、圧力を加えることで磁気転移を抑制していくと、二つの相互作用が拮抗し絶対零度で量子相転移が生じる量子臨界点(QCP)が現れることがある。一方で強磁性体の場合、同様に圧力を加えていくと有限温度で磁気秩序が消失するなどして QCP が実現しないと考えられてきた。ところが近年、空間反転対称性の破れた結晶構造を有する強磁性体 CeRh_6Ge_4 などにおいて強磁性 QCP の実現が報告されている。その後の研究では、空間反転対称性の破れが強磁性 QCP の実現に不可欠であるとの理論が提唱された。

そこで我々は、この理論の検証と強磁性 QCP で現れると期待される異常物性の探索を目的に、空間反転対称性の破れた六方晶化合物 CeMgPd (図 1、空間群 $P\bar{6}2m$)に注目した。本講演では、初めて作製に成功した単結晶試料を用いて CeMgPd が強磁性体であることを明らかにしたこと、そして圧力下での測定から強磁性 QCP を探索した結果について発表する。

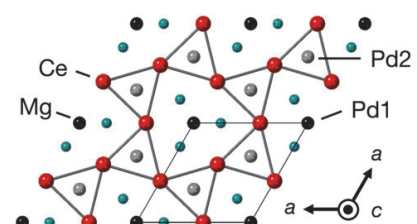


図 1 CeMgPd の結晶構造

低波数領域を含むラマンおよび赤外分光法を用いた 酢酸セルロースの分子間水素結合に関する研究

松岡 律樹¹, 青柳 充², 佐藤 春実³

¹人間発達環境学研究科 博士前期課程 人間環境学専攻,

²県広島大院・総合学術,³人間発達環境学研究科

Cellulose は植物細胞壁を構成するリグノセルロース複合体の 50-58%を占める主要高分子成分であり²⁾, その誘導体である Cellulose Triacetate の脱アセチル化により得られる³⁾ Cellulose Acetate (CA; Fig.1) の生分解性に関する研究が進められているが⁴⁾, その研究において重要な高次構造に関する研究は十分に行われていない。そこで本研究では、分子の分極率, 双極子モーメントの変化をそれぞれ捉える低波数領域を含むラマンおよび赤外分光法を用いて, 主に OH 伸縮振動領域の高波数領域と分子鎖全体の振動を鋭敏に反映する 300 cm⁻¹ 以下の低波数領域⁵⁾における Cellulose と CA の比較から低波数領域の帰属を試み, CA の分子間水素結合について検討した。

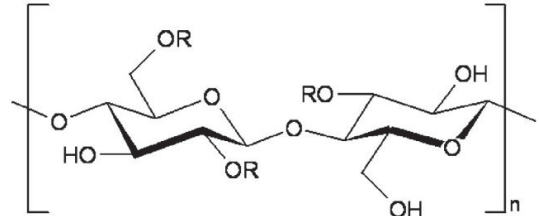


Fig.1 Chemical structure of cellulose acetate with randomly substituted H or acetyl groups (indicated as R in the figure)¹⁾.

1)K. Zhang et al., *Cellulose*, 2011, **18**, 995, 2)高野俊幸, 紙パ技協誌, 2013, **67**, 43, 3)E. Reese, *Ind. Eng. Chem.*, 1957, **49**, 89, 4)G. Gadaleta et al., *Chem. Eng. J.*, 2023, **462**, 142301, 5)佐藤春実, 高分子, 2024, **73**, 267

四極子近藤効果候補物質 Y_{1-x}Pr_xCo₂Zn₂₀ の NMR 測定

阪口祥大¹, 久保徹郎², 室岡啓太², 日比野瑠央², 小手川恒², 鬼丸孝博³, 山根悠³,
山本理香子³, 藤秀樹²

¹理学研究科 物理学専攻 博士前期課程、²神戸大院・理、³広島大・先進理工

四極子近藤効果は、1987 年に D.L.Cox 等により理論的に提唱された現象であり[1,2]、スピン自由度が関与する通常の近藤効果とは異なり、軌道自由度と伝導電子との反強制的相互作用に起因する散乱として理解されている。しかし、その全容は未だ十分に解明されていない。近年、Yamane 等により Y_{1-x}Pr_xIr₂Zn₂₀ 系において単サイトの四極子近藤効果について報告がなされ[3]、その性質が明らかになりつつある。

本研究では、Y_{1-x}Pr_xCo₂Zn₂₀ (x = 0.05, 0.15) を対象に、Co-NMR 法を用いたスピン格子緩和時間 T₁ を測定し、単サイトの四極子近藤効果の検証を行った。YCo₂Zn₂₀ では 1/T₁T が温度に依存せず一定値を示すことが確認されている一方[4]、本研究で測定した Pr5, 15%系では低温で増大することが分かった。この振る舞いは、四極子近藤効果によるものとして解釈できる。

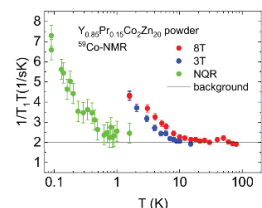


図1 Pr15%系の 1/T₁T の温度依存

[1] D. L. Cox, *Phys. Rev. Lett.* **59**, 1240 (1987)

[2] D. L. Cox and A. Zawadowski, *Adv. Phys.* **47**, 599 (1998)

[3] Y. Yamane, T. Onimaru, Y. Shimura, S. Tsuda, K. Umeo, and T. Takabatake, *Phys. Rev. B* **111**, 155104 (2025)

[4] T. Kubo, A. Sasaki, K. Murooka, H. Kotegawa, R. Yamamoto, T. Onimaru and H. tou, *J. Phys. Soc. Jpn.* **94**, 083706 (2024)

極晩抽性カブ品種‘時無小蕪’の責任遺伝子同定と低温処理前後における遺伝子発現解析

矢野秀汰¹、藤本龍¹

¹ 農学研究科 博士前期課程 資源生命科学専攻

アブラナ科葉根菜類は、一定期間の低温遭遇により抽だい（とう立ち）し、開花する。この現象は春化（バーナリゼーション）と呼ばれ、花成の早期誘導に伴う品質低下・収穫不能が生産上の課題となっている。そのため長期間の低温に遭遇しても花成が誘導されにくい「晩抽性」は重要な育種目標である。本研究では、極めて強い晩抽性（極晩抽性）を有するカブ品種‘時無小蕪’を材料に、その極晩抽性責任遺伝子の同定を試みた。‘時無小蕪’と中程度の晩抽性を示す‘CR・歓喜’を両親とする F₂ 分離集団に対して、QTL-seq 法を実施した結果、第 2 染色体上に有意なピーク領域を検出した。該当領域内に含まれる開花関連遺伝子を探したところ、春化経路における主要遺伝子である *BrVIN3-1*（*VERNARIZATION INSENSITIVE 3*）が有力な候補遺伝子として同定された。その後、低温処理前後のトランスクリプトーム解析を行い、*BrVIN3-1* の発現動態と極晩抽性との関連性について詳細に検証を行った。

