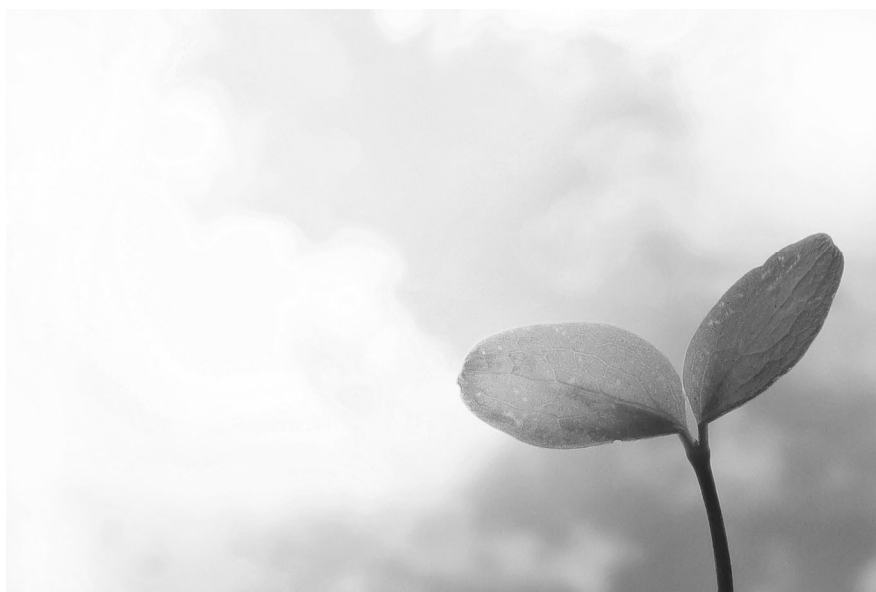


神戸大学研究基盤センター

若手フロンティア研究会 2021

概要集



開催日：2021年12月24日（金）

場 所：神戸大学百年記念館

参加者及び来場者の皆様へ

若手フロンティア研究会2021の【感染予防対策】について、各自ご一読いただきますようお願いいたします。

重要なお知らせ

2021.12.7 更新

参加者及び来場者の皆様へ 【若手フロンティア研究会の感染予防対策】

今年度の若手フロンティアは、コロナウイルス感染拡大防止を配慮し、十分な感染防止措置を講じた上で実施します。講演者並びに来場者は下記項目を順守してください。

- 当日朝に検温をし、体調不良の場合、参加を見合わせてください
- 入場する際は、必ず不織布マスクを着用ください（ウレタン、布等不可）
- 入場した際、体温計測、手指の消毒後、受付に掲示されているQRコードをスマホで読み込み、WEBで氏名・入場時間等を記入してください
- 場内は出来るだけ順路に沿ってご覧ください
- お帰りの際は、受付場所に掲示・または配布した概要集1Pに掲載されているQRコードをスマホで読み込み、WEBで氏名・退場時間等を記入してください
- 会場は10-15分間隔で全換気を行いますので、各自防寒に適した服装・カイロをご持参いただきご来場ください
- 飲み物は蓋の開閉が可能な物のみ許可されます（会場西側の生協に自動販売機がございます）

神戸大学 研究基盤センター
研究設備サポート推進室

入館・退館について

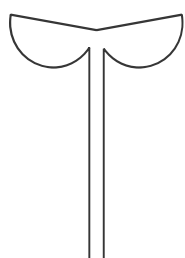
来場者の方は全員こちらのQRコードよりWEBにて入館・退館記録をしてください。お手順をお掛けいたしますが、ご協力をお願いいたします。



紙での入館・退館カードも準備しております。ご利用の方は受付までお声掛けください。

若手フロンティア研究会 2021

12月24日（金）神戸大学百年記念館 2F/3Fホワイエ



12：30 受付開始

13：00 開会の号令

研究設備サポート推進室コーディネータ

研究基盤副センター長

鰐木基成

藤秀樹

13：05 ポスターセッション（奇数番号発表）

14：05 ポスターセッション（偶数番号発表）

15：05 表彰式の会場に移動案内（百年記念館大階段）

15：10 アンケート回答（皆さまのご協力をお願いします）

15：30 表彰式（百年記念館大階段）

（時間を繰り上げる
場合がございます）

閉会のご挨拶

研究基盤センター長

杉本幸裕

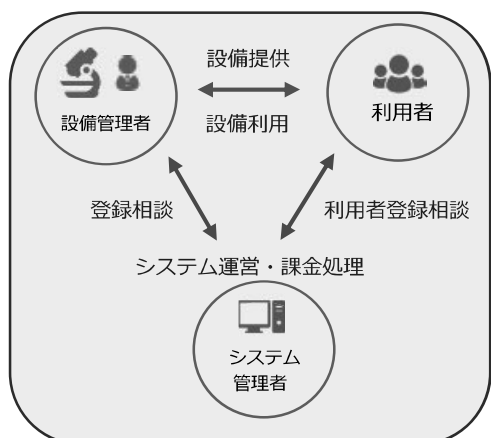
16：00 受賞者写真撮影

ポスター撤去



主催：神戸大学 研究基盤センター

学内の研究設備を予約利用できることをご存知ですか？

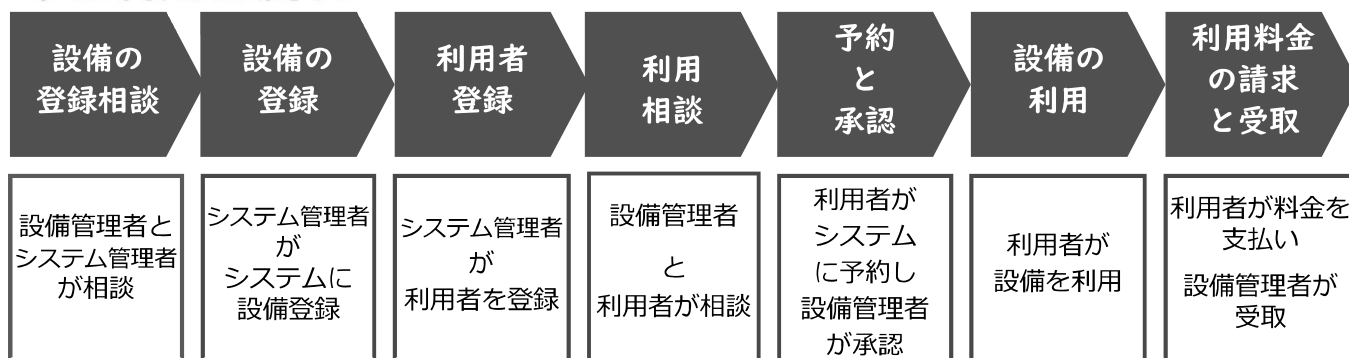


研究設備共同利用予約システムが運用中です！

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。

発表プログラム

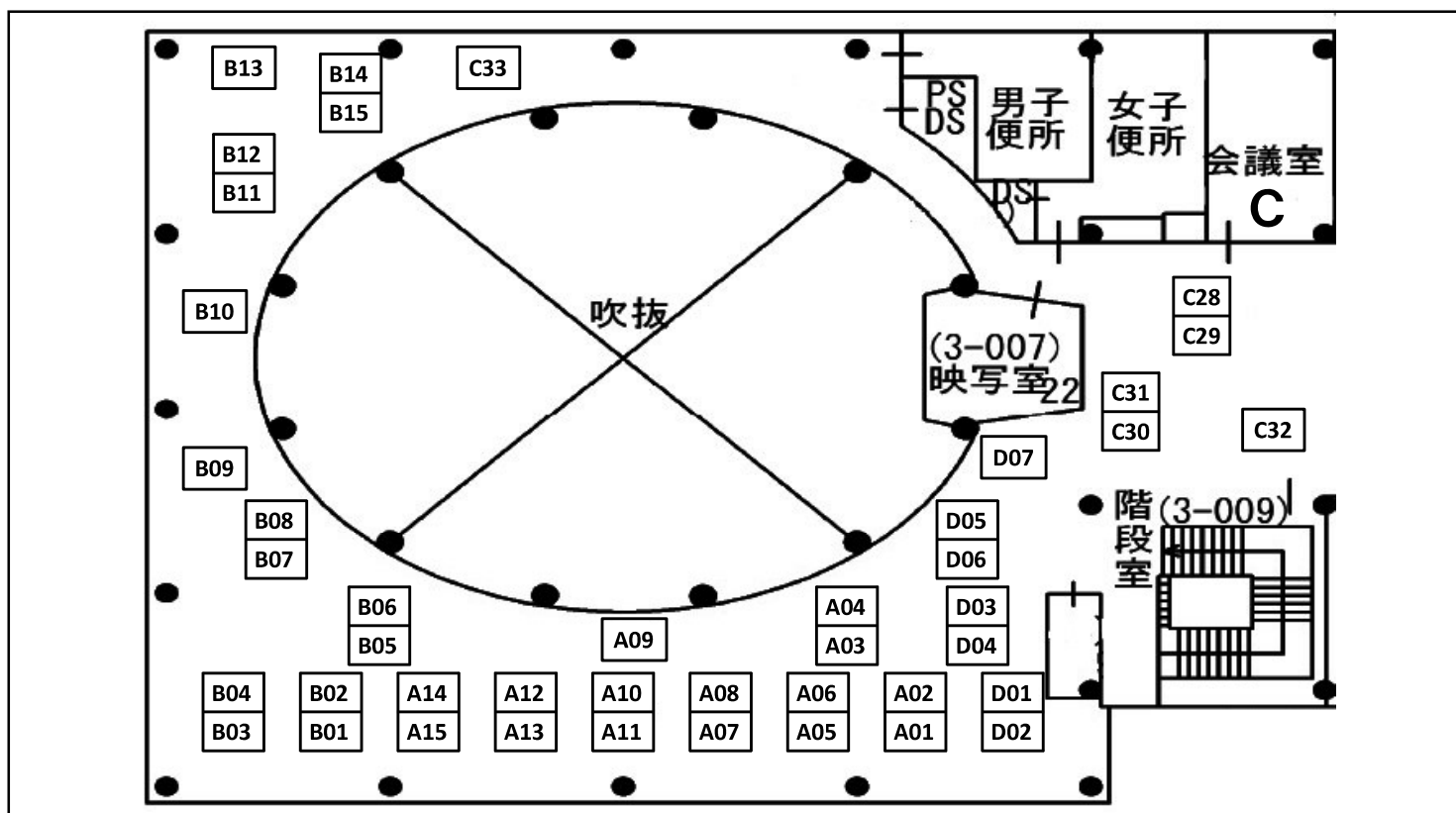
ポスター 番号	発表者氏名 Presenter name	発表者所属 Affiliation	発表タイトル Title of summary	ページ 番号
A01	中川 桂太郎	生物学専攻 biology	老化細胞の生存を維持するシグナル伝達経路の探索	7P
A02	大角 泰一	生物学専攻 biology	ビタミンB2による細胞老化抑制メカニズムの解析	7P
A03	村井 梨那	生物学専攻 biology	自発老化メラノーマ細胞の形成機構と関連遺伝子の解析	8P
A04	池垣 幸宏	生物学専攻 biology	老化細胞由来小胞によるDNA損傷誘導機構の解析	8P
A05	森澤 研允	生物学専攻 biology	老化関連因子LY6Dによる空胞形成機構の解析	9P
A06	赤松 優希	生物学専攻 biology	転移性メラノーマ特異的な増殖抑制機構の解明	9P
A07	市原 祐希	生物学専攻 biology	メラノーマ細胞における亜鉛イオンの機能解析	10P
A08	佐藤 聡太郎	海事科学専攻 Maritime Sciences	バイオコンジュゲーション技術を用いた新しい縮毛矯正技術	10P
A09	松岡 宏樹	生命機能科学専攻 Agrobioscience	タルホコムギと二粒系コムギの間の生殖隔離機構の解明	11P
A10	佐藤 菜々子	資源生命科学専攻 Bioresource Science	アガベRubisco activase高発現によるイネの高温耐性の改良	11P
A11	清水 菜々	生命機能科学専攻 Agrobioscience	植物のGタンパク質共役型2-hexenal受容体の解析	12P
A12	吉本 愛香	資源生命科学専攻 Bioresource Science	レタスDREB/CBFのパラログおよびレギュロンの解析	12P
A13	杭田 芙子	生命機能科学専攻 Agrobioscience	両親媒性ペプチドから成るナノディスクを用いたロドプシンのパターン化 モデル生体膜への再構成	13P
A14	森下 理奈子	資源生命科学専攻 Bioresource Science	ラット回腸粘膜内神経ネットワークの生後変化に関する免疫組織化学的研究	13P
A15	佐藤 正康	生物学専攻 biology	DNAポリメラーゼの活性を阻害する低分子化合物の解析	14P
B01	瀬口 史歩	応用化学専攻 Applied Chemistry	ステレオコンプレックス形成可能なアミノ酸配列の検討	14P
B02	清水 なつみ	応用化学専攻 Applied Chemistry	チロシン含有ペプチド脂質によるガン細胞の選択的殺傷	15P
B03	槌井 貴嶺	応用化学専攻 Applied Chemistry	繰り返し利用可能な機能性プラスチック表面の作製	15P
B04	金光 彩雪	応用化学専攻 Applied Chemistry	阻害対象ペプチドの分子構造を模倣した阻害剤設計	16P
B05	柚 佳祐	化学専攻 chemistry	インスリンの由来種に依存したアミロイド核形成に先立つ初期凝集 メカニズム	16P
B06	國尾 祐貴	化学専攻 chemistry	α B-クリスタリンのアミロイド線維形成阻害機構	17P
B07	根来 英利	電気電子工学専攻 electrical and electronic engineering	シリコンナノ粒子アレイからなる指向性ナノアンテナ	17P
B08	益井 歩未	化学専攻 chemistry	タウのオリゴマー形成に対する酸化還元状態の影響	18P
B09	仲 絢香	化学専攻 chemistry	二重スピンラベルESR分光法によるABCトランスポーターの ATP結合状態の観察	18P
B10	伏井 実穂子	資源生命科学専攻 Bioresource Science	ウシ顆粒膜細胞によるTranszonal Projectionの形成	19P
B11	姚 智超	応用化学専攻 Applied Chemistry	シリカゲル-有機化合物複合材料の表面積	19P

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
B12	長谷川 裕菜	応用化学専攻 Applied Chemistry	Ca置換によるP'3型Na _x CoO ₂ の不可逆相転移抑制	20P
B13	木下 裕貴	応用化学専攻 Applied Chemistry	生体親和性分子の化学構造と中間水との相関性に関する研究	20P
B14	田代 愛佳	化学専攻 chemistry	Gaドーブ縮退ZnOの光学特性	21P
B15	金崎 奎	物理学専攻 physical science	XENONnT実験における中性子反同時計測のためのガドリニウム水溶液の透過率測定	21P
C01	加藤 栞	資源生命科学専攻 Bioresource Science	マウス胎子における中腎内へのAMHの移行経路の検討	22P
C02	吉江 大成	人間環境学専攻 Department of Human Environment Science	低波数領域の振動分光法を用いたポリヒドロキシ酪酸/ポリ乳酸ブレンドの相分離挙動の可視化	22P
C03	反橋 勇貴	化学専攻 chemistry	ユーグレナ藻Euglena gracilis strain Zの培養光質応答	23P
C04	山本 大将	人間環境学専攻 Department of Human Environment Science	温度変化ラマンスペクトルによる共重合体ポリマーの分子間相互作用に関する研究	23P
C05	伊藤 光平	人間環境学専攻 Department of Human Environment Science	テラヘルツ及び低波数ラマン分光法によるポリブチレンサクシネートの分子間水素結合に関する研究	24P
C06	小路 悠斗	物理学専攻 physical science	連続波長可変テラヘルツ光源を用いた高分解能周波数領域電子スピン共鳴法の開発	24P
C07	長澤 直生	物理学専攻 physical science	熱検出型高圧下ESR測定手法の開発	25P
C08	永瀬 裕也	物理学専攻 physical science	空間反転対称性の無い超伝導体CaPtAsにおけるスピンスingレット・トリプレット混成超伝導の検証	25P
C09	角谷 凌	化学専攻 chemistry	光でゲル化剤を放出する金属錯体含有イオン液体	26P
C10	山本 夢弓	化学専攻 chemistry	ゲル化能を有する人工設計ペプチドの構造及びレオロジー解析	26P
C11	瀬川 智明	人間環境学専攻 Department of Human Environment Science	低波数領域を含むラマン分光法を用いたカラギーナンの分子間相互作用に関する研究	27P
C12	喜多 将之	物理学専攻 physical science	マグネタイトにおける磁気カー回転の測定	27P
C13	寺町 七海	化学専攻 chemistry	超伝導-強磁性複合体中での自発渦糸相の実験的観察	28P
C14	川畑 将馬	物理学専攻 physical science	反強磁性体Cr ₂ O ₃ における電場誘起磁化とドメインスイッチのダイナミクス	28P
C15	三谷 恵里加	人間環境学専攻 Department of Human Environment Science	振動分光法を用いたPVA/PMMAブレンドの分子内・分子間相互作用に関する研究	29P
C16	本多 紘	化学専攻 chemistry	ヒスチジン含有設計ペプチドの亜鉛依存的な構造形成	29P
C17	薦田 拓也	物理学専攻 physical science	超伝導物質を熱スイッチに用いた断熱消磁冷凍機の試作	30P
C18	竹之下 逸樹	生命機能科学専攻 Agrobioscience	B細胞におけるDGKの機能解析	30P
C19	林 英利	物理学専攻 physical science	直方晶希土類化合物CeAuZnの試料作製及び低温物性	31P
C20	橋本 碧維	化学専攻 chemistry	超伝導/半導体ナノ複合材料の合成と超伝導特性	31P
C21	小倉 実夏	化学専攻 chemistry	レアメタルと結合する環状ペプチドの設計及び構造解析	32P
C22	大西 昂	物理学専攻 physical science	六方晶フラストレーション化合物CeMgInの低温物性	32P
C23	杉町 純音	生命機能科学専攻 Agrobioscience	パターン化モデル膜とナノ空間を用いたドーパミン受容体の再構成と機能解析	33P

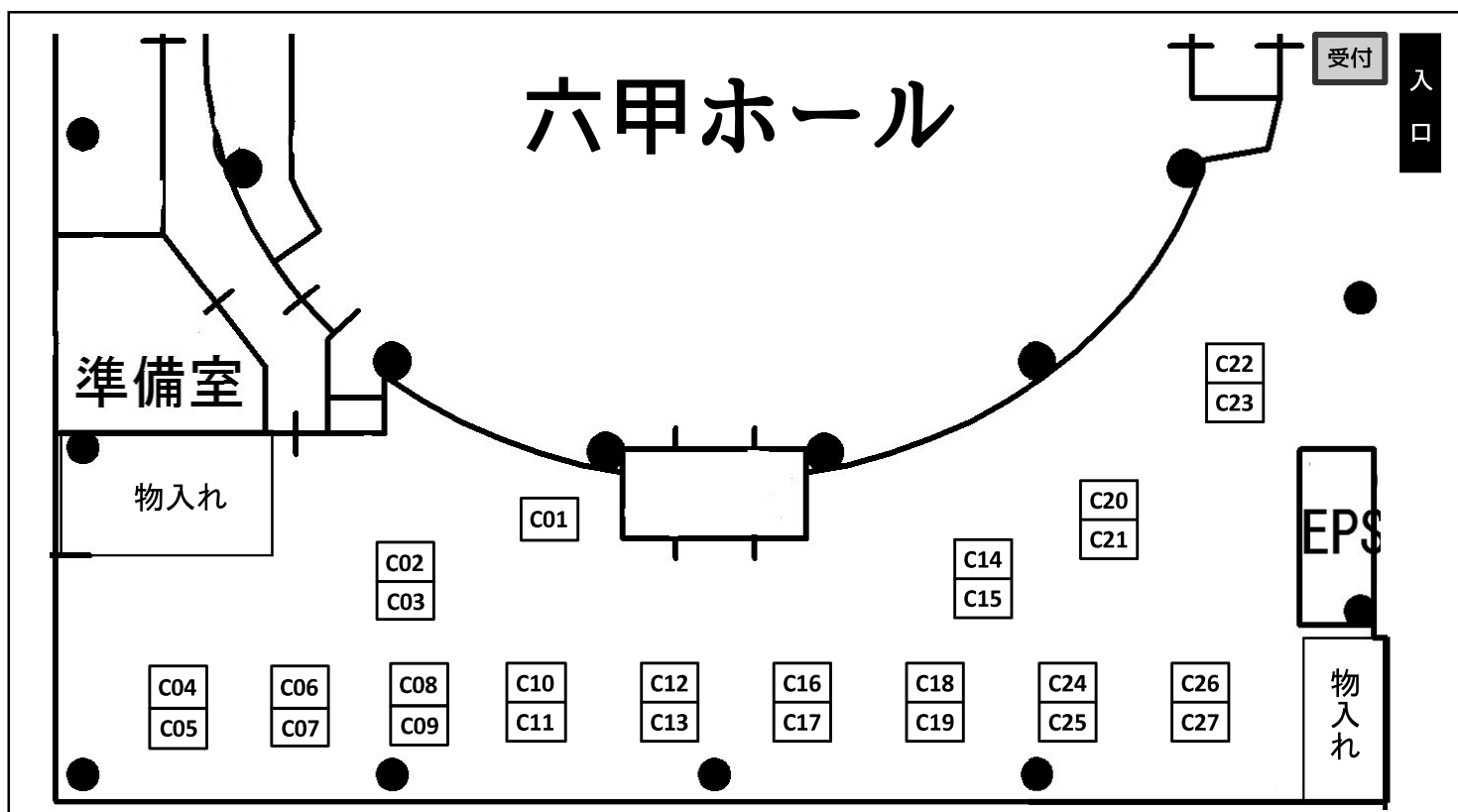
ポスター 番号	発表者氏名 Presenter name	発表者所属 Affiliation	発表タイトル Title of summary	ページ 番号
C24	中村 優介	物理学専攻 physical science	六方晶化合物RAgMg(R = La, Ce, Pr, Sm)の低温物性	33P
C25	藤井 悠生	化学専攻 chemistry	二次元赤外分光法による水溶液中における振動数揺らぎの温度依存性	34P
C26	高本 和也	化学専攻 chemistry	時間分解分光法及び量子化学計算による9-アリールカルバジールの分子内電荷移動反応	34P
C27	清水 陽	化学専攻 chemistry	trans-スチルベン S ₁ ←S ₀ 遷移の高分解能レーザー分光	35P
C28	木村 仁美	化学専攻 chemistry	エステル分解能を有するペプチドの人工設計	35P
C29	虫明 侑一郎	物理学専攻 physical science	YIGにおける光励起キャリアの拡散ダイナミクス	36P
C30	長友 敬晃	化学専攻 chemistry	有機太陽電池界面の電荷移動と電荷解離	36P
C31	松田 梢	資源生命科学専攻 Bioresource Science	流行性出血病ウイルスのリアソートメントパターンとウイルス生存に関する研究	37P
C32	楠 祐佳	生命機能科学専攻 Agrobioscience	パターン化モデル膜へのチラコイド膜再構成	37P
C33	井岡 光	化学専攻 chemistry	温度応答性高分子の水和ダイナミクス	38P
D01	多鹿 祐輔	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からのエネルギー回収におけるカスプ磁場導入の効果	38P
D02	新田 勇輝	海事科学専攻 Maritime Sciences	その場イオンビームグラフト重合した試料のRBS分析	39P
D03	藤原 理帆	海事科学専攻 Maritime Sciences	高エネルギーガンマ線カメラ開発のためのコリメータ基礎実験	39P
D04	原田 史哉	海事科学専攻 Maritime Sciences	イオンビームグラフト重合法におけるモノマー導入法の改良	40P
D05	平野 晃大	海事科学専攻 Maritime Sciences	Li ₂ ZrO ₃ 粉末を用いたCO ₂ 吸収現象に関する基礎研究	40P
D06	壺井 裕気	海事科学専攻 Maritime Sciences	低・中・高密度Li ₂ TiO ₃ 試料のCO ₂ 吸収特性	41P
D07	富浪 洸亮	海事科学専攻 Maritime Sciences	NRBSを用いた核融合炉ブランケット材料の基礎研究	41P

ポスター配置図

百年記念館 3F ホワイエ



百年記念館 2F ホワイエ



- ・ 会議室 C(3F) は発表者控室ですので随時ご利用ください。
- ・ ※飲食は禁止です。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いたします。
- ・ 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。



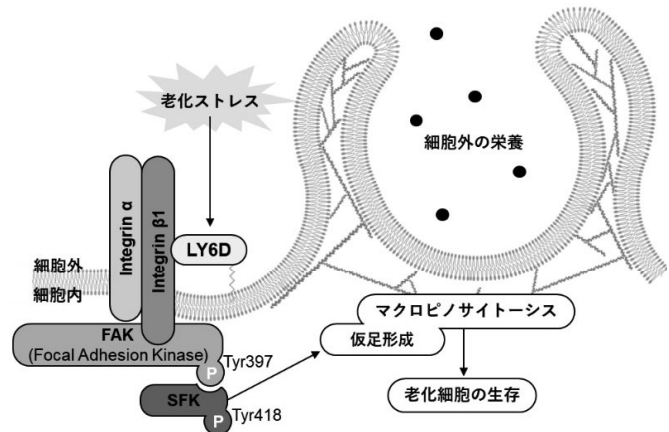
A01

老化細胞の生存を維持するシグナル伝達経路の探索

中川桂太郎¹、長野太輝²、岩崎哲史^{1,2}、鎌田真司^{1,2}

理学研究科 博士前期課程 生物学専攻¹、バイオシグナル総合研究センター²

加齢や紫外線、酸化ストレス等に起因してヒトの生体内に蓄積する老化細胞は、がんや慢性炎症をはじめとする加齢性疾患の発症を引き起こす。Lymphocyte Antigen 6 Complex, Locus D (LY6D) は老化細胞の細胞膜外葉に存在するタンパク質であり、細胞外の栄養を取り込む機構であるマクロピノサイトーシスを誘導して老化細胞の生存維持を担うことが分かっている。その一方で、細胞外に存在する LY6D がマクロピノサイトーシスを誘導するシグナルを細胞膜を超えて伝達する分子機序は不明である。そこで本研究では、LY6D がマクロピノサイトーシスを誘導する際にはたらくシグナル伝達因子を明らかにするため、LC-MS/MS を用いて細胞膜上で LY6D と分子間相互作用するタンパク質を網羅的に探索した。その結果 25 のタンパク質が相互作用因子の候補として同定され、このうち膜貫通型タンパク質である Integrin $\beta 1$ がマクロピノサイトーシスシグナルを細胞内に伝達する責任因子であることが明らかとなった。



A02

ビタミン B₂ による細胞老化抑制メカニズムの解析

大角泰一¹、長野太輝²、岩崎哲史^{1,2}、鎌田真司^{1,2}

¹ 理学研究科 博士前期課程 生物学専攻、² バイオシグナル総合研究センター

細胞老化とは、不可逆的に細胞分裂が停止する現象を指し、加齢や DNA 損傷などのストレスによって引き起こされる。体内で老化細胞が蓄積すると様々な老化関連疾患の発症の原因となるため、細胞老化の分子メカニズムを解明することは治療法の開発において重要な課題である。我々は老化誘導ストレスに応答して発現上昇する遺伝子として、ビタミン B₂ のトランスポーターである SLC52A1 を同定した。さらに、この遺伝子が細胞老化を抑制的に制御すること、また、ビタミン B₂ から変換される補酵素 FAD の細胞内量を増加させることから、FAD を補酵素とする酵素が細胞老化抑制機構に関与していると考えリジン特異的脱メチル化酵素 LSD1 に着目した解析を行った。LSD1 は FAD 依存的にヒストン H3 を脱メチル化し、標的遺伝子の発現を制御する酵素である。LSD1 の活性化により細胞老化が抑制され、尚且つその老化抑制能が SLC52A1 の発現上昇に伴って増加したことから、SLC52A1 の細胞老化抑制機構に LSD1 が関与していることが見出された。また、LSD1 の標的遺伝子であり活性酸素の産生により細胞老化を促進させる Sirtuin4 の発現量も SLC52A1 のノックダウンや LSD1 の活性阻害により増加したことから、LSD1 による Sirtuin4 の発現抑制が SLC52A1 による老化抑制機構に寄与している可能性が明らかとなった(図 1)。

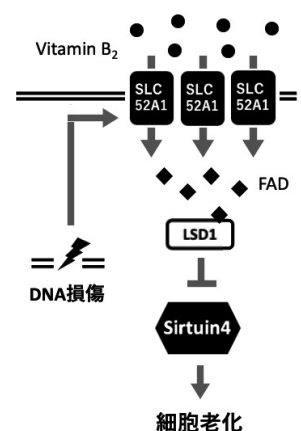


図1 ビタミンB₂による細胞老化抑制機構

A03

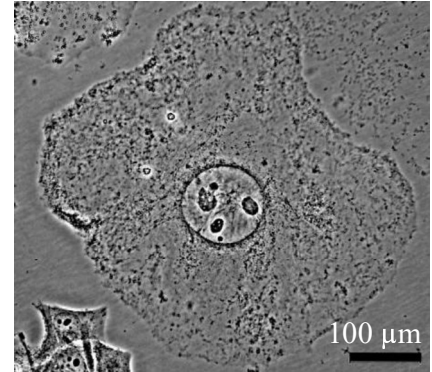
自発老化メラノーマ細胞の形成機構と関連遺伝子の解析

村井 梨那¹, 板井 彩乃¹, 赤松 優希¹, 市原 祐希¹, 長野 太輝², 吉原 静恵³,
徳本 勇人³, 岩崎 哲史^{1, 2}, 鎌田 真司^{1, 2}

¹神戸大・院理・生物・博士前期課程, ²神戸大・バイオ, ³阪府大・院理・生物科学

悪性黒色腫メラノーマは転移能・浸潤能が高く、放射線治療や薬剤への耐性を容易に獲得することから予後の悪いがんとして知られている。メラノーマをはじめとする腫瘍組織中には老化細胞が出現することが知られており、一部の腫瘍では、老化細胞ががんの悪性化や浸潤転移の亢進に働くことが示唆されているが、十分には解明されていない。

当研究室ではこれまでにメラノーマ細胞株 WM115 細胞と WM164 細胞の培養中に大型の細胞、Large cell (右図)が出現すること、この細胞は老化細胞様の特徴を示すことを明らかにした。そこで、FACS を用いて Large cell を分取し、細胞内のタンパク質活性や遺伝子発現の変化を解析した。その結果、Large cell の出現には、細胞増殖に重要なリン酸化酵素の活性が関わっており、分泌因子を介して周辺細胞の遊走や情報伝達機構に影響を与えている可能性が示された。このことから、Large cell は腫瘍組織中に生じる老化細胞のモデル系であり、解析を進めることで老化と腫瘍の関係解明に繋がることが期待される。



A04

老化細胞由来小胞による DNA 損傷誘導機構の解析

池垣幸宏¹、長野太輝²、岩崎哲史^{1,2}、鎌田真司^{1,2}

¹理学研究科 生物学専攻 博士前期課程、²バイオシグナル総合研究センター

細胞は DNA 損傷などのストレスにより、細胞分裂が不可逆的に停止する「細胞老化」に陥る。当研究室では細胞老化時に特異的に発現する遺伝子として EPN3 を同定し、EPN3 がエキソソームと呼ばれる小胞を分泌することで周囲の細胞に DNA 損傷を誘導することを見出しているが、その詳細な機構は不明である。エキソ

ソームには DNA や RNA, タンパク質が含まれ、それが周囲の細胞に伝達されることで細胞機能に影響を与えることが知られている。そこで本研究ではエキソソームが周囲の細胞に DNA 損傷を与える原因分子を解明するため、DNA 及び RNA, タンパク質の分解酵素をエキソソームに処理することで DNA 損傷誘導能が抑制されるかを調べた。その結果、DNA 分解酵素によりエキソソームの DNA 損傷誘導能が低下したことから、エキソソームに含まれる DNA が周囲の細胞への DNA 損傷誘導に関与している可能性が示された。また、エキソソームが DNA 損傷を誘導する機構について、DNA 損傷の主な原因の一つである活性酸素種に注目し、これを除去する薬剤を処理した結果、DNA 損傷が抑制された。以上より、老化細胞で発現上昇する EPN3 はエキソソームによる活性酸素種の産生を介して周辺細胞での DNA 損傷を誘導する可能性が明らかとなった。

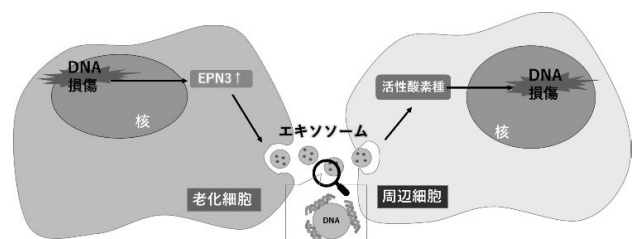


図 1. 本研究の概要

老化関連因子 LY6D による空胞形成機構の解析

森澤研允¹、長野太輝²、岩崎哲史^{1,2}、鎌田真司^{1,2}

¹神戸大 院理 生物 博士前期課程, ²神戸大 バイオ

細胞老化は紫外線や活性酸素種、テロメアの短縮などによって引き起こされる不可逆的な細胞周期の停止として定義される現象である。当研究室の先行研究により *Lymphocyte antigen 6 complex D*(以下 LY6D)が老化細胞で発現上昇し、細胞膜上で多量体を形成することで老化細胞の特徴である空胞形成を誘導することを見出している(図1)。LY6D は GPI アンカーという糖脂質で細胞膜の外側に係留されるタンパク質であるが、LY6D が空胞を誘導する詳細な機構は未解明である。そこで本研究では LY6D の主要な機能ドメインである LU ドメイン及び GPI アンカーが空胞形成に寄与するか否か解析を行った。まず、LU ドメインを共通にもつ LY6 ファミリーを 6 種類細胞に発現させた結果、空胞形成能を持つ遺伝子と持たない遺伝子の分類に成功した。この 2 群で LU ドメインの配列を比較したところ、LU ドメインの立体構造に重要なシステイン残基が空胞形成に必要であることが示唆された。次に GPI アンカー付加箇所の変異により、細胞膜に係留されず細胞外に分泌される LY6D を細胞に発現させた結果、発現細胞自身に加え LY6D が発現していない周囲の細胞にも空胞形成が観察されたことから、分泌型 LY6D は細胞膜上の内在性 LY6D と多量体を作ることで空胞を形成する可能性が考えられた。以上より、LY6D による空胞形成において LU ドメインのシステイン残基が重要であるが GPI アンカーは必要ではない可能性が明らかになった。



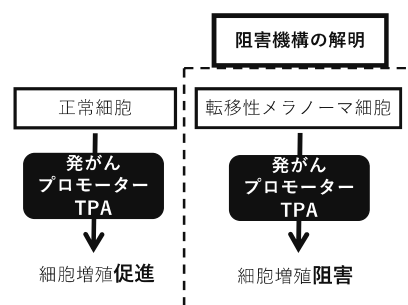
図1:LY6Dによる空胞形成。
矢印は空胞細胞を示す

転移性メラノーマ特異的な増殖抑制機構の解明

赤松優希¹、大西真実¹、村井梨那¹、市原祐希¹、長野太輝²、岡昌宏³、岩崎哲史^{1,2}、鎌田真司^{1,2}

¹神戸大 院理 生物 博士前期課程, ²神戸大 バイオ, ³北播磨総合医療センター

発がんの分子機構は、100 年以上にわたり精力的に研究されているが、いまだ十分に明らかとなっていない。悪性黒色腫メラノーマは薬剤耐性が容易に獲得される予後不良の腫瘍である。細胞増殖を促進する発がんプロモーター 12-*O*-tetradecanoylphorbol-13-acetate(TPA)は、正常細胞の増殖を促進するが、転移性メラノーマ細胞の増殖を阻害する。この TPA に対する相反する細胞応答の分子機構の解明は新たな分子標的薬の開発に直結すると考えられる。我々は、この細胞応答性の違いに、転移性メラノーマの増殖を促進する転写因子である STAT3 のリン酸化が関与することを見出し、そのリン酸化を制御するチロシン脱リン酸化酵素(PTP)の同定に成功した。実際にこの PTP を転移性メラノーマ細胞に過剰発現させると、細胞増殖が抑制されること、STAT3 のリン酸化レベルが低下するという結果が得られた。また、酵素活性を持たない変異型 PTP を構築し、これを過剰発現させても、細胞増殖は抑制されず STAT3 のリン酸化レベルは低下しなかった。これらの成果は、チロシン脱リン酸化酵素の活性化を標的とした分子標的薬の開発につながると期待される。