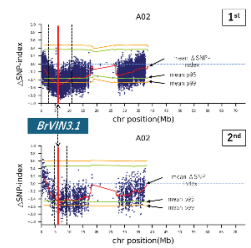


図1. QTL-seqによる原種遺伝子の同定

$S=1/2$ 量子梯子鎖磁性体 $C_9H_{18}N_2CuBr_4$ のパルス強磁場 ESR によるスピンダイナミクスの研究

西田光希¹、嵯峨慎²、原茂生²、太田仁^{3,4}、大久保晋^{3,1}、櫻井敬博⁵

¹ 理学研究科 博士前期課程 物理学専攻、² 神戸大・研究基盤セ、³ 神戸大・分子フォト、
⁴ 福井大・遠赤セ、⁵ 阪大・コア機構低温

量子スピン系と呼ばれる量子効果が顕著に現れる磁性体は、新奇な物性の発見が期待されており、研究が盛んである。我々が扱う $C_9H_{18}N_2CuBr_4$ もその一つであり、 Cu^{2+} が 2 足の梯子状の格子を形成し[1]、梯子の足・桁方向の相互作用の大きさが近いという特徴を持つ。また、梯子内と梯子間の相互作用の比が秩序相とスピングャップ相との量子臨界点近傍に位置するため、 $T_N=2K$ で反強磁性秩序を示しながらも大きな量子揺らぎを持つ。近年、 T_N よりもはるかに高温でもスピングャップが開いている可能性が指摘されたため[2]、本研究の目的は強磁場 ESR 測定からこのギャップの起源を調べることである。図 1 では、180K 付近から有効 g 値が変化し、変化の程度の違いはギャップの存在を示唆している。

[1] T. Hong *et al.*, Nat. Phys. **13**, 638 (2017).

[2] 濱田優翔, 神戸大学修士論文(2025).

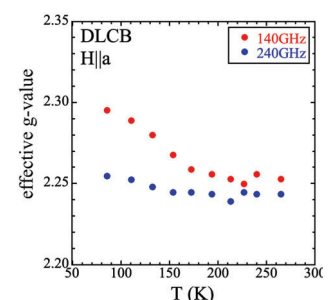


図1 140GHz・240GHz での有効 g 値の温度依存

ダイヤモンドアンビルセルを用いた 高圧下光検出磁気共鳴測定技術の開発

服部嶺於¹、清水渉夢¹、大久保晋²、櫻井敬博³、太田仁^{2,4}、藤原正澄⁵

¹理学研究科 博士前期課程 物理学専攻、²神戸分子フォトセ、³阪大コア機構低温、

⁴福井大遠赤セ、⁵岡山大院環生自

高圧力下 ESR 測定への応用を目指して、ダイヤモンドアンビルセル (DAC) 中でのダイヤモンド NV センターの光検出磁気共鳴 (ODMR) 測定技術の開発をおこなっている。本研究ではその基礎的な光学系とマイクロ波照射のコイル等のチューニングを試みた。

測定に使用するナノダイヤは直径 300 nm 程度のものを使い、蛍光の励起光源として 532 nm のレーザー (Civil Laser, 532nm Green DPSS Laser) を用いる。照射されたレーザー光は対物レンズを通してナノダイヤに入射する。ナノダイヤから発された赤色の蛍光は再び対物レンズを通った後にダイクロイックミラーで反射し、その後対物レンズ、エッジパスフィルター (ThorLabs, FELH0650) を通って冷却 CMOS カメラ (BITRAN, BS-70M) に入る (Fig. 1)。マイクロ波入射には、単純な 1 つ巻きコイルと、ループの先に抵抗を付けたものを作成し、その評価をおこなった。

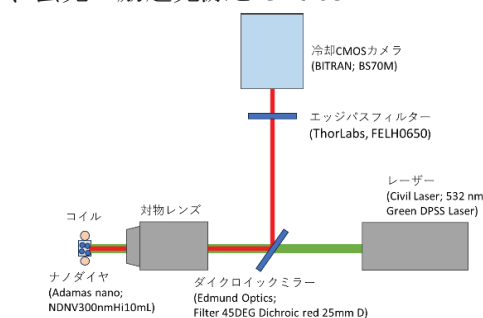


Fig. 1. Schematic view of the observation system

ラマン分光法を用いたポリブチレンアジペートの 結晶多型による海洋分解挙動の研究

吉田夕陽¹、佐藤春実²

¹人間発達環境学研究科 博士前期課程 人間環境学専攻、²人間発達環境学研究科

ポリブチレンアジペート(PBA, Fig. 1)は生分解性を持つ結晶性高分子の一種であり、等温結晶化時の温度の違いにより α 晶と β 晶が形成される。本研究の目的は結晶構造の違いがPBAの海洋分解性にどのような影響を与えるのかを、ラマン分光法を用いて解明することである。PBAの α 晶と β 晶はそれぞれ 35°C 及び 25°C で等温結晶化させることで作成した。Fig. 2 に PBA α 晶の分解前及び海水に浸して 1 日後の結晶化度のラマンマッピングを示す。赤が非晶リッチ、青が結晶リッチを示す。day0~1 にかけて非晶部分が分解されたことで相対的に結晶リッチになったと考えられる。これは非晶部分ノ法が分解され易いためである。Fig. 3 に PBA β 晶の分解前及び海水に浸して 1 日後の α 晶と β 晶の比を表したラマンマッピングを示す。赤が α 晶リッチ、青が β 晶リッチを示す。day0~1 にかけて β 晶リッチから α 晶リッチになっている。これは β 晶が α 晶よりも分解されやすいためであると考えられる。

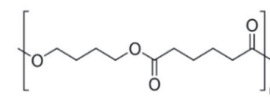


Fig. 1 Chemical structure of PBA

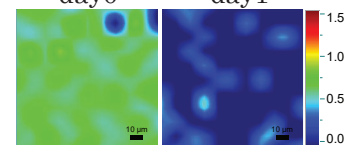


Fig. 2 Raman mapping images in α crystalline of PBA

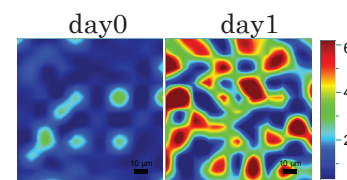


Fig. 3 Raman mapping images in β crystalline of PBA

FeCo 合金薄膜の磁気異方性研究

平田涼¹、大久保晋^{2,3}、太田仁^{3,4}、清水優斗⁵、小林翔太⁵、
加藤宏朗⁶、板倉賢⁷、中野正基⁸、小池邦博⁵

¹理学研究科 博士前期課程 物理学専攻、²神戸大院・理、³神戸大・分子フォトセ、
⁴福井大・遠赤セ、⁵山形大院・理工、⁶山形大・工、⁷九州大・工、⁸長崎大・工

高性能磁石の候補であるナノコンポジット磁石は、磁化の大きなソフト相と保持力の大きなハード相の間に交換相互作用が働くことで、高磁化かつ高保持力な磁性体としてふるまう[1]。本研究ではソフト相材料として FeCo 合金

薄膜を取り上げ、その磁気異方性を調べることを目的としている。マグネトロンスパッタリングによって製作された、ソフト磁性物質である FeCo 合金薄膜(Fig.1)の ESR 測定を 80~240GHz の範囲でパルス磁場を用いて 14T までの範囲で行った。測定装置に関しては、文献 2 に詳しく書かれている。容易磁化方向である面内方向と、困難磁化方向である面直方向に磁場を印加し、それぞれ測定を行った(Fig.2)。ソフト相材料の FeCo 合金薄膜の磁気異方性についてポスター発表にて報告する。

[1] R. Uda *et al.*, AIP Advances **13**, 0253111 (2023).