図：本研究の概要

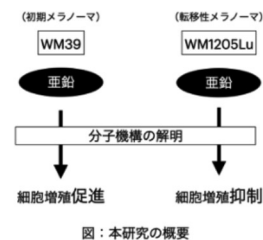
メラノーマ細胞における亜鉛イオンの機能解析

市原 祐希¹、村井 梨那¹、赤松 優希¹、長野 太輝²、岩崎 哲史^{1,2}、鎌田 真司^{1,2}

¹神戸大・院理・生物・博士前期課程、²神戸大 バイオ

亜鉛イオンは生体の必須元素であり、細胞内シグナル伝達や遺伝子転写において重要な働きを担っている。近年、亜鉛イオンが乳がんや前立腺がんの発がんや悪性化を促進することが報告されているが、その分子メカニズムは明らかになっていない。また、悪性黒色腫メラノーマにおいて、リン酸化シグナル伝達の亢進がメラノーマの悪性化と相関することが示されている。亜鉛がメラノーマに及ぼす影響やその分子機構の解明は、新規がん治療法の確立や創薬開発への効果が期待される。

本研究では、メラノーマの亜鉛に対する増殖についての応答を解析した。その結果、亜鉛により初期メラノーマ WM39 では増殖が促進、転移性メラノーマ WM1205Lu では抑制されることが明らかになった。また、亜鉛トランスポーターの発現や細胞内亜鉛量に関する解析より、WM39 ではトランスポーターの発現が高く、恒常的に細胞質内の亜鉛が多いことが示された。一方、WM1205Lu におけるトランスポーターの発現量、細胞質内の亜鉛量は共に低いことが分かった。細胞内リン酸化レベルについての解析では、亜鉛による変化が見られた。以上の結果から、リン酸化シグナル伝達の亢進とメラノーマ細胞悪性化の相関に亜鉛が作用している可能性が考えられる。解析を継続し、亜鉛とメラノーマの関係を明らかにすることで、新たながん治療法の確立が期待される。



バイオコンジュゲーション技術を用いた

新しい縮毛矯正技術

佐藤聡太郎¹、堀田弘樹^{2,3}、辻野義雄³

海事科学研究科博士前期課程海事科学専攻¹ 神戸大院海事²、神戸大院イノベ³

人の毛髪は加齢に伴って、はりやコシの低下、うねりの増加、表面状態の乱れからツヤの低下、などの様々な変化を生じる。そのためこのような加齢変化をケアする技術が望まれている。我々はバイオコンジュゲーション技術を用いた新規な縮毛矯正技術について研究している。バイオコンジュゲーションとは、タンパク質などの生体分子に対して機能性分子を化学結合させ、複合体を形成させる技術である。これまで、システアミンなどのアミン誘導体とカルボン酸誘導体との複合体を毛髪に作用させることによって、高い縮毛矯正効果が得られることを見いだした。本研究ではその化合物の特定と、縮毛矯正効果の化学的分析を行った。



縮毛矯正効果実験結果

矯正前の毛髪（左端）に各複合体を作用させたときの様子。

タルホコムギと二粒系コムギの間の生殖隔離機構の解明

松岡宏樹¹、吉田健太郎²、宅見薫雄³、松岡由浩³

農学研究科 博士前期課程 生命機能科学専攻¹、京都大院・農²、神戸大院・農³

生殖隔離は、雑種形成を阻害し、生物種を別個の存在として維持する働きをもつ。二粒系コムギ品種 Langdon (Ldn) ($2n=2x=28$, AABB) とタルホコムギ (*Aegilops tauschii* Cosson, $2n=2x=14$, DD) を人為的に交雑して合成パンコムギ ($2n=6x=42$, AABBDD) を作出すると、親となる系統の組み合わせによっては接合体で発現する生殖隔離（接合後隔離）により生育不全が起こる。この生育不全は、タルホコムギのもつ有用遺伝子をパンコムギ育種に利用する際の障壁となる。本研究では、「ハイブリッドクロロシス」（雑種葉緑素不全）と「ハイブリッドネクロシス」（雑種壊死）の2つの接合後隔離機構について、タルホコムギがもつ原因遺伝子の絞り込みと機能解析を行った。

ハイブリッドネクロシスに関しては、壊死により二粒系コムギとの雑種が生育不全を起こすタルホコムギ系統の全ゲノム配列を利用し、原因遺伝子が座する染色体領域を推定した。また、その領域に座する遺伝子の機能を予測するとともに、新規に作成した分子マーカーを用いた連鎖解析により原因遺伝子候補の絞り込みを行った。ハイブリッドクロロシスに関しては、現在、合成パンコムギ及び Ldn の葉から作製したプロトプラストに導入し、クロロシス発現の検証を行っている。

アガベ Rubisco activase 高発現による イネの高温耐性の改良

佐藤菜々子、深山浩

農学研究科 博士前期課程 資源生命科学専攻 熱帯有用植物学研究室

Rubisco activase (Rca) は光合成 CO_2 固定の初発反応を触媒する酵素 Rubisco の活性化タンパク質である。Rca は Rubisco に結合した阻害物質（数種の糖リン酸）の解離を促進することにより Rubisco を活性化に導く役割を担う。光合成は高温感受性が高い反応であるが、その中でも Rubisco の活性化は高温ストレスに感受性が高い。よって Rca が高温条件における光合成の主要な律速因子となる可能性が指摘されている。近年 CAM 型光合成を行うアガベ (*Agave tequilana*) の Rca は、非常に高温耐性が高いことが報告された。このアガベ Rca はイネ Rca よりも高い活性でイネ Rubisco を活性化できることも分かっている。本研究は、アガベ Rca 高発現によりイネの高温耐性の改良が可能であるかを明らかにすることを目的とした。Rca には α 型と β 型が存在する。よって、アガベ Rca α とアガベ Rca β の cDNA を Cab プロモーターに連結したコンストラクトをイネ (品種: 日本晴) に導入し高発現形質転換体を作出した。アガベ Rca β 高発現イネでは高温下での Rubisco 活性化能が非形質転換イネ (WT) と比べて向上する傾向が認められた。また、アガベ Rca β 高発現イネでは高温条件下での光合成速度が WT より高く、光化学系 II の損傷度が WT より低い傾向が認められた。これらの結果より、アガベ Rca β の高発現がイネの高温耐性に寄与する可能性が示唆された。

A11

植物の G タンパク質共役型 2-hexenal 受容体の解析

清水菜々、山内靖雄、水谷正治、杉本幸裕

農学研究科 応用生命化学専攻 博士前期課程

植物は自然界で昆虫による食害や病原菌感染による病害、高温や強光、乾燥など多様なストレスにさらされている。これらのストレスにより植物は、葉緑体の膜脂質を基質とした酵素反応を通してみどりの香り（GLV）を生成し、ストレス応答へのプライミング誘導や直接的な抗菌作用のために活用している。GLV の中で唯一、 α 、 β 不飽和カルボニル結合を持つ反応性の高いアルデヒドである 2-hexenal は、植物への揮発投与に際し高濃度では毒性を持つが、低濃度では酸化や高温ストレス応答へのプライミングを強く誘導することが知られている。これは植物が揮発性化合物を受容し、受容シグナル伝達系が働くことを示唆するが、その詳細な機構は未解明である。

本研究ではまずノックアウト系統のシロイヌナズナを利用して受容体候補のスクリーニングを行った。次にこれを組み換えタンパク質として発現し、35S- γ GTP を用いた 2-hexenal 依存性 GDP/GTP 交換反応アッセイに供した。その結果、7 回膜貫通タンパク質が 2-hexenal を受容し、その下流のシグナル伝達に関与することが示唆された。これらの結果は、動物の嗅覚と類似したメカニズムが植物にも存在することを支持するものである。

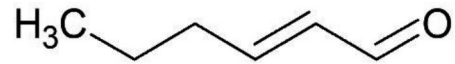


図 1 2-hexenal

A12

レタス *DREB/CBF* のパラログおよびレギュロンの解析

吉本愛香¹、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

温暖化による異常気象に耐えられず、野菜が不作で価格高騰を招くケースが増えている。全米のレタス生産量の 74% を産出するカリフォルニア州では乾燥による被害が深刻であり、乾燥ストレス耐性を高めた系統の作出が望まれている。植物の環境ストレス応答に重要な役割を担っている転写調節因子として *DREB/CBF* が同定されている。著者らの研究グループはレタスの *DREB/CBF* オルソログの 1 つが、ストレス応答に関わる遺伝子群の転写を活性化し、耐性を付与することを解明してきた。しかしながら、この過剰発現体には生育阻害や生理障害のような負の形質も付与されたため、導入するプロモーターとコード領域の適切な組み合わせを検討する必要があると考えられた。そこで本研究では、*LsDREB/CBF* のパラログ、並びにレギュロンのシスエレメントを解析した。機能獲得型 *LsDREB/CBF7* 過剰発現体で最も上方制御された *Dehydrin* 遺伝子を調査し、3 時間の乾燥ストレスで発現が約 17.6 倍上昇すること、プロモーター内の近接した領域に 3 個の *DRE/CRT* が存在することを確認した。次に 14 個の *LsDREB/CBF* パラログについてストレス応答性を調査し、10 個が低温、2 個が乾燥によりそれぞれ誘導されることが明らかとなった。また、*Dehydrin* 遺伝子のプロモーターをレポーターとした *Yeast One hybrid* 法により、結合力が高い *LsDREB/CBF* パラログを選抜した。以上により、*LsDHN12* のストレス誘導性プロモーターと機能獲得型 *LsDREB/CBF7* のコード領域の組み合わせが、非ストレス時の生育が抑制されない実用性品種の育成に適していると考えられた。

A13

両親媒性ペプチドから成るナノディスクを用いた ロドプシンのパターン化モデル生体膜への再構成

杭田美子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 理学研究科, ³ バイオシグナル総合研究センター

固体基板表面に形成された人工生体膜 (Substrate supported planar bilayer: SPB) は、ガラスなどの固体基板表面にリン脂質二分子膜が物理的相互作用もしくは化学結合で固定化されたモデル生体膜である。SPB のようなモデル生体膜は膜タンパク質の物理化学的特性を評価する有用なツールとなりうる。我々のグループではパターン化した SPB 中に膜タンパク質を再構成することでその機能評価を行ってきた。

本研究では膜タンパク質の新しい再構成手法として、両親媒性ペプチドからなるナノディスクを用いた。従来の再構成手法では、再構成されるタンパク質の分子数が少ないという課題があったが、本手法を用いることで膜タンパク質の再構成効率を著しく向上することができた (Figure1)。このようなモデル膜は、膜タンパク質の多量体形成の役割を解明するために大きな寄与を果たすと考えられる。

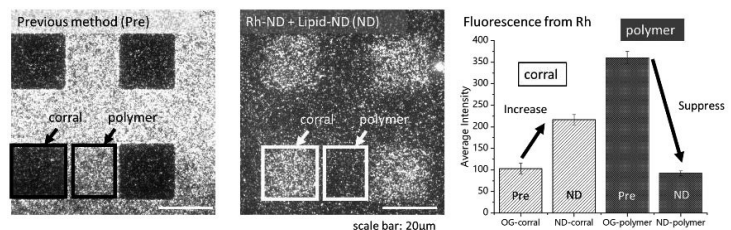


Figure 1

A14

ラット回腸粘膜内神経ネットワークの生後変化に関する 免疫組織化学的研究

森下理奈子¹、万谷洋平²、中西怜稀³、横山俊史²、星信彦²

¹ 農学研究科 博士課程前期課程 資源生命科学専攻, ² 農学研究科, ³ 農学研究科 博士課程後期課程 資源生命科学専攻

当研究室ではラット成獣回腸の粘膜内神経ネットワークの構造と結合組織細胞への接続様式の特徴を明らかにしてきたが[Nakanishi *et al.*, 2020]、多様な神経伝達物質の発現を伴う粘膜内神経ネットワーク形成過程の詳細は未だ不明である。そこで、生後早期 (P0)、離乳前 (P14) および離乳後 (P28) の小腸末端部の粘膜固有層 (LP) における各種神経関連マーカーの局在を調べた。その結果、tubulin beta III 陽性神経線維の密度は P0 から P14 にかけて大きく増加し、P28 にかけて減少した。P0 の LP では vesicular acetylcholine transporter の陽性のみが幅広く散在し、成長に伴い増加した。P14 の LP では、vasoactive intestinal peptide (VIP) ないし neuropeptide Y (NPY) の陽性が散在的に認められたが、somatostatin (SST) ないし substance P (SP) は陰性であるかごく稀にしか検出されなかった。P28 の LP では VIP ないし NPY の陽性が顕著に増加するとともに、SP の陽性もわずかに増加した。一方、SST の陽性は P28 において主に腸陰窩周囲で増加した。以上の結果から、多くの神経伝達物質の発現に先駆けて粘膜内における神経ネットワークが P14 までに構築され、P28 までに各種神経伝達物質が順次発現する可能性が示唆された。

DNA ポリメラーゼの活性を阻害する低分子化合物の解析

佐藤正康¹、横井雅幸²理学研究科 生物学専攻 博士前期課程¹、神戸大学 バイオシグナル総合研究センター²

損傷乗り越え合成 (TLS) は、DNA 損傷による複製停止を回避する損傷応答機構の一つで、損傷した鋳型でも DNA 合成を行う。DNA ポリメラーゼ・イータ (Pol η) は TLS を行う酵素の一つだが、Pol η を高発現している一部のがん細胞で、DNA 架橋を生じさせる白金製剤であるシスプラチンに抵抗性を示すことが報告されている。そこで、Pol η の活性の抑制が白金製剤による治療効果の向上につながると仮定し、3 万種類以上の低分子化合物から Pol η の活性を阻害する化合物を探索した。

本研究では、これまでのスクリーニングで Pol η に対する阻害効果が認められた 10 種類の化合物の特異性を調べるため、Pol η 以外のヒト DNA ポリメラーゼの活性に与える影響を解析した。5'末端を放射線同位体 ³²P で標識したプライマーを含む基質 DNA を作成して酵素と反応させ、電気泳動により一塩基挿入の効率を検出するプライマー伸長アッセイを行った。その結果、他の DNA ポリメラーゼに比べて、Pol η に対して比較的特異性の高い化合物を 3 種類見出した。次に、これらの化合物が Pol η の DNA 結合能に与える影響を調べるため、³²P 標識した基質 DNA を用いたゲルシフトアッセイを行った。その結果、全ての化合物が Pol η と DNA との結合に阻害的な作用を及ぼした。また、構造解析データに基づくタンパク質—化合物結合シミュレーションの結果、3 種類の化合物はいずれも Pol η の DNA 結合部位近傍に結合すると予測されたことから、拮抗的に DNA 結合能を減弱させている可能性が示唆された。

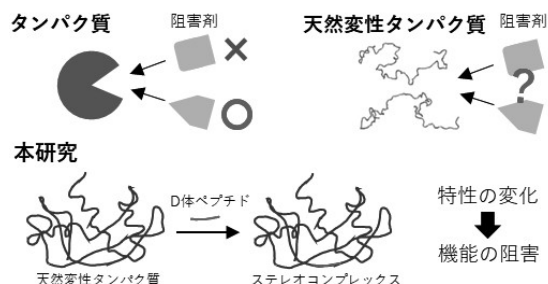
B01

ステレオコンプレックス形成可能なアミノ酸配列の検討

瀬口史歩、槌井貴嶺、杉本邦久、金光彩雪、森田健太、丸山達生

工学研究科 博士前期課程 応用化学専攻

タンパク質は特定の立体構造を作ることによって特異的な機能を発揮すると言われてきた。しかし近年、特定の立体構造をとらない天然変性タンパク質(IDP)が存在することがわかってきている。IDP の中には難病と関係していると考えられているものもあり阻害剤開発が多数なされているが、立体構造の変化のため低分子阻害剤をタンパク質立体構造に“はめる”従来の手法を用いることはできない。このため IDP の働きに対する阻害剤開発は難航している。そこで本研究ではアミノ酸の鏡像異性体に着目した。具体的には阻害対象の L 体タンパク質に対して、そのアミノ酸配列の一部を模倣した D 体ペプチドを作用させる。これによりステレオコンプレックス(SC)を形成させてタンパク質の特性を変えることで機能を阻害しようと考えた。SC とは L 体と D 体の物質間に生じる相互作用により形成される複合体のことである。本研究では機能阻害の前段階として、互いに同じアミノ酸配列をもつ L 体および D 体短鎖ペプチドを用い、混合することで SC 形成できるアミノ酸配列条件を検討している。ペプチドの SC 形成を IDP の機能阻害に応用できれば、新たな治療薬開発の糸口になると考えている。



B02

チロシン含有ペプチド脂質によるガン細胞の選択的殺傷

清水なつみ・金光彩雪・八代朋子・丸山達生

工学研究科 応用化学専攻 博士前期課程

ガン細胞自身に抗ガン剤を合成させるという新たな治療法の確立を目的としています。ガン治療では一般的に抗ガン剤が用いられていますが、抗ガン剤はガン細胞以外の正常な細胞に対しても攻撃し、それにより副作用が生じることが問題となっています。本研究では、ガン細胞内で過剰発現している酵素を利用し、ガン細胞を選択的に殺傷することを目指しています。抗ガン剤の前駆体として、炭素鎖とペプチド鎖から構成されたペプチド脂質を設計しました。その際、ペプチド脂質がガン細胞の内部に取り込まれると、特定のガン細胞にて過剰発現する酵素であるチロシンキナーゼに反応するように設計しました。そのため、酵素反応を抗ガン作用のスイッチとして、ペプチド脂質はガン細胞の内部で集合体をつくり、ガン細胞を殺傷することが可能となります。一方で、このペプチド脂質は正常な細胞の内部に取り込まれたとしても、酵素反応が起こりにくいため、正常細胞に対しては影響しません。従って正常細胞に対しては影響を及ぼさず、ガン細胞のみを選択的に殺傷することが可能であり、副作用の軽減が期待できます。本研究は、ガン細胞自身に抗ガン剤を合成させるという新たな治療法を確立できると考えています。

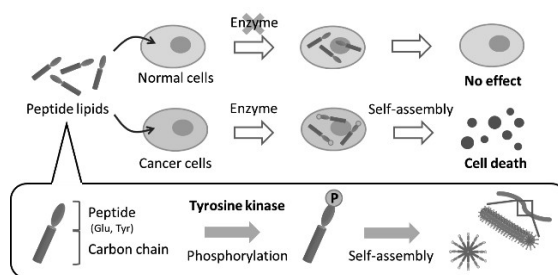


図 1 研究概要図

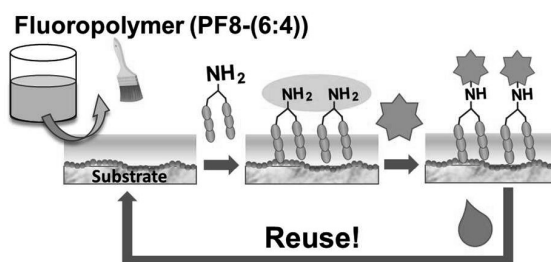
B03

繰り返し利用可能な機能性プラスチック表面の作製

槌井貴嶺、金子一貴、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

本研究では、プラスチック基板表面を機能化したのち、さらにその機能を書き換える手法の確立を目指す。その際、以下の2点の検討が必要となる。機能性部位の表面提示と、機能の書き換えである。具体的な手法を以下に示す。まず含フッ素高分子(PF8-(6:4))をプラスチック基板に塗布し、表面にフッ素部位として Rf 基を提示した。これを足場として用い、Rf 基同士の親和性による非共有結合を介して含フッ素低分子を固定化した。これによってプラスチック表面にアミノ基が提示された。その後、メタノールで表面を洗浄することで、固定化した低分子を取り外すことに成功した。さらに、同一の表面上へ再度、低分子を固定化することもできた。このシステムを、簡便なパターンニング表面作製法である、マイクロコンタクトプリンティング(μ CP)へと応用した。

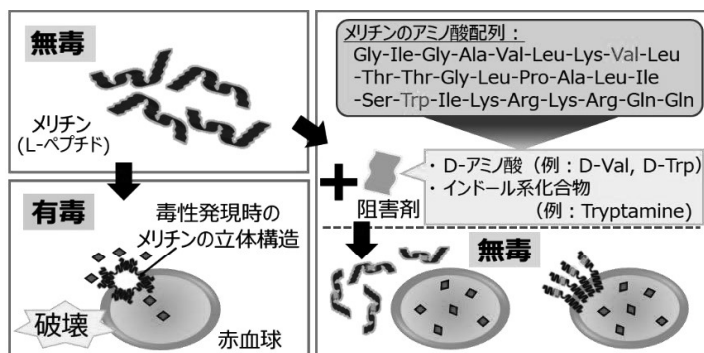


含フッ素低分子として4種の分子を利用した。その結果、 $(Rf_6)_2-NH_2$ が最も多くのアミノ基を表面に提示でき、表面には約 8 pmol/cm^2 のアミノ基が提示されていた。この分子を用いて、機能の書き換えに成功した。さらに、 $(Rf_6)_2\text{-Biotin}$ を用いての μ CP を繰り返し行うことにも成功した。

阻害対象ペプチドの分子構造を模倣した阻害剤設計

金光彩雪¹、富永雄大¹、西村香音¹、森田健太²、山本夢弓³、田村厚夫³、丸山達生²

工学研究科 博士前期課程 応用化学専攻¹、神戸大院・工²、神戸大院・理³



ペプチドやタンパク質は一般に、アミノ酸配列（一次構造）に基づいて、自発的に立体構造を形成することで、それぞれ固有の機能を発現できるようになる。しかし、その機能が生体にとって毒となる場合がある。例えば、本研究で用いているメリチンは、ミツバチ毒に含まれるL-ペプチドである。メリチンは、図のように立体構造を形成することで赤血球に穴をあける、「溶血

活性（毒性）」を発現すると考えられている。そこで本研究では、このメリチンをモデル物質として、機能阻害剤の効率的な探索方法を開発することを試みた。これを実現するために、新たな阻害機構として、メリチンに小さな分子を結合させることで有毒な立体構造の形成を抑制しようと考えた。また阻害剤について、メリチンの構造を元に設計することで阻害剤の候補を絞り、効率化を図った。これにより時間コストを削減でき、また、汎用的な阻害機構を想定しているため、他の毒性ペプチドへの応用も期待される。本学会では、阻害剤の設計やその評価、および阻害機構の解析について報告する。

インスリンの由来種に依存した

アミロイド核形成に先立つ初期凝集メカニズム

柚佳祐¹、今村比呂志²、野崎拓郎¹、藤井悠生¹、守島健³、奥田綾³、井上倫太郎³、

杉山正明³、茶谷絵理¹

神戸大院・理¹、立命館大・生命科学²、京大・KURNS³

アミロイド線維はタンパク質の異常凝集体であり、様々な疾病の発症に関与することが知られている。アミロイド線維の形成は核形成と伸長の二段階で進行する。核形成は高いエネルギー障壁に阻まれており、アミロイド線維形成の律速段階となっている。しかし、いったんアミロイド核が形成すると、核を鋳型として急速にアミロイド線維が伸長する。このように、アミロイド核形成は疾患の発症に関わる重要な現象であるにもかかわらず、その分子集合動態の詳細は明らかでない。

そこで本研究では、ウシ由来とヒト由来インスリンをモデルタンパク質として、アミロイド核形成に先立つタンパク質の初期凝集メカニズムの解明を試みた。動的光散乱法を用いた解析の結果、両者は配列の違いが僅か3残基のみにもかかわらず、明確に異なる初期凝集動態を示した。ウシ由来インスリンは単分散を保ったまま急激な凝集の発達を示したのに対し、ヒト由来インスリンでは凝集はほとんど進行しなかった。ポスター発表では、粒子の凝集モデル式を用いた初期凝集のモデリング解析を行った結果を踏まえ、詳細なインスリンの初期凝集メカニズムについて報告する。

α B-クリスタリンのアミロイド線維形成阻害機構

國尾 祐貴¹, 柚 佳祐¹, Junna Hayashi², John A. Caver², 茶谷 絵理¹

神戸大院・理¹, オーストラリア国立大²

タンパク質の異常凝集により形成されるアミロイド線維は、アルツハイマー病やパーキンソン病などの疾患を引き起こす。一方で低分子熱ショックタンパク質 (sHsp) はタンパク質凝集を防ぐ分子シャペロン群として存在しており、生体内でその役割を果たしている。今日まで sHsp が数多くの病原性タンパク質のアミロイド線維形成を阻害する報告がされているが、その詳細なメカニズムは十分に理解されていない。そこで本研究では、哺乳類で最も代表的な sHsp である α B-クリスタリン (α B-C) がインスリン B 鎖のアミロイド線維化に及ぼす効果を調査し、sHsp の作用機構解明を目指した。

初めに、 α B-C 共存下で B 鎖は線維を形成しないことを確認した (Fig. 1a)。続いて詳細に作用機構を調べるため、動的光散乱解析によって反応初期の凝集過程を追跡した (Fig. 1b)。すると α B-C は B 鎖の初期凝集段階に作用し、安定な α B-C-B 鎖複合体を形成することで凝集の進行を抑制し、線維化に対する阻害効果を示すことが明らかになった。

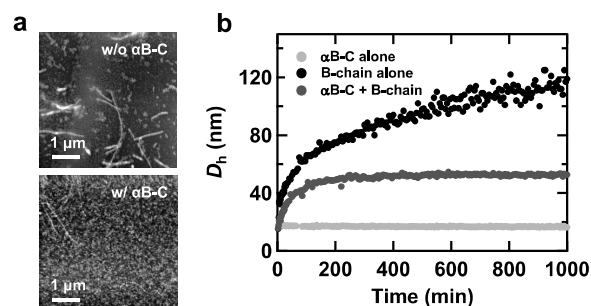


Fig. 1 a) 反応生成物の原子間力顕微鏡画像, b) α B-C 共存下での B 鎖の初期凝集に伴う粒径変化。

シリコンナノ粒子アレイからなる指向性ナノアンテナ

根来英利、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

直径 100~200nm の球状結晶シリコンナノ粒子は、屈折率が非常に高い (3.5~4) ため、可視~近赤外領域で低次の Mie 共鳴による強い光散乱を示す。この配列構造は、各粒子のモード間の結合により、光散乱の指向性を高い精度で制御することが可能である。そのため、シリコンナノ粒子配列構造は、光の波長程度の大きさで指向性を制御するナノアンテナとして注目されている。本研究では、独自に開発した方法によりシリコンナノ粒子の一次元配列構造を形成し、単一ナノ構造に対して散乱指向性の評価を行った。

図 1 (a) にナノ粒子の配列方法である移流集積法の概要図を示す。当研究室で開発したシリコンナノ粒子は水中で凝集することなく完全に分散しているため、移流集積法を用いることでテンプレートのパターンに応じた配列構造を作製することができる。図 1(b) に基板上に転写したナノ粒子配列構造の SEM 像を示す。図 1(b) 上部の一次元のナノ粒子配列構造は計算により求めた遠方場への散乱パターンように単一のナノ構造として大きな散乱指向性を有する (図 1(c))。講演では、散乱特性の測定結果を示し、ナノ粒子配列数と散乱特性の関係を議論する。

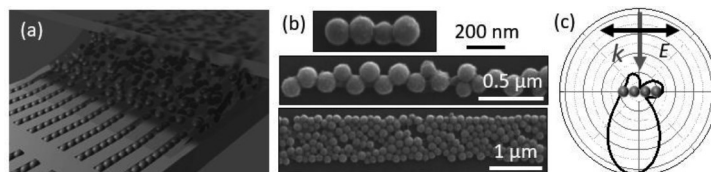


図 1. (a) 移流集積法の概要図。 (b) シリコンナノ粒子配列構造の SEM 像。 (c) シリコンナノ粒子一次元配列構造 (四量体) の遠方場散乱パターン。

タウのオリゴマー形成に対する酸化還元状態の影響

益井歩未¹、柚佳祐¹、山口圭一²、後藤祐児²、河田康志³、茶谷絵理¹

¹ 理学研究科 化学専攻、² 阪大 国際医工情報センター、³ 鳥取大院・工

タウタンパク質は微小管結合タンパク質の一種であり、細胞内でアミロイド線維を形成し沈着することで、神経変性疾患に関わる。タウのアミロイド線維形成過程においては、毒性のあるオリゴマーが中間体として見られることが報告されており、疾患の予防や治療方法の確立のために、オリゴマー形成機構の解明が求められている。そこで本研究では、試験管内でタウの凝集反応を進行させ、タンパク質分子の集合過程を動的光散乱法（DLS）により追跡することで、オリゴマー形成機構の解明を試みた。

タウのアミロイド線維化反応は、線維化促進剤としてヘパリンを添加することで行った。タウは2つの Cys 残基を持ち、分子間および分子内で S-S 結合を形成するため、還元剤あり・なしの2種類の条件下で反応を行った。反応初期の粒子径発達を DLS 測定によって追跡したところ、興味深いことに、還元剤の有無によってサイズ発達の挙動が大きく異なり、オリゴマー形成の経路は S-S 結合の状態によって2種類あることが考えられた（図1）。

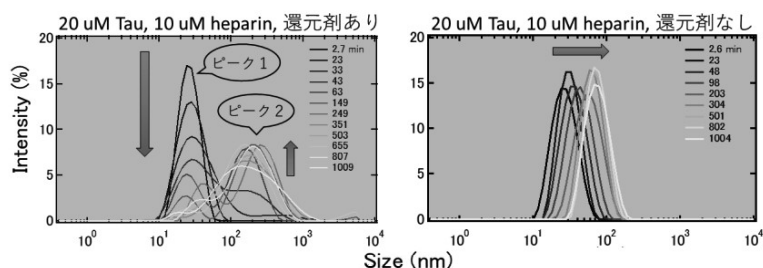


図1. DLS 測定による粒子径の時間変化

二重スピンラベル ESR 分光法による

ABC トランスポーターの ATP 結合状態の観察

○仲 絢香¹、小堀 康博^{1, 2}、鏑木 基成¹、城 宜嗣³、杉本 宏⁴、木村 哲就¹

理学研究科 博士前期課程 化学専攻¹、神戸大・分子フォト²、

兵庫県大・院理³、理研・SPring-8⁴

ABC トランスポーターは ATP 依存的に細胞膜の内外で基質を輸送する膜タンパク質である。これらは膜貫通ドメイン（TMD）、ヌクレオチド結合ドメインを共通の構造として持ち、インポーターではペリプラズム結合タンパク質から輸送基質を受け取る。輸送機構として alternating access model が提案されている

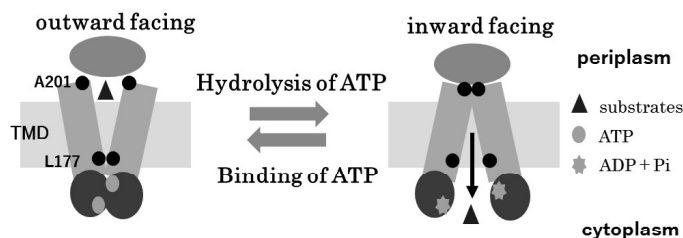


図1 Alternating access model の概要

（*Nat Rev Mol Cell Biol.* 2009,10, 218.）が基質の輸送，ATP の結合・加水分解、構造変化の反応軸に沿った相関は未解明のままである。そこで本研究ではヘムインポーターBhuUV-T の TMD である BhuU の細胞質側（L177）あるいはペリプラズム側（A201）に部位特異的スピンラベルを行い、ATP の存在/非存在化における ESR スペクトルを観察した。その結果、BhuUV-T は ATP 結合時に細胞質側も、ペリプラズム側も閉じた“occluded”構造をとることが示唆された。

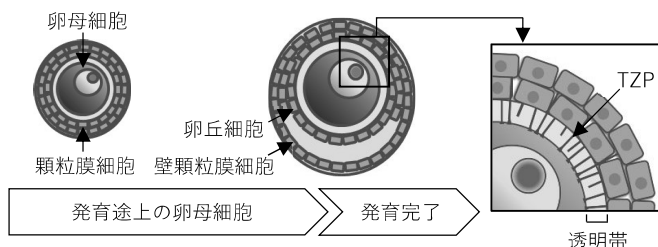
B10

ウシ顆粒膜細胞による Transzonal Projection の形成

伏井 実穂子¹, 京極 博久², 李 智博², 宮野 隆²

農学研究科 博士後期課程 資源生命科学専攻¹, 神戸大院 農学研究科²

哺乳類の卵巣内には将来、卵子となる卵母細胞が多く蓄えられている。卵母細胞は、体細胞の顆粒膜細胞と球状構造の卵胞を形成し、相互に作用し合いながら発育する。卵母細胞が発育するにつれて顆粒膜細胞は増殖して形状を変化させ、透明帯を貫通する突起（Transzonal Projection: TZP）を伸ばし、その先端で卵母細胞との間にギャップ結合を形成する。顆粒膜細胞はこの結合を介してアミノ酸などの低分子を卵母細胞に送り込み、発育を支持している。最終的に顆粒膜細胞は、卵母細胞を取り囲む卵丘細胞と、卵胞を裏打ちする壁顆粒膜細胞に分化するが、卵母細胞との相互作用や分化のメカニズムはほとんど明らかにされていない。これまでの研究から、初期胞状卵胞から採取し TZP を人為的に消失させた裸化卵母細胞と壁顆粒膜細胞を共培養すると、TZP が再形成され、卵母細胞は十分に発育することを明らかにしている。そこで本研究では、異なる大きさの卵胞から採取した顆粒膜細胞を裸化卵母細胞と共培養し、TZP の形成を比較した。その結果、初期胞状卵胞以前の顆粒膜細胞または壁顆粒膜細胞では TZP が再形成されるが、より大きく発達した卵胞から採取した壁顆粒膜細胞では TZP が再形成されないことが示された。



B11

シリカゲル-有機化合物複合材料の表面積

YAO Zhichao、梶並昭彦

工学研究科 博士前期課程 応用化学専攻

本研究室ではガラスの真空凍結乾燥法（FD 法）を用いた低温合成についての研究を行っている。本方法では、容易に有機化合物との混合物を作成できる。有機化合物の β -シクロデキストリンは分子の外部が親水性を持ち、内部は疎水性である。そして、環状構造を持つ。本法により、 β -シクロデキストリンを含むシリカゲルを合成し、加熱により β -シクロデキストリンを熱分解することにより、 β -シクロデキストリンを鋳型（テンプレート）とした高表面積のシリカゲルの作成を試みた（図 1）。また、ポリプロピレン含有シリカゲルの合成についても検討を行った。将来、本法で合成された高表面積のシリカガラスを吸着材、触媒担体として使われると考えられる。

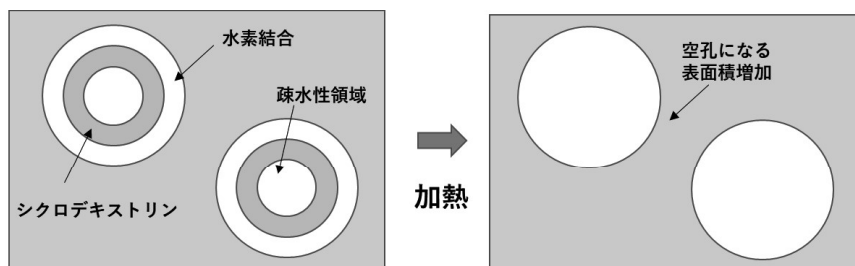


図 1 シリカーシクロデキストリン複合材料界面模式図

Ca 置換による P'3 型 Na_xCoO_2 の不可逆相転移抑制

長谷川裕菜¹、伊舎堂雄二²、岡田重人^{2,3}、水畑穰¹、牧秀志¹、松井雅樹^{1,3,4}

工学研究科博士前期課程応用化学専攻¹、九大院・総理工²、京大 ESICB³、北大院・理⁴

リチウムイオン電池に代わる次世代二次電池の一つであるナトリウムイオン電池において、正極活物質として検討されている層状遷移金属酸化物 NaTMO_2 (TM:遷移金属イオン) は、充電・放電時に Na^+ イオンが挿入・脱離することに伴い複雑な相転移を示すが、不可逆な相転移が容量劣化すなわち短寿命化の一つの要因であることが知られている。寿命特性の向上を目的として、遷移金属元素の一部を異種元素で置換することが盛んに検討されてきたが、 Na^+ イオンの異種元素置換は、 Na^+ イオンが減少することによる容量の低下や Na^+ イオンの拡散経路が阻害されることによる過電圧の増大が懸念され、検討例が限られていた。本研究では、P'3 型コバルト酸ナトリウム Na_xCoO_2 (NCO) をモデル材料として、 Na^+ イオンの一部を Ca^{2+} イオンで置換した P'3 型 $\text{Na}_{x-2y}\text{Ca}_y\text{CoO}_2$ (NCCO) を合成し、Ca 置換が相転移挙動と電気化学特性に及ぼす影響について検討した。

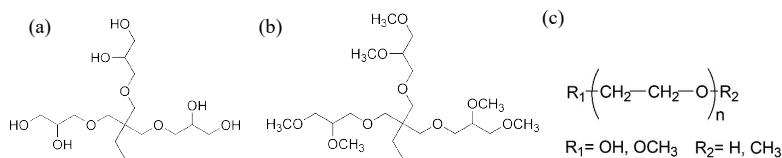
相転移挙動に対する Ca 置換効果を調査するため、異なる電圧範囲におけるサイクル試験とサイクル試験後の NCO, NCCO について X 線回折測定を行った。NCO に対し NCCO の容量は低下するものの、過電圧は増大しないことが確認された。また、Ca 置換により P'3 型から異なる層状構造へと相転移する際 Co^{2+} イオンが Na サイトへと移動することで生じる Co_3O_4 への不可逆相転移が抑制されることで、寿命特性が著しく向上した。Ca 置換効果の要因については、当日詳細を報告する。

生体親和性分子の化学構造と中間水との相関性に関する研究

木下裕貴¹、大谷 亨¹

¹ 工学研究科 博士前期課程 応用化学専攻

生体親和性をはかる指標の一つとして水和した中分子や高分子近傍の「中間水」が着目されている[1]。中間水は降温過程において 0°C 以下で結晶形成し、昇温過程において低温融解することが示差走査型熱量(DSC) 測定によって観測される。これまでに我々は、低毒性かつ多くの結合水を有する枝分かれ構造を有するポリグリセロールデンドリマー(PGD)[2]に着目し、中間水が存在することを見出した[3]。しかしながら、PGD 末端官能基や生体親和性分



子であるポリエチレングリコール(PEG)との違いは不明である。そこで本研究では、分子量を 400 程度に統一し、末端官能基をヒドロキシ基(-OH) とメトキシ基(-OCH₃)に修飾した PGD と PEG(Fig. 1)について、水和した試料の DSC 測定によって中間水量の違いを評価した。その結果、PGD は-OCH₃ 修飾により中間水量が減少したが、PEG では増加した。このことから、PGD は分子内水素結合によって不凍水化するような強固な水和を一部抑制し、中間水構造を誘発している可能性が示唆された。

[1] M. Tanaka, *et al.*, *Polym. J.*, **2015**, 47, 114-121. [2] T. Ooya, T. Ogawa, T. Takeuchi, *J. Biomater. Sci., Polym. Ed.*, **2018**, 29, 701-715 [3] M. Yamazaki, Y. Sugimoto, D. Murakami, M. Tanaka, T. Ooya, *Langmuir*, **2021**, 37, 8534-854.