[2] N. Nakagawa *et al.*, Int. J. Infrared and MMW **19**, 167 (1998).

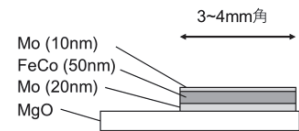


Fig.1 FeCo alloy thin film

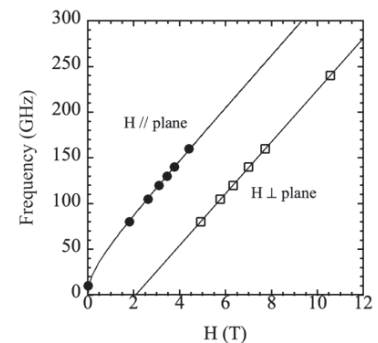


Fig.2 Frequency-field diagram at 265 K

マルチフェロイクス物質 YCrO₃ の強磁場 ESR 測定

宮澤毅弘¹、池田将平¹、原茂生⁵、櫻井敬博⁶、太田仁^{3, 4}、大久保晋^{3, 2}、櫻井裕也⁷

¹理学研究科 博士前期課程 物理学専攻、²理学研究科、³神戸大分子フォトセ、⁴福井大遠赤セ、
⁵神戸大研究基盤セ、⁶阪大コア機構低温、⁷物材機構

近年、ペロブスカイト型構造を持つ物質は特異な性質を有するため、応用の観点から大変注目されている。今回取り上げるペロブスカイト物質の YCrO₃ は強誘電性と弱強磁性が共存しているマルチフェロイクス物質であり電気磁気効果による方向二色性の性質などが期待される。我々のグループではこの YCrO₃ (図1) の粉末試料を用いた強磁場電子スピン共鳴 (ESR) の測定を高周波帯域かつ強磁場で行っており、反強磁性体特有の共鳴状態 (AFMR) を観測している。しかし、その AFMR モードは通常の反強磁性体の AFMR モードとは大きく異なり、バイフェロイック特有のモードであることが期待される (図 2)。これらのことからバイフェロイック物質に内在する電気と磁気の相互作用の効果を考慮に入れることが必要であると予想される。

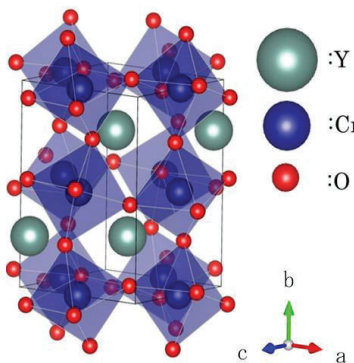


図 1: YCrO₃ の結晶構造

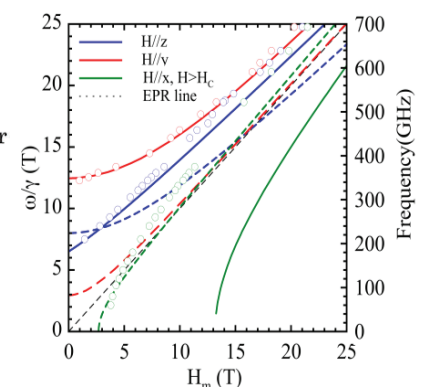


図 2: 1.9K における YCrO₃ の周波数-磁場プロット

マルチフェロイクス物質 $\text{Cu}_3\text{Nb}_2\text{O}_8$ の極低温高周波 ESR 測定

細見悠馬¹、原茂生²、嵯峨慎²、太田仁³、大久保晋³、藤井裕⁴、菊池彦光^{3,4}

¹ 理学研究科 博士前期課程 物理学専攻、² 神戸大研究基盤セ、

³ 神戸大分子フォトセ、⁴ 福井大遠赤セ

$\text{Cu}_3\text{Nb}_2\text{O}_8$ は三斜晶の空間群 $P\bar{1}$ に属しており [1]、磁性をになう Cu^{2+} イオンには 2 つの異なるサイトが存在する (図 1)。本物質は 26.5 K で反強磁性状態へ転移し、24.2 K で電気分極が自発的に発現する [1] ことからマルチフェロイクス物質と考えられている。磁気的には Cu^{2+} イオンがトライマー的に結合して鎖状構造を形成しており [1]、 Cu^{2+} イオン間の超交換相互作用には強磁性と反強磁性の 2 種類あると考えられ [2]、スピンプラストレーションの存在が期待されている。本研究では、 $\text{Cu}_3\text{Nb}_2\text{O}_8$ の磁気状態について調べるために、粉末試料を用いてパルス強磁場 ESR 測定を行った [3, 4]。測定では複数の反強磁性共鳴による吸収が観測された。反強磁性ギャップはおよそ 180 GHz と見積もられた。詳細な結果については当日発表する。

[1] R. D. Johnson *et al.*, Phys. Rev. Lett. **107**, 137205 (2011)

[2] Z.-L. Li *et al.*, Phys. Rev. B **86**, 174401 (2012)

[3] M. Motokawa *et al.*, Int. J. IRMMW **12**, 149 (1991)

[4] S. Kimura *et al.*, Int. J. IRMMW **17**, 833 (1996)

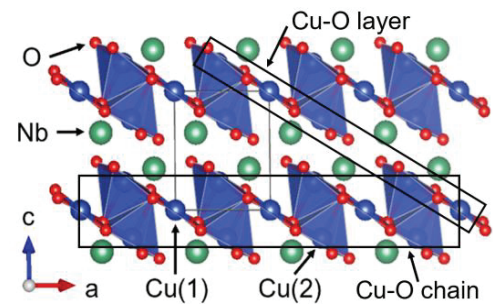


図 1 : $\text{Cu}_3\text{Nb}_2\text{O}_8$ の結晶構造

ラマンマッピングによる P(3HB)および P(3HB-co-4HB)の海洋分解性の評価

山田勇真¹、佐藤春実²

¹ 人間発達環境学研究科 博士前期課程 人間環境学専攻、² 人間発達環境学研究科

ポリ-3-ヒドロキシブチレート(P(3HB))は微生物由来の生分解性高分子で、環境への負荷が少ないプラスチックとして知られており、共重合化により物性向上を図る研究が進められている。本研究では P(3HB)とその共重合体の一つである P(3HB-co-4HB)の、海洋分解過程をラマンマッピングを用いて明らかにし、さらに重量変化やトポグラフィの変化から分解速度を評価することを目的とした。