Ga ドープ縮退 ZnO の光学特性

田代愛佳¹, 安達裕², 内野隆司³理学研究科 博士前期課程 化学専攻¹, 物質・材料研究機構², 理学研究科 化学専攻³

酸化亜鉛は約 60 meV と高い励起子結合エネルギーを持つことから、励起子発光を用いた半導体レーザーへの応用が期待されている。近年我々は、膜厚が ZnO 薄膜の誘導放出過程に及ぼす効果[1], 及び Mg ドープに伴うバンドギャップ変調効果[2]について報告した。一般に、キャリア濃度が Mott 密度を超えると、クーロン力が遮蔽されるために励起子が解離し、その結果励起子に由来する光吸収や発光は観測されないと考えられてきた。本研究は、Mott 密度 (約 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) を超えたキャリア濃度を有する ZnO 薄膜における光学特性についての知見を得ることを目的に行った。実験は、パルスレーザー蒸着法により作製した Ga 0.1% ドープ ZnO 薄膜 (GZO, 膜厚 207 nm, キャリア濃度 $9.2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) を試料に用い、発光及び吸収スペクトルを測定した。3 K の光吸収及び発光スペクトルより、励起子に由来すると思われる光吸収・発光挙動を観測した。発表では本測定結果をもとに、Mott 密度を超えた縮退半導体における励起子生成の由来について考察する。

[1] R. Matsuzaki, H. Soma, K. Fukuoka, K. Kodama, A. Asahara, T. Suemoto, Y. Adachi, and T. Uchino, Phys. Rev. B **96**, 125306 (2017). [2] S. Fujii, Y. Adachi, and T. Uchino, Phys. Rev. B **102**, 075204 (2020).

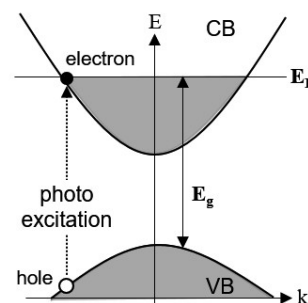
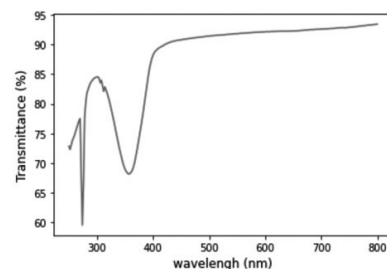


Fig.1 縮退半導体の光励起過程におけるバンド図. 黒丸は伝導帯 (CB) 内のフェルミ準位 (E_F) 近傍の電子, 白丸は価電子帯 (VB) 内の正孔を表す。

XENONnT 実験における中性子反同時計測のための
ガドリニウム水溶液の透過率測定金崎奎¹, 前田剛志¹, 水越慧太², 身内賢太郎³¹ 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 理学研究科 物理学専攻

様々な宇宙観測から未知の重力源 暗黒物質の存在が強く示唆されているが、その正体は解明されていない。XENONnT 実験では暗黒物質に対する感度向上のため、ガドリニウム (Gd) を溶かした水チェレンコフ検出器である中性子反同時計測 (nVeto) システムが導入される。中性子は検出器中で暗黒物質と似た振る舞いをし、排除が難しい背景事象となるが、nVeto 検出器を導入することで中性子由来の事象を排除可能となる。今回、nVeto 検出器の較正システムとして導入されるレーザーモジュールの Gd 水に対する影響の調査を 機器分析部門 分光蛍光光度計・旋光計を用いて行った。特に、Gd 水の透過率はレーザーによる検出器較正や中性子事象の検出効率に大きく影響する。この測定によって Gd 水中で一部の金属パーツに錆が生じ、透過率が低下することが分かった。現在パーツの選択を行い、nVeto 検出器の性能を低下させないようなレーザーモジュールの構築を行なっている



光の波長に対するガドリニウム水の透過率

C01

マウス胎子における中腎内への AMH の移行経路の検討

加藤栞¹, 横山俊史², 奥西宣祐¹, 成田大翔¹, 桐月優輔³, 藤川大誠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

雌性生殖道の原基であるミュラー管 (MD) は発生初期の雄にも形成され, 精巣内で産生される抗ミュラー管ホルモン (AMH) の影響で出生前に消失する. 我々は以前, AMH が血液を介さずに直接的に中腎内に移行して MD に作用可能なことと, その際に AMH が主に精巣頭側部から中腎内に浸潤する (図 1 ; 灰色矢印) ことを示唆した [Yamamoto *et al.*, 2018, PMID: 29526868]. これより, 精巣頭側部から中腎内に移行した AMH が MD 頭部の退行を惹起することが推測されたが, MD 中央部以降に AMH が到達する機序は不明である. 本研究では, ①精巣頭側部から中腎内へ浸潤的に移行した AMH が中腎尾部方向へ移行する可能性 (図 1 ; 黒矢印), ②精巣頭側部に加えて精巣中央部以降からも AMH が中腎内へ移行する可能性 (図 1 ; 黒 + 白矢印) を想定して, 器官培養法で検討した. 頭部側での AMH の移行を遮断して培養すると, 培養のみ行った実験対照より MD 頭部の管径が増加した一方で, MD 中央部の管径に差異は認められなかった. また, 精巣頭部または尾部に AMH を注入すると, 精巣に加え, 注入部付近の精巣・中腎境界部および MD 近傍に AMH の陽性反応が認められた. これらの結果より, 精巣頭部側における AMH の移行経路の存在が示されるとともに, 尾部側からも AMH が中腎内へ移行することが示唆された.

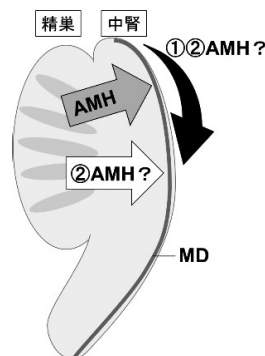


図 1 精巣から中腎内への AMH の移行経路 (矢印)

C02

低波数領域の振動分光法を用いたポリヒドロキシ酪酸/ ポリ乳酸ブレンドの相分離挙動の可視化

吉江大成、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

ポリヒドロキシ酪酸(PHB)(図 1-a)およびポリ乳酸(PLLA)(図 1-b)は生分解性高分子の一種である. 低分子量の両サンプルをブレンドした際, UCST 型の相図を示す. これまで高波数領域の赤外分光法を用いたイメージングでは, 相分離挙動を捉えられているが低波数領域を用いたイメージングは行われていなかった. そこで本研究では, 分子間振動をダイレクトに捉えることができるテラヘルツ分光法を用いて, 低波数領域のイメージングを行うことで相分離挙動を捉えることを試みた. テラヘルツスペクトルの 83cm^{-1} のピーク (図 2-a) は水素結合由来であり, PHB の水素結合が強くなり, 結晶化が進むと高波数にシフトすることがわかっている. このピークシフトに着目することで PHB の結晶化挙動を捉え, 各結晶存在比を二次元イメージングで視覚的に捉えることを試みた.

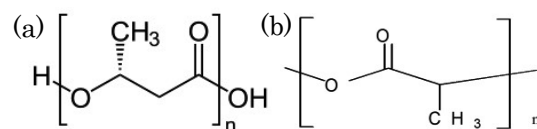


Fig.1 Chemical structure of (a)PHB and (b)PLLA.

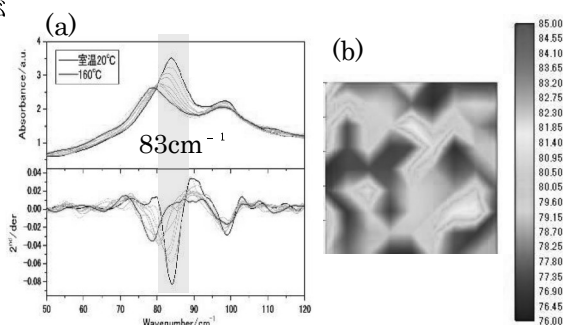


Fig.2 (a)THz spectra and their 2nd derivative spectra of PHB/PLLA blend sample. (b)THz-imaging generated by plotting the position of 83cm^{-1} .

ユーグレナ藻 *Euglena gracilis* strain Z の培養光質応答

反橋勇貴¹、植野嘉文²、坂本月³、沈建仁^{3,4}、長尾遼⁴、秋本誠志²

1.理学研究科 化学専攻 博士前期課程、2.神戸大・院理、
3.岡山大・理、4.岡山大・異分野基礎研

ユーグレナ藻は主に淡水に生息する緑色の微細藻類である。主な光合成色素としてクロロフィル (Chl) *a*, *b* を持つという点で緑藻や陸上植物と共通している。光合成生物のチラコイド膜上には光化学系 (PS) I, II と呼ばれる複合体が別々に存在する。またこれらには光捕集複合体 (LHC) がそれぞれ結合し、光エネルギー捕集の手助けをしている。最近では PSI と PSII が直接結合した PSI-PSII 超複合体と呼ばれる複合体の存在が確認されている^[1]。本研究ではユーグレナ藻が異なる光質に応じて光捕集と励起エネルギー移動過程をどのように変化させるか分光学的手法を用いて調べた。

本実験ではユーグレナ藻 *Euglena gracilis* strain Z を用いて白 (対照サンプル)、青 (470 nm)、赤 (660 nm)、遠赤色 (736 nm) LED 条件下で 95 時間培養した細胞を用いた。各サンプルについて定常吸収スペクトル、730 nm における蛍光励起スペクトル、定常・時間分解蛍光発光スペクトルを 77 K で測定した。

赤色培養と遠赤色培養をしたサンプルにおいて、吸収スペクトルの変化が観測できた。これによって赤、遠赤色によって Chl *b* の相対量が減少することがわかった。また蛍光励起スペクトルと比較することで Chl *a*, *b* で吸収された光エネルギーのほとんどが PSI へ移動することがわかった。

[1] Yokono M et al., Nat Commun 6:6675 (2015)

温度変化ラマンスペクトルによる

共重合体ポリマーの分子間相互作用に関する研究

山本大将、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

アクリロニトリルとスチレンの共重合体であるスチレンアクリロニトリル共重合体(SAN:Fig1)は非晶性ポリマーであり、ポリスチレン(PS)より耐熱性や機械的強度が向上している。そこで本研究ではPSリッチなSAN

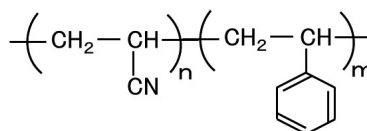


Fig1 Chemical structure of SAN

において PS 分子鎖の分子間相互作用が PS ホモポリマーとどのように異なるのかラマン分光法を用いて調べることを目的とした。今回 PS と SAN のラマンスペクトルの比較を行った。今回用いた SAN は PS リッチであり、PS のスペクトルに類似することが予想される。しかし CN 伸縮領域と主にベンゼン環に由来するピークが確認される波数領域でスペクトルに相違が見られた。(Fig2.3) SAN と PS の熱による挙動の違いは、CN 基由来の水素結合によるベンゼン環の分子間相互作用が SAN と PS で異なっていることが大きな要因になっていると示唆される。

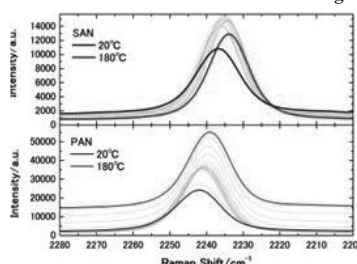


Fig.2 Temperature-dependent Raman spectra of SAN and PAN.

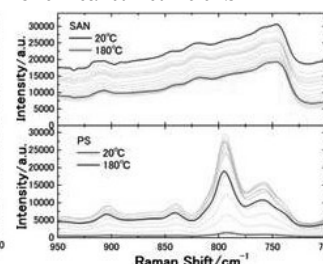


Fig.3 Temperature-dependent Raman spectra of SAN and PS.

テラヘルツ及び低波数ラマン分光法による ポリブチレンサクシネートの 分子間水素結合に関する研究

伊藤光平、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

ポリブチレンサクシネート(PBS)(図 1)は優れた生分解性と加工のしやすさなどから比較的普及が進んでいる生分解性プラスチックである。一般に高分子は分子間相互作用が強いと力学強度や融点が高くなり、用途に応じて物性をコントロールする際など、分子間相互作用の理解は重要である。本研究は、主にテラヘルツ分光法を用いて PBS の分子間水素結合の検討を行った。Fig.2 に PBS のテラヘルツスペクトルとその 2 次微分スペクトルを示す。テラヘルツスペクトルの 103cm^{-1} 付近のピークに昇温過程において低波数シフトが観測された。PBS には分子間水素結合の存在が示唆されており、温度変化に影響を受けやすいこのピークが分子間水素結合を反映したピークではないかと考えられる。

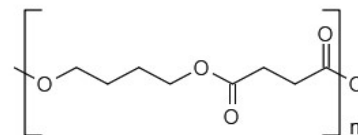


Fig.1 Chemical structure of PBS.

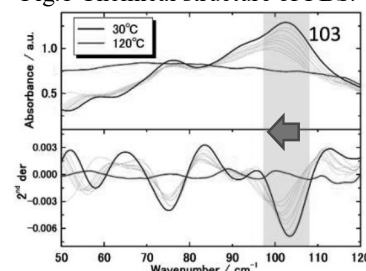


Fig.2 Terahertz spectra and their 2nd derivative spectra of PBS.

連続波長可変テラヘルツ光源を用いた 高分解能周波数領域電子スピン共鳴法の開発

小路悠斗¹、大道英二²、高橋英幸^{3,4}、太田仁³

理学研究科 物理学専攻 博士前期課程¹、神戸大院理²、
神戸大分子フォトセ³、JST さきがけ⁴

近年、反強磁性体を用いたスピndeバイスが大きな注目を集めている。反強磁性体は反強磁性ギャップと呼ばれるエネルギーギャップを持つことが知られており、そのエネルギースケールはテラヘルツ波の領域にある。テラヘルツ帯の周波数領域電子スピン共鳴(ESR)分光法はそうしたエネルギーギャップを直接観測できる点から、近年注目を集めている。本研究では、広い周波数範囲(0.05-1.1 THz)の連続テラヘルツ光を発生できるフォトミキシングデバイス光源[1]を用いた新しい周波数掃引型 ESR 分光装置を開発したので報告する[2]。ファイバーストレッチャーを用いて励起光源の位相を変化させ、精度よくテラヘルツ波の振幅を決定できるホモダイン測定系を構築した。講演では NiO の反強磁性共鳴の測定結果についても報告する。

[1] E. Ohmichi *et al.*, Appl. Phys. Lett. 116 (2020) 051101.

[2] E. Ohmichi *et al.*, Appl. Phys. Lett. 119 (2021) 162404.

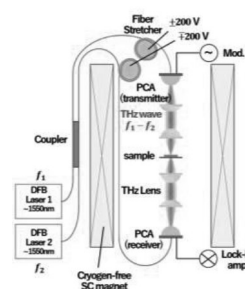


図 1：周波数掃引型 ESR 装置の概略図

熱検出型高圧下 ESR 測定手法の開発

長澤直生¹、櫻井敬博³、高橋英幸^{4,5}、大道英二²、太田仁⁴

理学研究科 物理学専攻 博士前期課程¹、神戸大院・理²、神戸大・研究基盤セ³、
神戸大・分子フォト⁴、JST さきがけ⁵

強磁場、極低温のもとでの電子スピン共鳴 (ESR) は様々なグループで行われているが、我々は更に高圧という条件を加えて ESR 測定を行っている。圧力をかけることで物質の結晶構造が変化し、それによって圧力誘起の相転移や新奇の物理現象の出現が期待される。これまで、圧力セル中の試料に電磁波を照射し、透過する電磁波の強度を検出する透過型 ESR 測定を行ってきた。しかし、透過型測定は感度が高くなく、圧力校正コイルを試料空間に入れることができないために圧力の校正が困難である等の課題がある。本研究ではこれら課題を解決するため、熱検出型という異なる検出方法に着目した。この手法では、ESR の緩和過程における試料の温度変化を直接測定する。図 1 に実際に作製した試料空間のセットアップを示す。熱電対を用い、共鳴時の試料の温度変化を電気的な信号に変換して測定した。この開発により、従来の透過型測定に比べて 100 倍以上感度が向上し、試料空間の正確な圧力校正が可能になった上、試料の圧力下での角度回転測定にも拡張することが可能になった。この様に、強磁場、極低温、圧力下での新しい ESR 測定手法の開発に成功した。

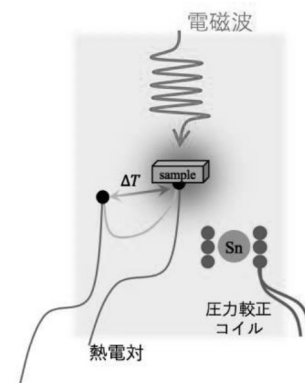


図 1 試料空間のセットアップ

空間反転対称性の無い超伝導体 CaPtAs における スピンシングレット・トリプレット混成超伝導の検証

永瀬 裕也, 真砂 全宏^A, 小手川 恒, 菅原 仁, 松岡 英一, 武田 圭生^B, 藤 秀樹

理学研究科 博士前期課程 物理学専攻, 島根大総合理工^A, 室蘭工大^B

超伝導は 2 電子が対になることで発現する。電子はスピンをもち、上向き・下向きスピンの 2 種類存在する。そのため、電子対には上向きスピンと下向きスピンの電子の対であるスピンシングレットと、上向きスピン同士あるいは下向きスピン同士の対であるスピントリプレットの 2 種類が存在する (図 1)。空間反転対称性のある超伝導体では、どちらか 1 種類の電子対しか発現しない。一方で、空間反転対称性の無い超伝導体では、2 種類が混成したスピンシングレット・トリプレット混成超伝導の発現が許されている。しかしながら、混成超伝導の可能性のある超伝導体は過去に数例しかなく、我々はこの混成発現の検証を研究目的としている。

本研究では、混成超伝導の候補物質 CaPtAs の試料作製および NQR 測定を行った [1][2]。試料作製では、結晶構造の異なる高温相と低温相の存在を明らかにした。NQR 測定では、混成超伝導の可能性を示唆する結果が得られたので報告する。

[1] Wu. Xie *et al.*, Sci. China-Phys. Mech. Astron. 63, 237412 (2020).

[2] T. Shang *et al.*, Phys. Rev. Lett. 124, 207001 (2020).

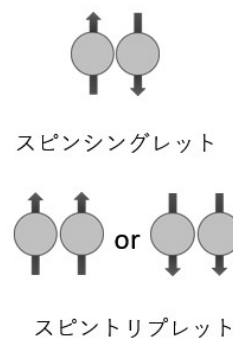


図 1: 電子対の種類

光でゲル化剤を放出する金属錯体含有イオン液体

角谷 凌¹、持田 智行²、山中正道³

理学研究科 博士後期課程 化学専攻¹、理学研究科 化学専攻²、明治薬科大³

イオン液体は、難揮発性や高イオン伝導性などの特徴を有しており、これらをゲル化や重合すると、固体電解質に応用できる。当研究室では、ルテニウム錯体を用いて、各種の光反応性イオン液体を開発してきた。本研究では、外部刺激によるイオン液体ゲルの可逆形成を目的として、低分子ゲル化剤が配位した光反応性イオン液体を開発した (Fig.1左)。

市販の各種イオン液体に、このイオン液体を少量 (5 wt%) 添加し、UV光を18時間照射すると、全体がゲルに転換した。ここでは光照射によって、ルテニウム錯体からゲル化剤が放出されるため (Fig. 1)、液体のゲル化が起こる。この反応は可逆的であり、ゲルを120 °Cで1時間加熱すると元の液体に戻った。この反応は、配位性有機溶媒の光ゲル化にも適用できる。このように光によってゲルを可逆生成する方法は斬新であり、様々な応用が期待される。

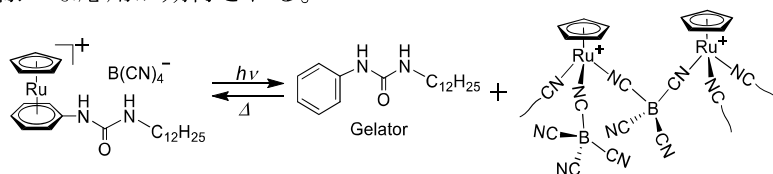


Fig. 1. 本研究で開発したルテニウム錯体における可逆なゲル化剤放出機構。

ゲル化能を有する人工設計ペプチドの構造及びレオロジー解析

山本夢弓¹、後藤早由²、菰田悦之²、田村厚夫³

理学研究科 化学専攻 博士前期課程¹、神戸大院・工²、神戸大院・理³

近年、ゲル化能を持ったペプチドは、副作用を最小化する局所的なドラッグデリバリーを可能にし、また細胞培養や浄水などに応用できる新規機能性材料として有用視されている。このようなペプチドは、一般にナノファイバーを形成することが知られているが、ゲル化の詳細なメカニズムについては明らかになっていない。本研究では、天然小型タンパク質 POIA1 配列に由来する短い人工設計ペプチドβ-SH およびβ-SHb を使い、円二色性測定や減衰全反射フーリエ変換赤外分光法、NMR 測定によってその立体構造を、原子間力顕微鏡 (AFM)によってナノスケールの形態を、市販レオメーターや磁性粒子を用いたマイクロレオロジー測定によって粘弾性を調査した。この結果、作成したペプチドは、DMSO 中でβ-strand 構造を形成し、水中では分子集合によりβ-sheet 構造をとることが分かった。さらに AFM により密集したナノファイバーが観察され (Fig.1)、レオロジー測定からそのファイバー形状が粘弾性に大きく影響を及ぼしていることが示された。

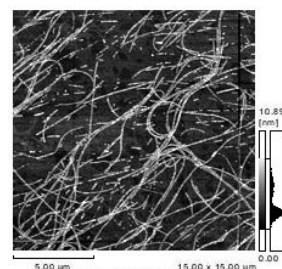


Fig.1 β-SH の AFM 画像

低波数領域を含むラマン分光法を用いた カラギーナンの分子間相互作用に関する研究

瀬川智明、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

カラギーナン(Fig.1)は紅藻類から抽出される天然高分子で二重らせん構造を作って互いに絡み合い、室温でゲルを形成する。ゲル化は分子間および分子内に形成される水素結合によるものだと考えられている。本研究は、従来の指紋領域、高波数領域に加え、分子間振動を捉えることができる低波数領域にも注目し、分子間相互作用による構造変化の解明を目的とする。OH伸縮のピークをカーブフィッティング法によって、水素結合の強さが異なる3つの成分に分離し、面積分率を算出した(Fig.2)。ゲル化の進行に伴い、強い水素結合(SHB)の分率は減少し、弱い水素結合

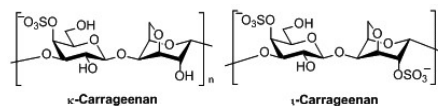


Fig.1 Chemical structure of carrageenans.

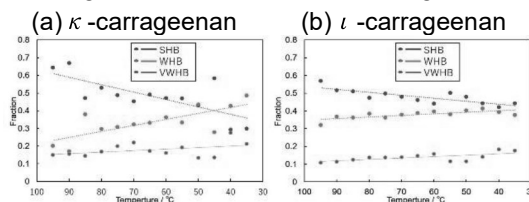


Fig.2 Fraction of three components of Raman spectra in the OH stretching((a) κ -carrageenan, (b) ι -carrageenan).

(WHB)の分率は増加したことがわかった。SHBの減少はカラギーナン分子のOH基と溶媒との水素結合の切断、WHBの増加は分子間水素結合の形成によるものだと考えられる。今後は得られた結果と低波数領域の水分子間のOH伸縮振動によるピークの挙動とを併せて検討していく予定である。

マグネタイトにおける磁気カー回転の測定

喜多将之、岩佐祐里奈、河本敏郎

理学研究科 博士前期課程 物理学専攻

マグネタイト(Fe_3O_4)は人類が最初に手にした磁石であり、典型的な磁性材料である。およそ120 K以下で電気伝導度、熱伝導度、磁気異方性が変化するフェルベイ(Verwey)転移を起こすことが知られており、結晶構造は単斜晶構造を持つ。本研究では、試料表面で反射したプローブ光の偏光面が回転する磁気カー効果によって磁化の大きさを測定することによって、マグネタイトにおける結晶軸スイッチングの観測を試みた。

単斜晶のc軸は立方晶[100],[010],[001]方向に一様に分布しているが、外部磁場を加えた状態で120 K以下まで冷却をすると外部磁場方向に磁気容易軸でもあるc軸を揃えることが出来る。軸方向によって飽和磁化になる磁場値が異なること[1]を応用して、ゼロ磁場冷却の場合と外部磁場を印加した状態で冷却した場合の磁化曲線を比較することで、結晶軸スイッチングの観測を目指した。

2 T範囲で磁場掃引を行った結果、90 K,100 K,110 Kでは軸が[001]方向に揃う結晶軸スイッチングを観測することが出来たが、80 Kでは観測できなかった。これは結晶軸スイッチングを起こすためには、各温度に対する外部磁場の閾値が存在すると考えられる[2]。

[1] B. A. Calhoun: Phys. Rev. 94, 6 (1954).

[2] Z. Kąkol, G. Król, W. Tabiś, T. Kołodziej, A. Wiśniewski, H. Stepankova, V. Chlan, J. Kusz, Z. Tarnawski, A. Kozłowski, J. M. Honig: J. Phys. Conf. Ser. 303, 012106 (2011).

超伝導-強磁性複合体中での自発渦糸相の実験的観察

寺町七海¹、桜井敬博²、太田仁³、瀬戸雄介⁴、
大石一城⁵、坂口佳史⁵、幸田章宏⁶、内野隆司⁴

¹理学研究科 博士前期課程 化学専攻、²神戸大研究基盤セ、³神戸大分子フォトセ、
⁴神戸大院・理、⁵CROSS、⁶KEK

超伝導体中に存在する強磁性成分は、外部磁場の非存在下でも自発的に渦糸相(量子磁束)を形成する可能性があるとして理論上予測されている[1]。しかし、強磁性の平行スピン配列は超伝導の反平行スピン対を破壊するため、自発渦糸相を実験的に観察することは困難である。そこで本研究では、近年我々が報告した常伝導 Mg/MgO 母体中に超伝導体 MgB₂ をフラクタル的に分散させたジョセフソン接合系複合体[2]を用いた。本複合体は、MgB₂ の体積分率が 16% と希薄であっても、約 30 K 以下で超伝導近接効果によるバルク的な超伝導(完全反磁性)を示す。この複合体に希薄に強磁性体 α'-MnB を取り込み、超伝導体と強磁性体が空間的に分離し、かつそれぞれのスピン状態が保持された複合体を作製した。この複合体の磁化測定、ミュオン緩和スペクトル(μSR)測定より、自発渦糸相の形成過程を実験的に観察した。[1] A. I. Buzdin, *Rev. Mod. Phys.* **77**, 935 (2005).

[2] T. Uchino, N. Teramachi, and R. Matsuzaki *et al.*, *Phys. Rev. B* **101**, 035146 (2020).

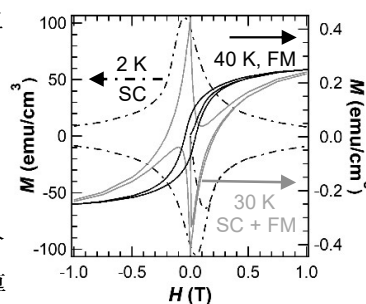


図. Mg/MgO/MgB₂/α'-MnB 複合体の磁化ヒステリシスの温度依存性. 温度の低下に伴い、強磁性(FM)から超伝導(SC)との共存状態を経て SC へ転移。

反強磁性体 Cr₂O₃ における

電場誘起磁化とドメインスイッチのダイナミクス

川畑将馬、岡本淳、河本敏郎

理学研究科 博士前期課程 物理学専攻

本研究では、ネール温度 $T_N=307$ K をもつ反強磁性体酸化クロム Cr₂O₃ における電気磁気効果とドメインスイッチのダイナミクスについて観測を行った。通常は磁場によって磁化が、電場によって電気分極が誘起されるのに対して、電気磁気効果とは、電場によって磁化が、磁場によって電気分極が誘起される現象である。酸化クロムはネール温度 T_N 以下で電気磁気効果を示す。本研究では、ファラデー回転を用いて、電場で誘起された磁化信号の温度変化を観測した。温度上昇に伴い、磁化信号が減少し、ネール温度に向かって急激に小さくなる振る舞いが観測された[1]。

Cr₂O₃ には二つの反強磁性ドメインが存在している。同じ向きの電場に対して電場誘起磁化の向きは反対向きに生成されることが知られている。さらに電場と磁場を同時に印加することで、片方のドメインにスイッチすることが報告されている[2]。しかし、そのダイナミクスについては必ずしも解明されていない。電場誘起磁化の観測により、ドメインスイッチの時間的空間的なダイナミクスの観測を行い、ドメインスイッチの電場や磁場に対する依存性を調べた。

[1] J. Wang and C. Binek, *Phys. Rev. Applied* **5**, 031001 (2006).

[2] C. C. Brown and T. H. O'Dell, *IEEE Trans, Magnetics* **MAG-5**, 964 (1969).

振動分光法を用いた PVA/PMMA ブレンドの 分子内・分子間相互作用に関する研究

三谷恵里加、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

ポリマーブレンドは混ぜ合わせることで、複数のポリマーの優れた特性を組み合わせることで向上させる、ポリマーの新しい材料開発に適した手法である。ポリビニルアルコール(PVA)はポリ酢酸ビニルのアセチル基をけん化したポリマーであり、けん化度が高くなるにつれて OH 基を多く含む (Fig.1)。また、PVA は未けん化の C=O 基と OH 基で分子内および分子間水素結合を形成する。ポリメタクリル酸メチル (PMMA)は C=O 基をもつ。本研究では、赤外分光法(ATR-FTIR)を用いて PVA の未けん化の C=O 基と OH 基の分子内相互作用、及び PMMA の C=O 基と OH 基の C=O $\cdots$ HO 分子間相互作用の温度変化に対する挙動を調べる。赤外スペクトルの 1711cm⁻¹ のピークにおいて、PVA ホモポリマーの強度は温度上昇に伴いピークが弱まり、消失するのに対して、ブレンドのピークは消失せずに高波数側にシフトする (Fig.2)。これと、OH 伸縮領域のピークを合わせて解析することで、PVA/PMMA ブレンドの C=O $\cdots$ HO 分子間相互作用を調べた。

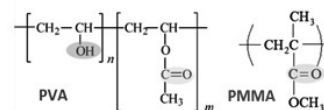


Fig.1. Chemical structure of PVA and PMMA

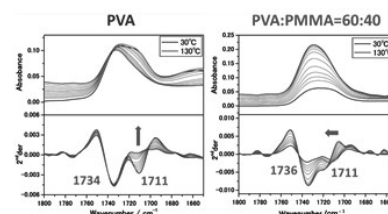


Fig.2. ATR-FTIR spectra of PVA homo polymer, PVA:PMMA=60:40 and their 2nd derivative spectra in the 1800-1650cm⁻¹ region

ヒスチジン含有設計ペプチドの亜鉛依存的な構造形成

本多絃¹、田村厚夫¹

¹ 神戸大院理 化学専攻 博士後期課程

立体構造を持つ小さなペプチドは、分子内の相互作用が少なく交絡因子を減らすことができるため、タンパク質の構造形成機構解明に良いツールとなるが、望みの構造で安定化させることが困難である。この困難を解決する手法の一つとして、天然のタンパク質にアミノ酸置換を施すリデザイン法がある。ところが、以前リデザイン法を用いて設計したペプチド MiST1~3 は、亜鉛イオン共存下で二次構造が誘起されたが、置換前の構造を保持することはできなかった。そこで今回、亜鉛イオンに配位させるヒスチジン(His)残基の間隔と誘起される構造との相関の解明を目指すこととした。本研究では MiST1~3 より短く、様々な His 残基の間隔を有するペプチド MiSTf1~f3 を合成した。円二色性測定を行ったところ、His 残基の間隔を変えると亜鉛イオンで誘起される二次構造は異なったが、His 残基の間隔が同じ場合、他のアミノ酸側鎖を全て水素(Gly)にしても同じ二次構造が誘起されることが示唆された。また、等温滴定型熱測定によってすべてのペプチドに亜鉛結合能があることが確認できた。NMR 測定では亜鉛ペプチド複合体が立体構造を有しておらず、ESI-MS より、亜鉛イオンと各種ペプチドは 1 対 1 で結合していることが明らかになった。以上の結果は、リデザイン法によって立体構造を持つ小さなペプチドを設計する際に、今回の金属ペプチドを用いた知見が有効であることを示している。

C17

超伝導物質を熱スイッチに用いた断熱消磁冷凍機の試作

薦田拓也¹、菅原仁²、松岡英一²

¹理学研究科 博士前期課程 物理学専攻、²神戸大院・理

異常磁性や非従来型超伝導などの強相関電子系の研究には極低温での測定が必要である。希釈冷凍機を用いれば 50 mK 程度の低温が得られるが、試料のセッティングから最低温に冷却するまで多くの労力と時間を要する。そこで本研究ではより簡便に 100 mK 程度の最低温度が得られる断熱消磁冷凍機(ADR)に着目し試作を行った。従来の ADR では、消磁をする前に常磁性塩を 1 K 程度まで冷却した後、断熱にする操作が必要であるが、この操作を超伝導物質の CeIr₃ を熱スイッチに使用し、消磁冷凍と断熱を同時に行う点が本冷凍機で工夫した点である。図に CeIr₃ の上部臨界磁場 H_{c2} の温度依存性を示す[1]。CeIr₃ の H_{c2} は 1 K で約 3.8 T であり、 H_{c2} 以上では常伝導ため熱伝導は良いが、 H_{c2} 以下では熱伝導が小さくなるため断熱状態を作る熱スイッチとして利用できるものと考えた。発表では装置の概略図や試験測定の結果について報告する。

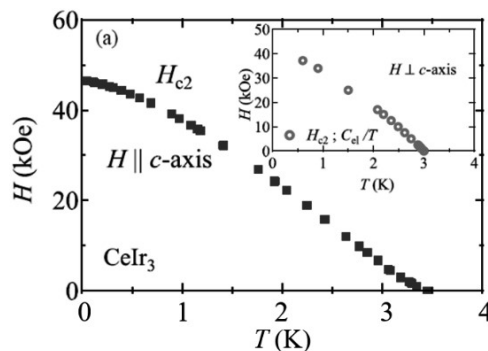


図 CeIr₃ の H_{c2} の相図 [1]

[1] Yoshiki J. Sato *et al.*, *Journal of the Physical Society of Japan* **87**, 053704 (2018).