Fig.1 に C=O 伸縮振動領域を用いた海洋分解過程における各日ごとの結晶性を表すラマンマッピング画像(100 $\mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$)を示す。上段が P(3HB)フィルム、下段が P(3HB-co-4HB)フィルムを示す。最初は赤色の非晶リッチな表面だったが、P(3HB)では day 9 にかけて、P(3HB-co-4HB)では day 6 にかけて青色の結晶リッチな表面に変化した。さらに P(3HB-co-4HB)では day 6 から day 9 にかけて結晶性が低下した。これは生分解が非晶部分から進行することで、残留する結晶部の存在により結晶化度(χ_c)が上昇し、その後結晶部分も分解が進み χ_c が低下したと考えられる。また重量変化やトポグラフィの変化は P(3HB)よりも共重合体で大きく、海洋分解は P(3HB-co-4HB)で早く進むことが示唆された。

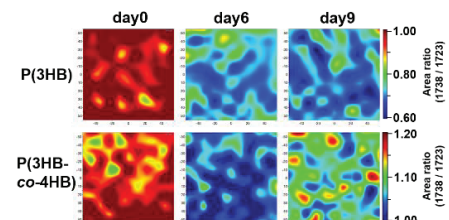


Fig.1 Raman mapping images of P(3HB) and P(3HB-co-4HB) (90/10 mol%) films based on the area ratio of the peaks at around 1738 cm^{-1} and 1723 cm^{-1} during marine degradation.

NV 中心を活用した高圧 ESR 測定システムの開発

清水渉夢¹, 服部嶺於¹, 大久保晋^{1,2}, 櫻井敬博³, 太田仁^{2,4}, 藤原正澄⁵

¹神戸大院理, ²神戸大分子フォトセ, ³阪大コア機構低温, ⁴福井大遠赤セ, ⁵岡山大院環生自

本研究では、高圧下 ESR 装置のさらなる高圧化を目指し、ダイヤモンドアンビルセル (DAC) を用いた新たな測定手法の開発を進めている。DAC は非常に高い圧力発生が可能だが、試料空間が極めて狭いため高感度検出が不可欠である。そこで、ダイヤモンド中の NV 中心による光検出磁気共鳴 (ODMR) を利用し、微小な磁化変化を高感度に捉える測定法の確立を目指している。昨年度には DAC 内部での ODMR 観測に成功しており、現在は独自装置を構築中である。装置ではレーザーで NV 中心を励起し、光学系を通して蛍光を検出、さらにマイクロ波を照射して ODMR 信号を得る仕組みを整えている。測定プログラムではカメラ画像から指定した点の蛍光強度を読み取り、マイクロ波周波数を自動掃引して信号を取得・表示する。またスイッチを用いてマイクロ波照射のオンオフを交互に行い、蛍光強度の規格化も自動化した。これらにより、高精度で効率的な ODMR 測定を実現し、高圧下での ESR 観測手法の基盤確立を進めている。

[1] T. Sakurai *et al.*, *J. Magn. Reson.* **259**, 108 (2015).

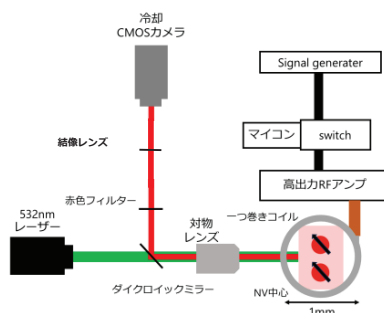


図 1: 装置図

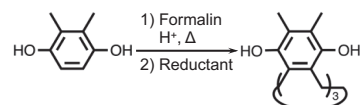
環状フェノール樹脂の超分子化と誘起円二色性の発現

小池 修平^{1,2}, 松本 拓也², 鈴木 登代子², 南 秀人², 鈴木 望²

工学研究科 応用化学専攻 博士前期課程¹, 工学研究科 応用化学専攻²

らせん超分子ポリマーは右巻きと左巻きの構造を有する代表的なキラル材料の一つであり、非共有結合的相互作用に依存してサイズ、形状、らせんの巻き性などの可変性と制御性に優れ、キラル増幅を示すことが報告されている[1]。本研究では、2,3-Dimethylhydroquinone と Formalin を用いてお椀型の環状生成物を合成し (Scheme 1), 超分子ポリマーを形成するかを検討した。¹H-NMR (Dimethyl sulfoxide-*d*₆) により確認されたスペクトルから環状生成物が得られたことが明らかとなった。また、移動相を *N,N*-Dimethylformamide としたゲル浸透クロマトグラフィーにより、反応生成物から高分子量成分が確認され、走査型電子顕微鏡 (SEM) により針状の構造が観察されたことから超分子ポリマーが形成していることが示唆された (Fig. 1)。種々のキラルゲスト化合物存在下、超分子ポリマーを形成させ、円二色性分光法により評価すると超分子ポリマー由来のコットン効果が確認されたことから、超分子ポリマーにらせんが誘起されている可能性を明らかにした。

[1] E. Yashima *et al.*, *Chem. Rev.*, **116**, 13752 (2016).



Scheme 1) Synthesis route of cyclic product

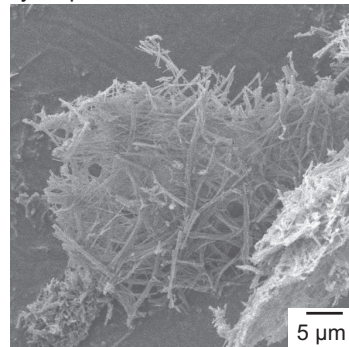


Fig. 1) SEM image of the obtained product by addition condensation of 2,3-Dimethylhydroquinone in acid condition, followed by reduction with ascorbic acid

ラマン分光法を用いたポリエチレンサクシネートの 河川水での生分解性の評価

小川美優、佐藤春実

人間発達環境学研究科 博士前期課程 人間環境学専攻

プラスチックの環境負荷低減のために生分解性プラスチックが注目されており、ポリエチレンサクシネート(PES; Fig.1)はその一つである。PES はエチレングリコールとコハク酸がエステル化することで合成される脂肪酸ポリエステルであり、本研究では PES の河川水中での分解における結晶化度の変化や分子間相互作用の変化をラマンマッピングによって可視化することを目的とした。

Fig.2 に PES の各週のラマンマッピング画像を示す。上段が C=O 伸縮振動領域、下段が低波数領域を示す。C=O 伸縮振動領域では、結晶化度が低下しており、これは初期の結晶化度が高かったことで、結晶部分の分解が進み、相対的に結晶化度が低下したと考えられる。低波数領域では分子間相互作用が強い箇所と弱い箇所が現れた。これは、分解に伴ってアモルファス相の分子鎖の切断や水中への流出により結晶部がフィルム表面に残留し部分的に分子間相互作用の強さが異なる箇所が存在するものと考えられる。また、フィルム表面に球晶が生成し、球晶内の分子鎖の C=O 基の向きに規則性が見られた。

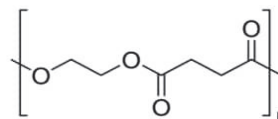


Fig. 1. Chemical structure of PES

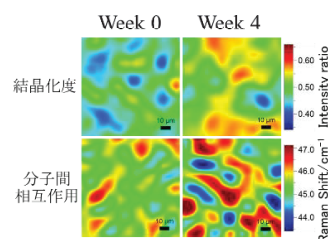


Fig. 2. Raman mapping images of PES films.