C18

B 細胞における DGK の機能解析

竹之下逸樹¹、福田伊津子¹、上田修司¹、山之上稔¹、北村大介²、白井康仁¹

¹農学研究科 博士後期課程 生命機能科学専攻

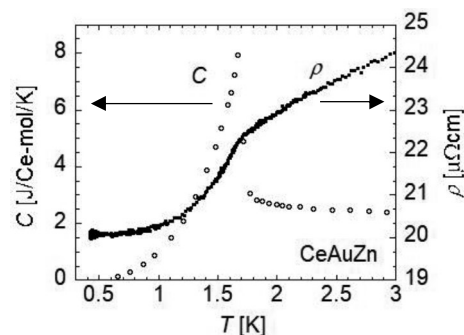
²東京理科大学 研究推進機構 生命医科学研究所

ジアシルグリセロール(DG)をホスファチジン酸に変換する脂質キナーゼである、ジアシルグリセロールキナーゼ(DGK)についての研究は盛んに行われ、DGK には 10 種類のアイソタイプが存在し、中でも DGK α や DGK ζ が免疫機能を担うリンパT 細胞や腫瘍細胞などの活性化や抑制を通して免疫寛容などに関連していることが報告されている。一方で、同じリンパ球に属し、液性免疫に関与する B 細胞では、DGK の機能がほとんど明らかになっていない。そこで我々は、B 細胞における DGK の機能を明らかにしていくこととした。

B 細胞は分化と成熟の過程で、形質細胞となり抗体産生を行うようになる。細胞質膜上に存在する B220 が、形質細胞において発現が低下することを利用し、DGK の阻害が形質細胞への分化に影響を及ぼすかを調べた結果、分化への影響は見られなかった。次に、産生される抗体のアイソタイプとの関連を調べることにした。抗体には IgA, IgD, IgE, IgG, IgM の 5 種類が存在し、それぞれ役割が異なる。マウス由来の培養細胞に DGK 阻害剤を添加して分化培養を行った際の IgE や IgG の mRNA 発現量変化を調べたところ、DGK α の阻害によって IgG の mRNA 発現レベルが有意に上昇する結果が得られた。この DGK α の阻害によって増加する IgG 産生は cPKC の阻害剤によって抑制されることから、IgG 産生には cPKC の関与が示唆された。

直方晶希土類化合物 CeAuZn の試料作製及び低温物性林英利¹、松岡英一²、菅原仁²、櫻井敬博³、太田仁⁴¹ 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・研究基盤セ、⁴ 神戸大・分子フォトセ

希土類の Ce やアクチノイドの U を含む f 電子系化合物は、伝導電子と f 電子との混成を起源とする RKKY 相互作用と近藤効果の競合により、重い電子系や異方の超伝導など多彩な物性を示すことが知られている。本研究では新奇物性の開拓を目的とし、近藤半導体 CeNiSn や強磁性超伝導体 URhGe , UCoGe と同じく TiNiSi 型の直方晶構造を持つ希土類化合物 RAuZn ($\text{R} = \text{Y}$, La-Nd , Sm , Gd-Tm , Lu 、空間群 $Pnma$, D_{2h}^{16} , No. 62) に注目した [1]。文献[1]によると、 CeAuZn は 2.1 K 以上では磁気転移を示さないと報告されている。そこで、本研究では CeAuZn の多結晶試料を作製し、2.1 K 以下で磁化、比熱、電気抵抗率の測定を行って低温物性を調べた。図 1 に 3 K 以下での電気抵抗率 ρ と比熱 C の温度依存性を示す。 $T = 1.7 \text{ K}$ で ρ は急激に減少し、 C には λ 型の飛びが見られたことから、この温度で相転移を示すことが分かった。さらに、磁場を印加することでこの相転移温度が減少することから、この相転移が反強磁性転移であることが分かった。

[1] W. Hermes, R. Mishra, Ute Ch. Rodewald, R. Pöttgen. *Z. Naturforsch.*, **63b**, 537-542 (2008).図 1：電気抵抗率 ρ と比熱 c の温度依存性

超伝導/半導体ナノ複合材料の合成と超伝導特性

橋本碧維¹、櫻井敬博²、太田仁³、内野隆司⁴¹ 理学研究科 博士前期課程 化学専攻、² 神戸大・研究基盤センター 極低温部門³ 神戸大・分子フォトサイエンス研究センター、⁴ 神戸大・理

近年、我々の研究グループは、 Mg と B_2O_3 を不活性ガス雰囲気下、 700°C 程度で加熱すると、 MgO (絶縁体)、 MgB_2 (超伝導体)、及び未反応の Mg (金属) が自己相似 (フラクタル) 的に分散したナノ複合材料が合成可能であることを報告した。また、超伝導体である MgB_2 が体積分率で 16 % 程度と希薄であっても、超伝導近接効果により系全体としてバルク的な超伝導を示すことを見出した。本研究では、この Mg/MgO/MgB_2 ナノ複合材料に代表的な半導体である Si 元素を Si 粉末あるいは SiO 粉末を原料として導入し、超伝導/半導体ナノ複合材料を作製した。XRD 測定結果より、 Si 添加試料及び SiO 添加試料ではいずれも Mg_2Si (半導体) に由来するピークが観測された (図 1)。2 K における磁化 (M) の外部磁場 (H) 依存性の測定結果より、 Mg/MgO/MgB_2 ナノ複合材料と比較すると、 SiO 添加試料ではヒステリシス幅が増大し、 Si 添加試料では減少していることがわかった (図 2)。この結果は SiO 粉末の添加により Mg/MgO/MgB_2 ナノ複合材料のピンニング力が特異的に増大することを示している。

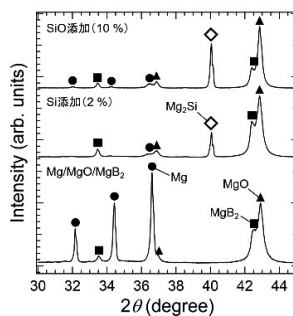
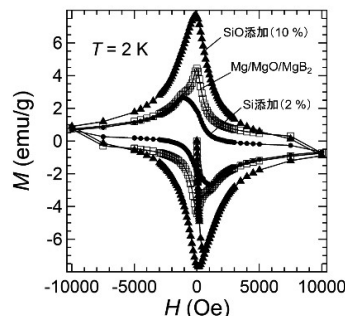


図 1. XRD 測定結果

図 2. M - H 測定結果 ($T = 2 \text{ K}$)

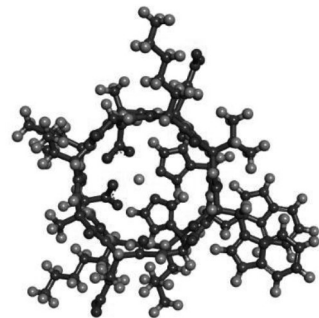
C21

レアメタルと結合する環状ペプチドの設計及び構造解析

小倉実夏¹、田村厚夫²

理学研究科 博士前期課程 化学専攻¹、神戸大院・理²

レアメタルは電子機器、触媒、医薬品など様々な産業で用いられている。しかし、その採掘量は世界的にも限られているため、ハイテク機器の産業廃棄物からレアメタルを選択的に回収することが求められている。一方、レアメタルのナノワイヤーは導電性をもち、透明導電性フィルムや電気自動車、PCなどの次世代のデバイス開発において重要な役割を果たすことが期待されている。そこで、自己集合により積層する環状ペプチドを用いることで選択的にレアメタルを回収し、効率的にレアメタルのナノワイヤーを構築することを目指した。今回設計した環状ペプチドモデルを右図に示す。ここでは、His、Cys および酸性アミノ酸を環の内側に配置した。実験ではレアメタルの添加を通して、円二色性測定により環状ペプチドの二次構造の変化を、AFM により形態変化を、NMR により三次構造の変化を検出した。これらの結果より、環状ペプチドのレアメタル選択性や結合状態を明らかにする。



今回設計した環状ペプチドが二量体として積層したモデル

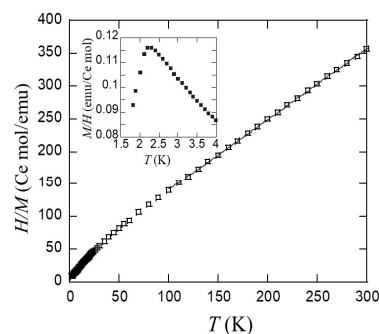
C22

六方晶フラストレーション化合物 CeMgIn の低温物性

大西昂¹、松岡英一²、菅原仁²、櫻井敬博³、太田仁⁴

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・研究基盤セ、⁴神戸大・分子フォト

Ce を含む化合物は $4f$ 電子と伝導電子の相互作用によって、異常な磁気秩序や重い電子状態など、さまざまな興味深い現象を示す。その中でも、幾何学的フラストレーションに起因したエキゾチックな磁性状態に興味をもたれており、近年精力的に研究が行われている。本研究では、Ce サイトが擬カゴメ格子を組むことによる幾何学的フラストレーションをもつ六方晶型化合物 CeMgIn (空間群 $P\bar{6}2m$, D_{3h}^3 , No.189) [1]に注目した。CeMgIn については文献[1]で合成が報告されたのみで、それ以外の物性報告はこれまでなされていない。そこで本研究では、多結晶試料作製と各種物性測定を行なった。右図に CeMgIn の逆磁化率 H/M の温度依存性を示す。100 K 以上において Curie Weiss 項に定数項を加えた式で H/M をフィッティングした結果、Ce 1 原子あたりの有効磁気モーメントは $2.64 \mu_B/\text{Ce}$ と見積もられ、Ce イオンが 3 価的であることが分かった。また、内挿図に示すように、磁化率 M/H は $T_N = 2.2$ K で極大を示すことから、 T_N で反強磁性転移が生じたと考えられる。



[1] R. Kraft, M. Valldor, D. Kurowski, R. Hoffmann, and R. Pöttgen., *Z. Naturforsch. B*, **59**, 513 (2004).

パターン化モデル膜とナノ空間を用いた

ドーパミン受容体の再構成と機能解析

杉町純音¹、永井るりか¹、鈴木健一³、林文夫⁴、笠井倫志³、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・バイオシグナル総合研究センター、³岐阜大・糖鎖生命コア研究所、⁴神戸大・理

ドーパミン受容体 D2 (D2R) は、G タンパク質共役受容体 (GPCR) の一種であり、神経機能に重要な役割を果たしている。D2R は様々な神経疾患の治療薬の標的となっているが、ダイマー化や脂質親和性など物理学的特性は不明である。本研究では、パターン化モデル膜とナノ空間を用いて D2R を再構成し、特性評価を行った。CHO 細胞に D2R を発現させ、細胞膜ベシクル (bleb) を利用してパターン化膜へ導入した。D2R 分子は、エラストマー材料である PDMS とパターン化膜の間にできたナノメートルサイズの隙間で高密度に再構成された。再構成された D2R は、アンタゴニストとの結合性や、ダイマー形成の評価により、生理学的機能を保持していることが示された¹。この発見は、ナノメートルサイズの隙間を、生理学的条件下で膜タンパク質の研究を行うプラットフォームとして利用できるという新たな可能性を示している。

1. Nagai R, Sugimachi A, Tanimoto Y, et al. Functional Reconstitution of Dopamine D2 Receptor into a Supported Model Membrane in a Nanometric Confinement. *Adv Biol.* 2021;2100636:2100636. doi:10.1002/adbi.202100636

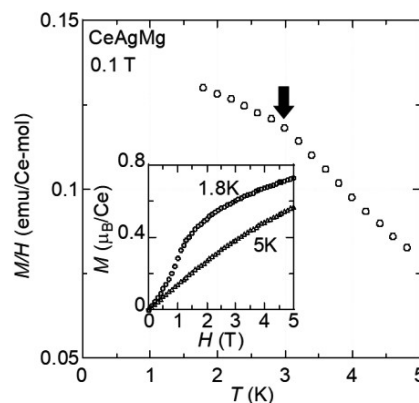
六方晶化合物 RAgMg (R = La, Ce, Pr, Sm)の低温物性

中村優介¹、松岡英一²、菅原仁²、櫻井敬博³、太田仁⁴

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・研究基盤セ、⁴神戸大・分子フォトセ

CeAgMg[1] (空間群: $P\bar{6}2m$, D_{3h}^3 , No.189)はCeが三角格子を作る六方晶化合物であり、幾何学的フラストレーションに起因した物性が期待される。この物質については文献[1]での合成報告があるのみで、それ以外の物性の報告がなされていなかったため、本研究では多結晶試料を作製し、基礎物性を調べた。

右図にCeAgMgの磁化率 M/H の温度依存性を示す。 $T_N = 2.9$ Kで相転移に起因すると思われる折れ曲がりが見られる。また、内挿図に示したように磁化の磁場依存性において、 T_N 以下の1.8 Kでは0.9 Tでメタ磁性的な磁化の急増が見られたことから、相転移は反強磁性転移と考えられる。しかし、通常の反強磁性転移と異なり、 T_N 以下で M/H が減少せずに増加する。この現象は幾何学的フラストレーションの寄与によるものと推測される。発表ではCeAgMgの電気抵抗率、比熱の測定結果および、他の試料の物性についても報告する。



[1] F. Thomas, P. Rainer, J. Solid State Chem., 161, 67(2001).

二次元赤外分光法による水溶液中における 振動数揺らぎの温度依存性

藤井悠生¹、奥田真紀²、太田薫^{1,2}、富永圭介^{1,2}

¹ 理学研究科 博士後期課程 化学専攻、² 神戸大・分子フォト

水溶液中では三次元的な水素結合ネットワーク構造が形成され、水素結合の生成・開裂に伴ってその構造は時々刻々と揺らぐ。この揺らぎに応じて水溶液中に存在する溶質分子の基準振動数は揺らぎ、これまで様々な溶質の振動数揺らぎの時間相関関数 (FFTCF) が非線形赤外分光測定によって調べられている。本研究では二次元赤外分光法を用い、図 1 に示した溶質の CO 伸縮振動の FFTCF の温度依存性を観測し、微視的な水素結合ダイナミクスに関する知見を得た。FFTCF の減衰過程を単一指数関数により表現した結果、溶質の大きさに応じて、減衰の時定数の長さとその温度依存性が変化することが明らかにされた。炭化水素基の存在により、溶質近傍の水素結合ダイナミクスがバルク領域のものとは異なることが示唆された。当日は分子動力学計算による解析と併せ、振動数揺らぎの分子論的解釈について議論する。

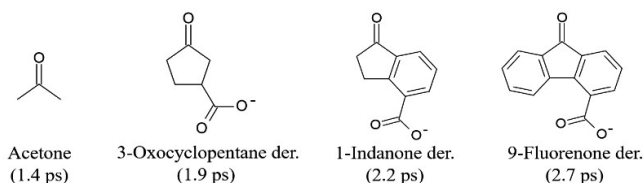


図 1. 溶質の分子構造および 293 K における FFTCF の減衰の時定数。“der.”は誘導体であることを示す。

時間分解分光法及び量子化学計算による 9-アリールカルバゾールの分子内電荷移動反応

高本和也¹、植野嘉文²、太田薫^{2,3}、林倫年⁴、秋本誠志²、松原亮介²、富永圭介^{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・分子フォトサイエンス研究センター、⁴ 国立台湾大・凝態科学研究中心

多くの反応が溶液中で起こり、その中でも電荷移動反応は強い溶媒依存性を示す最も基本的な反応の 1 つであるため、この反応機構を解明することは化学一般において重要な課題である。3,6-Bis(dimethylamino)-9-(4-cyanophenyl)carbazole (BANCC) は電子供与体と受容体が結合された構造を有しており (図 1.)、光励起後に 9 位の単結合周りにおける内部回転を伴う分子内電荷移動反応が起こると考えられている[1]。これによりその発光特性が溶媒の極性に強く依存するため、本研究ではフェムト秒過渡吸収分光法及び時間相関単一光子計数法による実験的アプローチに加え、溶媒効果を導入した密度汎関数理論による理論的アプローチを極性の異なる様々な有機溶媒中における BANCC に適用することで、この分子内電荷移動の反応機構解明を検討した。比較対象として、BANCC の電子供与体である 3,6-bis(dimethylamino)carbazole (BAC、図 1.) に対しても同様に行った。



図 1. BANCC 及び BAC の分子構造。

[1] R. Matsubara *et al*, *J. Org. Chem.*, **2019**, *84*, 5535

trans-スチルベン $S_1 \leftarrow S_0$ 遷移の高分解能レーザー分光

清水陽¹、中島康輔¹、馬場正明²、笠原俊二^{1,2}

¹ 理学研究科 博士前期課程 化学専攻、² 神戸大学分子フォト研究センター

スチルベン分子(Fig.1)は光励起によって *cis-trans* 転移が起ることが知られており、多くの研究が行われてきた。気相での光異性化は zewail ら[1]のモデルによって説明されている。*trans*-スチルベンの S_1 状態の寿命は Jortner ら[2]と Zewail ら[1]により各振電バンドの蛍光寿命が測定されていて、 0_0^0 バンドでは約 2.7 ns と報告されている。高分解能蛍光励起スペクトルは、Leo Meerts ら[3]によって観測され、分子定数が決定されている。

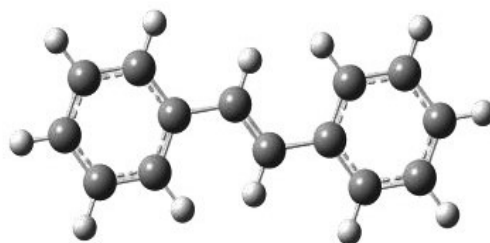


Fig.1 *trans*-スチルベン

本研究ではより高分解能な蛍光励起スペクトルを複数の振電バンドについて観測し、シミュレーションに基づいたそのスペクトルの解析することと *ab-initio* 計算によって分子構造、ポテンシャルエネルギーを正確に決定することを目指している。

[1] J. A. Syage, P. M. Felker, and A. H. Zewail, *J. Chem. Phys.*, **81**, 4706(1984)

[2] T. J. Majors, U. Even, and J. Jortner, *J. Chem. Phys.*, **81**, 2330(1984)

[3] B. B. Champagne, J. F. Pfanstiel, D. F. Plusquellic, D. W. Pratt, W. M. van Herpen, and W. L. Meerts, *J. Phys. Chem.*, **94**, 6 (1990)

エステル分解能を有するペプチドの人工設計

木村仁美¹、田村厚夫²

¹ 理学研究科 博士前期課程 化学専攻、² 神戸大院・理、

本研究はポリエチレンテレフタレート(PET)分解を目標に、エステル分解能を有するペプチドの人工設計を試みた。ペプチドは分子量が数千程度であり、酵素(分子量数万)よりもコンパクトで柔軟性が高い。このため PET 表面との接触効率が上がり、効率よく PET を分解できると期待される。まず初めに、 α ヘリックスを形成した際に、天然の PET 分解酵素の触媒残基と類似した立体配置となるようなペプチドを設計・合成した。次に、円偏光二色性測定により、水溶液中とエタノール 50 %中のペプチドの二次構造を比較したところ、ヘリックス性は後者の方が高かった。また温度を変えて測定したところ、高温にするほどヘリックス性が低いことが分かった。続いて UV-Vis 測定を用いて、PET のモデル化合物であるモノ-4-ニトロフェニルテレフタレート(MpNPT)を基質とした触媒活性測定を行ったところ、37 °C 水溶液中では、ペプチドによって分解速度は約 1.15 倍になった。一方、エタノール 50 %中では約 1.43 倍になった。これはエタノール中の方がヘリックス性が高く、触媒残基が適した位置に配置されているためだと考えられる。55 °C 水溶液中で実験を行ったところ、分解速度が約 1.08 倍にとどまったことから、このことが示唆される。

YIG における光励起キャリアの拡散ダイナミクス

虫明侑一郎、永富寛弥、川井恵介、河本敏郎

理学研究科 博士前期課程 物理学専攻

フェリ磁性体であるイットリウム鉄ガーネット(YIG)は磁気光学効果や電気磁気効果[1,2]に加え、光を照射することでその透磁率が変化する光透磁率効果[3]を示すことでも知られている物質である。この透磁率の変化は光励起されたキャリアとその緩和した状態が密接に関係していると考えられる。本研究では光励起によるキャリアの拡散に焦点を当て、例として YIG を用いた。そして光学的手法を用いてキャリアの拡散を空間的、時間的に直接観測する研究を行った。

本研究では、ポンプ・プローブ法を用いて透過率変化を測定し、ミリ秒領域におけるキャリアの拡散を観測した。この実験では、直線偏光のポンプ光が試料に照射されるとキャリアが生成され吸収が生じる。続いてキャリアの拡散が起こり、吸収に変化が生じる。この吸収のダイナミクスを調べるため、試料を透過したプローブ光の透過率変化をフォトダイオードで測定した。実験では、ポンプ光とプローブ光が重なった状態からポンプ光の位置を徐々にずらすことで、空間的、時間的に拡散するキャリアの様子を観測した。

[1] T. H. O'Dell, *Phil. Mag.* 16, 487 (1967).