広帯域誘電分光法による親水性高分子の 水和ダイナミクスの温度依存性に関する研究

Yang Cao

理学研究科博士前期課程化学専攻

親水性高分子は親水性官能基と疎水性骨格から構成され、水が存在する環境で高分子と水分子との複雑な相互作用により水和系の動的挙動が材料の応用特性に影響を与えられとされる。特に、生体高分子であるタンパク質は、水和と熱励起が機能発現メカニズムと密接に関連することが議論されている^[1]。本研究は生体適合性を有する合成高分子であるポリビニルピロリドン (PVP) の水和状態に着目し、水分子の配向緩和および高分子の低周波数振動に関する情報が含まれるサブギガヘルツからテラヘルツ領域にわたる広帯域誘電分光測定を行った。同時に分子動力学シミュレーションによって測定スペクトルの再現と理論的解析を試みた。水和水による緩和成分が温度上昇に伴い高波数シフトし、テラヘルツ帯の高分子の振動モードと相互作用する様子を検討した。その結果を基にタンパク質の水和ダイナミクスとの相違点について議論した。

さらに、PVP とタンパク質の水和ダイナミクスの違いを理解するため、両者の橋渡しとなるモデル系としてポリアミノ酸に着目した。ポリグルタミン酸 (PGA) は二次構造を容易に制御できる特性を持つことから、異なる二次構造が水和ダイナミクスに与える影響を、中性子散乱測定と組み合わせて検討した。

[1] N. Yamamoto, K. Ohta, A. Tamura, K. Tominaga, *J. Phys. Chem. B*, **2016**, *120*, 4743–4755.

Mechanistic insights on the terahertz absorption origin of edge-oxidized graphene oxide/polyethylene composites

Al Jerome A. Magsino

Graduate School of Science, Department of Chemistry

The terahertz (THz) absorption of graphene and related compounds is often correlated to free-carrier transport from the extended conjugation of π -networks in their structure, which is temperature-dependent [1]. Interestingly, edge-oxidized graphene oxide in polyethylene matrix (GO/PE) showed a featureless, temperature-independent absorption spectrum from 83 K to 293 K in the 0.2 to 2.0 THz region, which served as the motivation to probe deeper into the origin of its absorption mechanism. Decarboxylated GO in PE exhibited temperature-independent absorption with higher absorption intensity than untreated GO, ruling out polar vibrational modes and transport-based mechanisms. The THz absorption was also found to be insensitive to pellet density, suggesting that interflake GO interactions are not major contributors to the absorption. A non-linear scaling of absorption with GO content was also observed, indicating that the absorption is not dominated by graphitic vibrational modes. Complex conductivity data of GO/PE fitted well with the complex power law, which is a signature of a universal dielectric response. All results lean towards the interpretation that the THz absorption is most likely governed by non-resonant collective polarization of π -electrons trapped in a highly disordered graphene structure.

[1] Kumar, P. Šilhavík, M., Parida, M.R., Nemec, H., Červenka, J., and Kužel, P. *Nanoscale Adv.*, **2023**, 5, 2933

反強磁性体 UNi_4B の常磁性状態及び磁気秩序状態の ^{11}B -NMR による研究

明石侑大¹, 阿部修也¹, 越智遥菜¹, 小手川恒¹, 播磨尚朝¹, 藤秀樹¹,
本田史憲², 清水悠晴³, 本間佳哉³, 仲村愛³, 李徳新³, 青木大³

¹ 神戸大学大学院 理学研究科 物理学専攻

² 九州大学 RI 統合管理センター, ³ 東北大学 金属材料研究所

ウラン系化合物 UNi_4B は当初 $\text{P6}/\text{mmm}$ と考えられていたが、近年、三角格子がわずかにひずんだ直方晶 Cmcm 構造が有力となっている[1,2]。転移温度 $T_N=20.4\text{K}$ で $2/3$ の U がトロイダル状反強磁性を示すとされたが[3]、2023 年には T.Ishitobi と K.Hattori らにより四極子自由度を含むトライフォース状磁気秩序の可能性も指摘されている[4]。本研究では、常磁性・反強磁性状態の ^{11}B -NMR スペクトルを、印加磁場 2.5T, 6T, 8T の bc 面内角度依存測定により調べ、電子状態と磁気秩序を議論していく。

[1] S.A. M. Mentink et al., *Physica (Amsterdam)* 186-188, 270 (1993).

[2] S.A. M. Mentink et al., *Phys. Rev. Lett.* 73 1031 (1994).

[3] S.A. M. Mentink et al., *Phys. Rev. B* 51,11567 (1995).

[4] T.Ishitobi and K.Hattori, *Phys. Rev. B* 107, 104413 (2023).

反強磁性由来の AHE を示す NbMnP の置換効果

角川裕哉¹、新井祐樹²、藤秀樹³、菅原仁³、小手川恒³、

¹ 理学研究科博士前期課程物理学専攻、² 理学研究科博士後期課程物理学専攻、³ 神大・理

外部磁場なしで発生する異常ホール効果(AHE)は長らく強磁性体特有の現象であると思われていた。しかし近年、反強磁性構造を主体とする一部の磁性体でも強磁性体並みの AHE が観測されており[1,2]、反強磁性物質 NbMnP もその一つである[3,4]。本発表では、NbMnP の Mn サイトの一部を Fe と Cr に置換した物質を作製し、それぞれの物性の変化を報告する。

まず Fe10%置換した NbMnP 単結晶を作製し抵抗を測定したところ、転移温度の低下が観測されたため、我々は Mn サイトを Fe に 20%、40%、60%、80%置換した多結晶試料を作製することでそれぞれの相図を作製し、置換効果による変化の違いを比較した。また、Cr を 20%、40%置換した多結晶試料においても同様の比較を行い、Fe 置換時との違いを明らかにした。

[1] S. Nakatsuji *et al.*, Nature 527, 212 (2015).

[2] N. Kiyohara *et al.*, Phys. Rev. Appli. 5, 064009 (2016)

[3] H. Kotegawa *et al.*, npj Quantum Mater. 8, 56 (2023)

[4] Y. Arai *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. 93, 063702 (2024)

CYB561D2 を用いた光照射に伴う

鉄還元機能を持つタンパク質の設計

近藤 勘太¹、杉本 宏^{2,3}、木村 哲就^{4,5}

¹ 理学研究科 博士前期課程 化学専攻、² 理研・SPRING-8、³ 兵庫県大院・理、⁴ 神戸大院・理、⁵ 神戸大・分子フォト

シトクロム *b*₅₆₁D2 (CYB561D2) は、ヒト癌抑制遺伝子 101F6 によってコードされる小胞体局在膜タンパク質である。シトクロム *b*₅₆₁ ファミリーに属するこのタンパク質は、細胞質側に存在するアスコルビン酸から 2 つの *b* 型ヘムを介して小胞体内腔に存在する Fe³⁺ に電子を伝達し、Fe²⁺ の還元を行うことが明らかになっている (Fig. 1)。しかし、この電子伝達の詳細な機構は明らかになっていない。本研究では電子伝達経路が時間分解分光法の測度論的解析によって解明できることに着目し、アスコルビン酸の代わりに光照射によって電子伝達を誘起し、Fe³⁺ 還元が可能な光誘起電子供与体による CYB561D2 の部位特異的修飾を試みている。本ポスターでは、光誘起電子供与体修飾に向け設計した変異体の発現・精製および、分光学的手法を用いた活性評価について議論を行う。

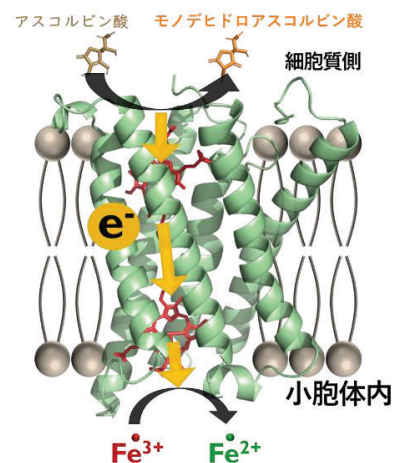


Fig.1 CYB561D2 の電子伝達反応
構造は AlphaFold を用いた構造予測

パターン化モデル膜における電気泳動を用いた 膜タンパク質の分離

北山慧悟¹、森垣憲一^{1,2}

¹農学研究科 博士前期課程 生命機能科学専攻、²神戸大・バイオシグナル研究センター

生体膜中の膜タンパク質はシグナル伝達や物質輸送、エネルギー生産などあらゆる生命現象において重要な役割を担う。膜タンパク質の機能を解明するためには、生体膜に近い環境を保持したまま分離、濃縮する技術が求められる。しかし、従来の分離技術ではしばしば変性条件を伴い、膜タンパク質本来の構造や機能が損われるという課題があった。そこで、近年では膜タンパク質分離の優れたプラットフォームとして、支持脂質二分子膜（SLB）での分離技術の開発が注目されている。SLBは脂質二分子膜構造や側方拡散性を有し、生体膜の構造や性質を模倣するモデル膜として広く利用されてきた。我々はこれらの特性を利用し、SLB上に電場を加えることで、非変性・疎水性条件下で膜成分を分離、濃縮することが可能である。本研究では、ポリマー脂質膜によって制限された区画内において、荷電脂質および膜結合タンパク質の電気泳動分離を目指す。

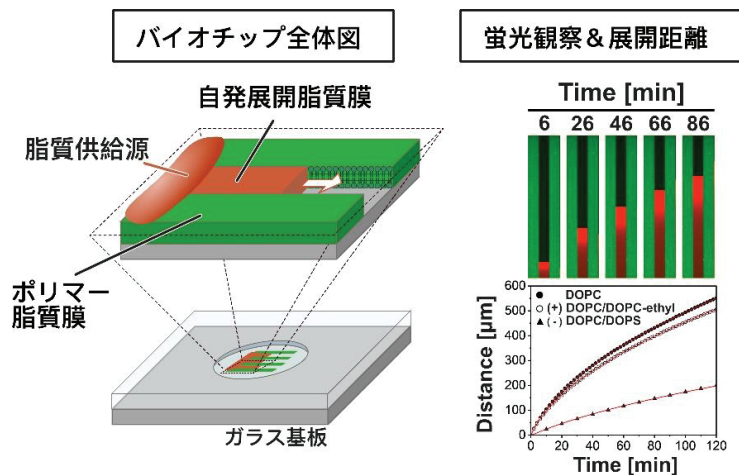
生体分子輸送をめざした脂質膜の自発展開バイオチップ

藤井真子¹、森垣憲一^{1,2}

¹農学研究科 博士後期課程 生命機能科学専攻、²バイオシグナル総合研究センター

ゲル電気泳動など生化学に用いられる生体分子分離/解析手法のコンセプトを基に、我々は厚さ約5 nmの流動性脂質二分子膜を分離場とする高感度なバイオチップを開発してきた。光リソグラフィーを用いて重合したポリマー脂質膜（図中緑色）を枠組みとして用いて、脂質膜による基板表面の濡れ現象（自発展開）による一方向の流れを持つ流動性脂質膜（図中赤色）系を開発した^[1,2]。本発表では、自発展開脂質膜の物理化学的な性質を理解するため、流動性脂質膜の組成（電荷・粘度）や緩衝液を変えたときの脂質膜の展開速度の比較について報告する。アニオン性とカチオン性のリン脂質では、負電荷を帯びたガラス基板上での展開速度に違いが見られた。

[1] Tamura, et al., *Langmuir*, 2019. [2] Tanimoto, Yamada, Fujii, et al., *Langmuir*, 2025.



人工光型植物工場トマト栽培における光条件の最適化

原田千聡、宇野雄一、小山竜平

農学研究科 博士前期課程 資源生命科学専攻

日本のトマト生産量のうち 74%は施設栽培が利用されている。そのほとんどは太陽光を利用した施設であり、LED 等の人工光利用型の栽培は苗生産に限られている[1][2]。しかし昨今の気温上昇により夏季の高品質なトマト栽培は困難となっており、閉鎖型植物工場はその解決手段の一つと期待される。そこで本研究は完全人工光栽培による高収量と糖度およびリコピン含有量の向上を目指し、光条件の検討を行った。また、LED 下でのトマト栽培では、葉に異常な細胞分裂を生じる生理障害である水泡症の多発が課題となる[3]。本研究では水泡症の発生における光波長の影響を明らかにし、それを解決する光条件を決定する。育苗ステージの研究では、水泡症の発生度が異なる 3 品種を供試した。発芽後 25 日までの育苗期において、赤色光の比率が増加すると水泡症が重症化する傾向にあり、品種によっては落葉が頻発した。一方で青色光や UV-B 光を加えた場合には水泡症は有意に抑制され、青色光では植物体の矮化と節間短縮が見られた。これはスペースの限られた植物工場栽培においては、好ましい苗品質と言える。また定植後に青色光の比率を高めた光照射条件下で生育させることにより、開花日数及び収穫日数が有意に短縮された。果実収穫までのステージでは、草丈の高いトマトを栽培するため、LED 光源を縦方向に配置した栽培装置を構築した。その装置での栽培において、高さ方向の光条件の制御により、各葉位からの光合成産物の果実転流を調整し、果房間のバラつきを改善できる技術を見出せた。

[1] 農林水産省, 2022. [2] 一般社団法人日本施設園芸協会, 2023. [3] Miyama, 2023.

アジサイの特異的反復配列からみた多様性

河野菜月¹、石黒更¹、Nicola Schmidt²、Tony Heitkam²、Stefan Wanke^{3,4}、近江戸伸子¹

¹人間発達環境学研究科 人間環境学専攻 博士前期課程、²アーヘン工科大学、³ゼンケンベルグ博物館、⁴ゲーテ大学

アジサイ属(*Hydrangea*)は多くの亜種を含み、日本や中国を原産とする木本性植物である。美しく野山に自生し、園芸植物としても需要が高い。アジサイ属は多様な形態を持ち、それと同様に、異数性(2n=36, 30, 34)や倍数性(4 倍体、6 倍体)などの遺伝的多様性も示している。しかし、アジサイ属に関する包括的な遺伝的多様性の解析研究はこれまで十分に行われてこなかった。

本研究では、染色体数、ゲノムサイズ、原産地の異なる 7 種のアジサイを対象に、染色体解析ならびに、全ゲノム解析を実施し、RepeatExplorer2 を用いたリピートーム解析を行った。その結果により、12 種の反復配列 (TR)を同定し、アジサイ属における遺伝的多様性について考察した。

6 種のアジサイの染色体観察の結果、日本に自生するエゾアジサイ(*Hydrangea yesoensis*)の特定の系統で B 染色体様の染色体断片が存在することが確認された。そこで、リピートーム解析で同定した TR 配列について、葉由来の DNA を用いた定量 PCR(qPCR) 解析を行った。その結果、エゾアジサイ特異的な TR02 量が B 染色体の存在量と関連する可能性が示された。これらの結果から、アジサイ属におけるゲノムならびに TR 配列、B 染色体の存在の多様性との関係性が示唆され、今後のアジサイゲノム進化や育種資源の評価に資する知見が得られた。

実用的な常圧サリチル酸骨格形成反応の開発

山本彩加^{1,2}、山田朱莉^{1,2}、姜法雄¹

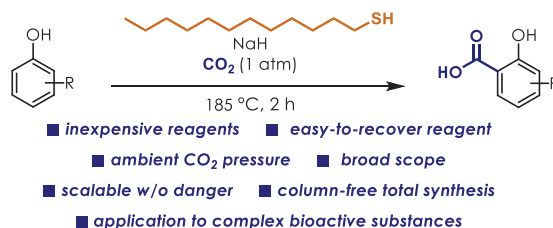
¹農学研究科・生命機能科学専攻、²博士課程前期課程

【背景】2-ヒドロキシ安息香酸いわゆるサリチル酸は有用な合成中間体であるだけでなく、生物活性物質にも広く見られる骨格である。その最も代表的な構築法は、Kolbe-Schmitt 反応^[1]と呼ばれる、アルカリ金属フェノキシドの二酸化炭素によるカルボキシル化である。同手法は実施にかかる試薬コストが低く、スケールアップをした際に問題なく反応が進行するためサリチル酸の工業生産に広く利用されている。しかし、同手法は高圧条件を要するので反応容器の破損・爆発を避けるために、特殊耐圧容器の導入・運用・維持コストを要する。他方我々は、本系に長鎖チオールを添加することにより、加圧せずとも高収率でサリチル酸類が得られることを前回の本研究会^[2]において報告している。しかしながら本法の基質適用範囲は必ずしも広いとは言えず、適用可能な基質に一部制限があることが問題であった。

【結果】種々検討の結果、これまで目的物が得られないか、低収率にとどまっていた基質においても本法を適用することができた。また、いくつかの複雑な構造の生物活性物質へも本法が適用可能であることが判った。

【参考文献】

- [1] Lindsey, A. S.; Jeskey, H. The Kolbe-Schmitt Reaction. *Chem. Rev.*, **1957**, 57, 583–620.
 [2] 山本彩加, 山田朱莉, 姜法雄, 若手フロンティア研究会 2024, 2024 年 12 月 24 日; B15.
 [3] PCT/JP2025/035635, 芳香族 β -ヒドロキシ酸の製造方法, 姜法雄, 山田朱莉, 山本彩加, 2025 年 10 月 8 日 国際特許出願



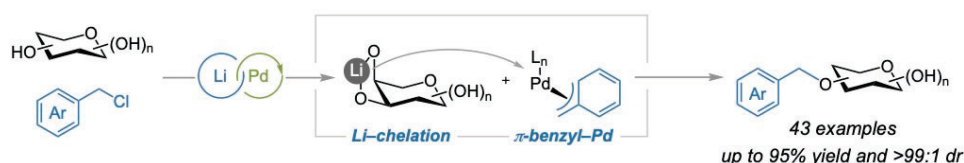
リチウムキレート中間体を利用した糖の位置選択的辻-Trost 型ベンジル化反応の開発

井下舜介^{1,2}、Vy M. Dong³、姜法雄¹

¹農学研究科・生命機能科学専攻、²博士前期課程、³カルフォルニア大アーバイン校

アルキル化糖は、有用な合成中間体であるだけでなく、無数の天然物に見られる構造であるため、その化学合成は盛んに行われてきた。しかしながらその合成は、多段階の化学変換を経るためしばしば莫大なコストを要する。これは糖骨格中に複数ある水酸基の内、特定の位置で選択的にアルキル化する手法の不足に起因している。我々は本系において「糖・Li キレート」および「ベンジル・Pd」中間体を介した新たな戦略に基づく糖の位置選択的アルキル化反応を開発した。

糖誘導体と各種ベンジルクロリドを基質とし、LiOH·H₂O を塩基、酢酸パラジウム-ジシクロヘキシルホスフィノブタン (Pd(OAc)₂/dcypb) を触媒として、1,4-ジオキサン溶媒中 80 °C で反応を行った。その結果、対応するモノベンジル化体が最大 95%収率、完全な位置選択性で得られることを見出した。



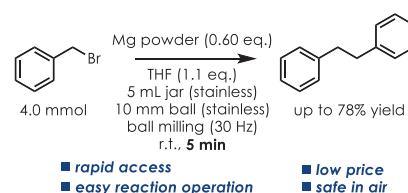
マグネシウムの機械的微細化によるビベンジル合成

近田侑奈^{1,2}、佐藤哲也³、姜法雄¹

¹農学研究科・生命機能科学専攻、²博士課程前期課程、³大阪公立大学大学院理学研究科

【背景・目的】ビベンジルは生物活性分子や有機材料などの有用物質に含まれる重要な骨格である。当研究室では、Na 微粒子を鉱物油中に分散させた Na 分散体を用いたハロゲン化ベンジルの還元的二量化により、多様なビベンジル類を効率的に合成できる手法を開発した [Kang, B.; Imamura, T.; Satoh, T. *Tetrahedron Green Chem.* **2024**, *4*, 100052]。本反応は地球上に豊富に存在する Na を用いるだけでなく、室温にて短時間で進行するという利点がある。しかし Na 分散体には比較的高価であるだけでなく、遅いながらも空気中の水分と反応するとともに、経時的な粒子径の増大による活性の低下という問題がある。そこで本研究では、こうした問題のない代替法として空気中でより安全で安価な Mg のボールミルによる機械的微細化に基づく新合成法の開発を目的とした。

【結果・予定】種々検討の結果、1 当量のベンジブロミドに対し 0.60 当量の Mg 粉末、1.1 当量の THF 溶媒を用い、室温中ボールミルで振とうする条件でビベンジルの最大 78% 収率で合成できることを見出した。本反応はわずか 5 分で完結する合成法である。現在は収率向上を図るとともに、基質適用範囲の拡大を行っている。



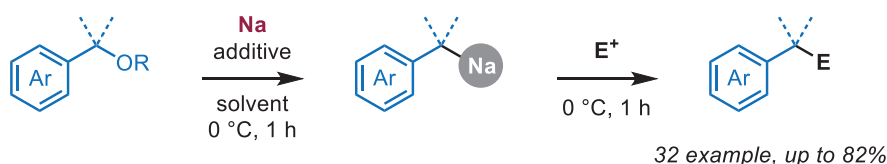
ベンジル位炭素-酸素結合の還元的開裂を介した

ベンジルナトリウム種の合成

若林桃子^{1,2}、姜法雄¹、佐藤哲也³

¹農学研究科 生命機能科学専攻、²博士課程前期課程、³大阪公立大学大学院理学研究科

ベンジル金属種の代表的合成法は、ベンジルハライドの還元的開裂を経る炭素-ハロゲン結合の切断、およびアルキルアレーンにおけるベンジル位の脱プロトン化である。相補的手法としてベンジルアルキルエーテルの炭素-酸素結合の還元的開裂を経るものは魅力的であるものの、その実用的手法は十分に開発されていない。我々は、ナトリウムを用いてベンジルアルキルエーテルの炭素-酸素結合の還元的開裂を行うことで、ベンジルナトリウム種が効率良く生成する条件を見出すとともに、続く様々な求電子剤との反応を検討した。この一連の反応を、*p*-イソプロピルベンジルメチルエーテルをモデル基質としてテトラヒドロフラン中で行った場合、付加体の収率は中程度に留まった。溶媒と添加剤の検討を行ったところ収率は著しく向上した。詳細は、ポスターにて基質適用範囲および求電子剤適用範囲と併せて報告する。



神経膠芽腫に対する新規治療薬開発の試み

北山翔太¹、上山健彦¹

¹ バイオシグナル総合研究センター・分子薬理研究分野

【背景・目的】我々は、Rho-family 低分子量 G 蛋白に属する RAC の研究過程で、RAC により転写制御される新規下流シグナル分子として GSPT1 (G1 to S phase transition 1) を同定した。更に、マウスモデルを用いて、GSPT1 の発現低下による脳損傷後のグリオーシス抑制及び脳腫瘍移植後の成長抑制と宿主の生存期間延長を報告した。GSPT1 は細胞周期促進のみならず、蛋白翻訳終結に重要な分子でもある（別名 eukaryotic releasing factor 3a: eRF3a）。本研究では、神経膠芽腫の新規治療法開発に向けて、RAC-GSPT1 シグナル軸の下流分子の同定とそれらの治療標的としての可能性を検討した。

【方法】神経膠芽腫 U87 細胞株、GSPT1-knockout (KO) U87 細胞株、GSPT1-KO 細胞に GSPT1 をレスキューした U87 細胞株を用いた DNA マイクロアレイと免疫ブロットにより、GSPT1 の下流分子を探索した。候補下流分子の検証は GSPT1 分解促進剤である CC-885 投与、候補下流分子の機能は増殖能及びアポトーシス能（cleaved PARP1 を指標）により調べた。

【結果】GSPT1 の下流分子として Metallothionein 2A (MT2A), IL13Rα2, HMGA1 を同定した。GSPT1-KO 細胞株に比べ MT2A をレスキューした細胞株は、細胞増殖とアポトーシス能が有意に低下した。

【考察・展望】RAC-GSPT1 シグナル軸の下流分子は、神経膠芽腫治療薬開発の新規治療標的として有望と考えられた。今後、本研究で同定した候補標的分子について、神経膠芽腫のみならず腫瘍における機能の解明と神経膠芽腫の発生・増殖・浸潤に及ぼす影響を明らかにして行く予定である。

乳製品加工機器洗浄プロセスにおける汚れ脱離挙動のモデリングと CO₂排出削減

川上舞子¹、吉田弦²、井原一高²、Israa Mohamed^{2,3}、Mohamed Farghali^{2,3}、John Schueller⁴、山口ひとみ⁴

¹ 農学研究科 博士前期課程 食料共生システム学専攻、² 神戸大院・農、³ Assuit Univ., ⁴ Univ. of Florida

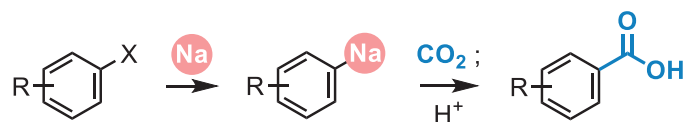
乳製品製造過程ではステンレスパイプが広く用いられている。しかし、内部表面に牛乳汚れが残留しやすく、品質低下や食中毒を招く恐れがあるため、頻繁な洗浄が必要である。頻繁な洗浄は洗浄剤やエネルギーコスト増大に加え排水が発生し、経済的な負担が大きい。洗浄プロセスの最適化のためには、これには汚れの脱離とエネルギー削減の両立が必要である。本研究では、洗浄性向上のために、表面を磁気研磨によって超平滑化させたステンレスパイプを用いて、洗浄性の評価と CO₂ 排出削減について検討を行った。とくに、汚れ脱離動態の数値モデルについて検討し、モデルを用いた脱離現象の解析を行った。

アリールナトリウム種のカルボキシル化による

安息香酸類の合成

藤澤ゆい^{1,2}、佐藤哲也³、姜法雄¹¹農学研究科・生命機能化学専攻、²博士課程前期課程、³大阪公立大学大学院理学研究科

安息香酸類は有用な合成中間体であるだけでなく、多くの有用物質に広く見られる部分構造であるため、その合成法はこれまでに数多く報告されている。代表的合成法として、アリール金属種を二酸化炭素でカルボキシル化する手法が挙げられるが、一般的に用いられるアリールリチウムやアリールマグネシウムでは調製に冷却や加温を要するなど、スケールアップを妨げうる問題がある。一方、室温付近で簡便に調製可能なアリールナトリウム種を利用する手法^aは、有用な代替法として挙げられるが、その知見は極めて乏しい^b。本研究では、ハロゲン化アリールとナトリウム分散体^cからアリールナトリウム種を生成し、これを二酸化炭素と反応させることで、安息香酸類が良好な収率で生じる条件を見出した。詳細は基質適応範囲および適応限界と合わせて、ポスターにて報告する。



a) *Ind. Eng. Chem.* **1953**, 45, 404. b) *Angew. Chem. Int. Ed.* **2023**, 62, e202304720. c) *Synthesis* **2021**, 53, 3180.

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ください。

無記名ですので遠慮なくご記入ください。

http://www.csrea.kobe-u.ac.jp/frontier/fr_q/fr_q.html



若手フロンティア研究会 2025 概要集

発行日：令和 7 年 12 月 25 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