[2] H. Ogawa, E. Kita, Y. Mochida, K. Kohn, S. Kimura, A. Tasaki, and K. Siratori, *J. Phys. Soc. Jpn.* 56, 452 (1987).

[3] 前田敬一郎, 松原郁哉, 藤原努, 久武慶蔵, 川井頼能, 植松健一, *日本応用磁気学会誌* 15, 201-204 (1991).

有機太陽電池界面の電荷移動と電荷解離

長友敬晃¹、婦木正明^{1,2}、山田容子³、増尾貞弘⁴、小堀康博^{1,2}

¹理学研究科 博士前期課程 化学専攻、²神戸大・分子フォト、³奈良先端大先端、⁴関西学院大生命環境

ベンゾポルフィリン-ジケトピロロピロール(BP-DPP)は可視光において幅広い吸収領域を持つ電子供与体であり、フラーレン誘導体との混合膜は有機太陽電池として機能することが報告された。[1]しかしこの低分子量ドナーを用いた有機太陽電池における初期の電荷生成機構は未解明で、我々は PCBM との混合膜に対して時間分解 EPR 測定を行い、電子スピン分極から電荷分離と再結合の解析を行った。

図 1 は混合膜における、励起光照射から 500 ns 後の時間分解 EPR スペクトル(実線)および量子論に基づくスペクトルシミュレーション結果(点線)である。上向きの信号がマイクロ波の吸収(A)、下向きが放出(E)を示す。測定では特徴的な A/E/A/E 信号を示し、シミュレーション解析によってドナー/アクセプター界面での CT 状態を経由した三重項再結合が発生したことが示唆された。また、343 mT の鋭いピークは、ドナー/アクセプター界面での電荷解離を示していると考えられる。

[1] K. Takahashi *et al. J. Mater. Chem. A*, 2017, 5, 14003-14011

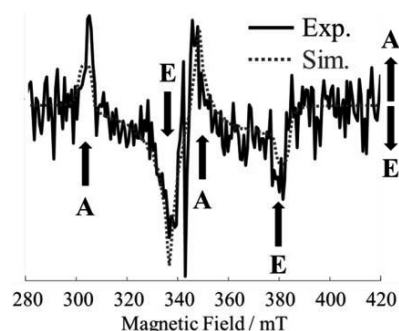


図 1 BP-DPP と PCBM 混合膜における時間分解 EPR スペクトル

C31

流行性出血病ウイルスのリアソートメントパターンと ウイルス生存に関する研究

松田梢¹、白藤浩明²、佐伯圭一³、河野潤一³、松尾栄子³

農学研究科 博士前期課程 資源生命科学専攻¹、農研機構動衛研 企画戦略本部²
神戸大院・農³

流行性出血病ウイルス (Epizootic Hemorrhagic Disease Virus, EHDV) はレオウイルス科オルビウイルス属に属するアルボウイルスで、10本の2本鎖RNA(S1-10)をゲノムに持つ。分節型のゲノムをもつウイルスは分節ゲノムの交雑という特殊な変異によって病原性や感染性が変化し、生存に有利なウイルスが選択される。国内では重篤な症状を引き起こすリアソータント EHDV が確認されているがリアソートメントパターンと病原性の関係については明らかになっていない。本研究では 2015 年に兵庫県で流行が確認された EHDV6 に近縁な株を用いて遺伝子操作法 (RG) を確立し、EHDV6、EHDV2 および EHDV7 間で様々なセグメントを組み合わせてリアソータントウイルスを作製しその性状を比較した。その結果、EHDV6 をバックボーンとして S1 を他の血清型由来にしたウイルスでは感染初期の増殖能が低下した。このことからポリメラーゼである構造タンパク質 VP1 をコードする S1 がウイルスの増殖に関与していることが示唆された。また EHDV2 をバックボーンとしたウイルスと比較したところ、EHDV2 の S9 を含むウイルスではプラークサイズが大きくなり EHDV6 の S9 を含むウイルスではプラークサイズが小さくなった。このことから EHDV2 由来の S9 がプラークサイズに影響を与えていることが示唆された。

C32

パターン化モデル膜へのチラコイド膜再構成

楠祐佳¹、高木大輔²、秋本誠志³、前川昌平³、森垣憲一^{1,4}

農学研究科 博士前期課程 生命機能科学学専攻¹、摂南大・農²、神大院・理³、神大・バイオシグナル総合研究センター^{1,4}

光合成は、チラコイド膜で起こり、膜は、分子分布、タンパク質の動きなどに重要な役割を果たすが、分子の密集、組成、組織化の影響を、*in vivo* で評価することは困難である。そこで、光合成の分子メカニズムを理解するためにチラコイド膜をパターン化された人工モデル膜に再構成する方法を開発した(図1)。先行研究により、ホウレンソウの葉から精製されたチラコイド膜と合成リン脂質(DOPC)ベシクルの混合物が、2D ハイブリッドチラコイド膜を自発的に形成することが示された。光合成機能の研究に応用できるハイブリッドチラコイド膜を開発するために、膜の再構成された成分を分析し、タンパク質の状態や保持された機能を理解することを目的とした。低温でのスペクトル測定により、ハイブリッド膜では LHCII-PSI 複合体が結合した状態であるのに対し、LHCII-PSII は解離していることが示唆された。これは膜成分の希釈が原因として考えられたため、ハイブリッド膜の脂質組成の制御を試みた。導入するチラコイド/DOPC の脂質比を変化させることで、チラコイド膜量の増加が可能であることが示された。電子受容体と抑制剤を用いて蛍光強度から、PSII 電子伝達活性を確認したところ、ハイブリッドチラコイド膜とクロロフィル a/DOPC では蛍光値減少の仕方に違いがあることが示された。

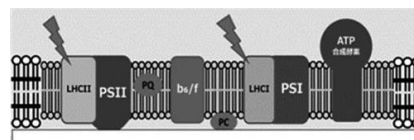


図1 ハイブリッドチラコイド膜

温度応答性高分子の水和ダイナミクス

井岡光¹、藤井悠生¹、Lou Serafin M. Lozada¹、橋本千尋²、太田薫³、富永圭介^{1,3}

¹理学研究科 化学専攻 博士課程、²新居浜高専生物応用化学、³神戸大・分子フォト

ポリ(N-イソプロピルアクリルアミド) (PNiPA)やポリ(N,N-ジエチルアクリルアミド) (PdEA)などの高分子は、水溶液中において親水性のランダムコイル状態で溶解するが、温度上昇によりコイル-グロビュール転移を示し、疎水性のグロビュール状態へと収縮する。しかし、転移機構において重要であるといわれている水和水の挙動については、測定手法等によって異なる解釈が提案されており、詳細には分かっていない。本研究では、溶媒である水、特に溶質周辺に存在する水和水の構造や動的挙動に関する情報を得るためマイクロ波から中赤外に渡る分光測定を行った。具体的には、マイクロ波から THz 帯での誘電分光測定と、OH 伸縮バンド等の赤外分光測定を行った。誘電分光測定で得られたスペクトルは以下の式で表すことができた。

$$\varepsilon(\omega) = \sum_{m=1}^3 \frac{\Delta\varepsilon_m}{1 + i\omega\tau_m} + \frac{A_I}{\omega_I^2 - \omega^2 + i\omega\gamma_I} + \varepsilon_\infty \quad (1)$$

式(1)左辺第一項には水和水による複素誘電率への寄与が含まれており、その強度 $\Delta\varepsilon_2$ (図1; 右上図三角)は温度上昇により減少を示し、転移に伴い水和水が失われるモデルと定性的に一致した[1]。

[1] K. Yanase, et al. J. Mol. Liq. 302, 112025 (2020).

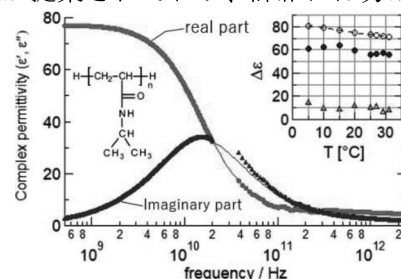


図1. 20°Cにおける5wt% PNiPA水溶液の複素誘電率スペクトル実部(丸)及び虚部(三角)。実線はフィッティング結果、右上の図はフィッティング関数中のパラメータの温度依存性を表している。

二次電子放出を利用した高速イオンからのエネルギー回収におけるカusp磁場導入の効果

多鹿祐輔¹ 中本聡¹ 竹野裕正¹ 古山雄一² 谷池晃²

工学研究科 電気電子工学専攻¹ 海事科学研究科²

D³He 核融合発電は生成されるエネルギーの殆どが荷電粒子の運動エネルギーで、直接エネルギー変換が可能であるため次世代の発電方式として近年注目されている。反応生成物の陽子はエネルギーが巨大で、特別なエネルギー回収法が必要である。その一つの手法として、高速陽子を多段に設置された金属箔に照射し、発生する二次電子を捕集することで間接的に高速陽子のエネルギーを回収する図のようなSEDEC(Secondary Electron Direct Energy Converter)が提案されている。我々は、タンデム静電加速器を利用して、SEDECの開発を実験的に進めている。

放出された二次電子を側面の捕集電極に効率良く導くため、ビームに垂直な横方向磁場を印加したところ、電子の放出量が低下した。これは二次電子がラーマー運動で箔に戻るためと考えられる。これを防ぐために、放出点では箔に垂直で捕集電極へと向かうカusp磁場に変更する。本研究では、カusp磁場の効果を調べる基礎実験として、箔電極1枚で模擬実験装置を構成し、放出量および回収量を測定した。研究会ではこれらの結果を発表する。

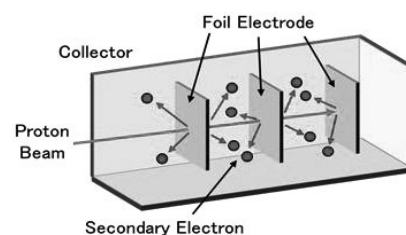


図 SEDEC 概要図

D02

その場イオンビームグラフト重合した試料の RBS 分析

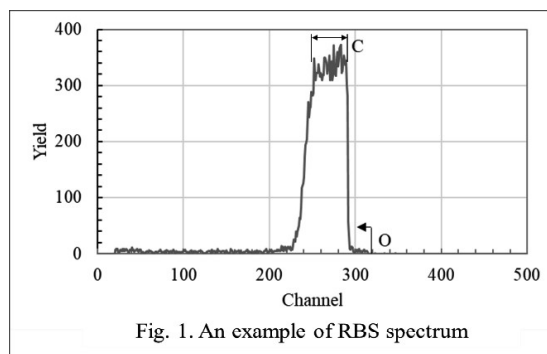
新田 勇輝¹, 原田 史哉¹, 宮内 環², 伊藤 拓海², 谷池 晃³, 古山 雄一³

¹海事科学研究科 博士前期課程 海事科学専攻, ²海事科学部, ³神戸大院・海

既存の高分子に新たな機能性を付与させる方法として放射線グラフト重合がある。我々は照射とグラフト重合の過程を同時に行う「その場イオンビームグラフト重合法」を用いて機能性ポリマーの作製に関する研究を行っている。

これまでの研究によってその場イオンビームグラフト重合法の開発が進められてきた。しかし、その場イオンビームグラフト重合によって作製された試料はグラフト鎖が少ないため、実験前後の重量変化を用いたグラフト率での評価は不適切であった。そこで、試料中の組成の深さ-密度分布が得られる RBS 分析を利用した。ポリエチレンに対し、酸素原子を含むアクリル酸をモノマーに用いてグラフト重合する場合、グラフト鎖にのみ酸素原子が含まれる。よって、作製した試料の酸素原子の深さ-密度分布から、導入されたグラフト鎖量を評価することができる。

10 μm 程度のポリエチレンにアクリル酸をイオンビームグラフト重合した試料に 2.8 MeV の陽子を入射し、散乱粒子を測定した結果を Fig. 1. に示した。このスペクトルを RBS 分析し、グラフト鎖評価を行った。



D03

高エネルギーガンマ線カメラ開発のための

コリメータ基礎実験

藤原理帆¹, 谷池晃², 古山雄一²

¹海事科学研究科 海事科学専攻 博士前期課程, ²神戸大院・海

現在、次世代のエネルギー源として核融合エネルギーが注目されており、核融合炉発電の実現に向けた研究開発が進められている。DT 核融合炉の課題の一つにプラズマからアルファ粒子が損失することによるプラズマの自己加熱効率の低下が挙げられる。そのためプラズマの炉壁材料である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高エネルギーガンマ線 (4.4 MeV) の発生位置と数量を高エネルギーガンマ線システムによって炉外から測定することでプラズマ診断を行うアルファ粒子誘起ガンマ線計測手法が提案されている。

本計測手法に用いる高エネルギーガンマ線カメラの方式として、コリメータ、ピンホール、コードットアパーチャの 3 種が考えられる。本研究ではコリメータに着目し、実験的研究を行った。本学静電タンデム加速器を用いてプロトンでベリリウムを照射してガンマ線を発生させた。ガンマ線を計測する高純度ゲルマニウム検出器の前方にスリット型の鉛コリメータを設置し、その角度を変えることによる γ 線の検出量の変化を測定してコリメータのアクセプタンス角を得ることを目的とした。100×100×50 mm の鉛ブロックを用いたコリメータのアクセプタンス角の半値幅はスリット幅が 5 mm, 10 mm の時それぞれ 2°, 3°であった。

イオンビームグラフト重合法における モノマー導入法の改良

原田 史哉¹, 新田 勇輝¹, 宮内 環², 伊藤 拓海², 谷池 晃³, 古山 雄一³

¹海事科学研究科 博士前期課程 海事科学専攻, ²海事科学部, ³神戸大院・海

今日、高分子材料は身の回りの様々な製品に使用されている。高分子材料は様々な性質を持つ物があり、高分子製品は機械、電気、化学工業、医療といった様々な分野において使用されている。一部の高分子材料は放射線グラフト重合によって製造されている。我々はイオンビームを用いてポリマーにモノマーをグラフト重合し、機能性高分子材料の開発を行っている。機能性高分子材料の開発には真空中における重合反応ダイナミクスの解明が重要である。本研究の目的は真空中へのモノマー導入方法を改良することである。

従来の実験方法では、モノマーをモノマーボンベからイオンビーム照射チェンバーに導入していたが、モノマーボンベと照射チェンバーの間にリザーバータンクを設置することにより、圧力制御の改善を行う。モノマー導入予備実験を行った結果、モノマー圧力が最大 8×10^2 Pa に達した。さらに H^+ でポリエチレンを照射した後、照射チェンバーにアクリル酸モノマーを導入し、グラフト重合を行った。使用したイオンビームのエネルギーは 2 MeV、フルエンスは $2 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ 、フルエンス率は $1 \times 10^9 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ で、ポリエチレンの厚さは 10 μm と 5 μm である。試料のグラフト率（ポリエチレン重量に対する導入されたグラフト鎖重量の割合）は 5% であった。

Li_2ZrO_3 粉末を用いた CO_2 吸収現象に関する基礎研究

平野晃大¹、富浪洸亮¹、壺井裕気¹、和田真純²、谷池晃²、古山雄一²

¹海事科学研究科 博士前期課程 海事科学専攻、²神戸大・海事

Li 金属化合物 Li_2ZrO_3 はトリチウムの生産や増殖の優位性に加え、熱交換、中性子遮蔽等の役割を持つため、核融合炉ブランケット候補材料の一つに挙げられる。しかし、室温で CO_2 を吸収することが知られており、材料表面に Li_2CO_3 が生成され、トリチウムの生産効率を低下させる可能性がある。このため、 Li_2ZrO_3 の CO_2 吸収特性を詳しく研究する必要がある。そこで作製した低・中密度の Li_2ZrO_3 試料の粉末を乾燥空気、乾燥 CO_2 ガス、湿潤空気にそれぞれ曝露し CO_2 吸収の基礎的特性を調べた。固形試料に比べ表面積が大きい粉末試料を用いることで、曝露条件が Li_2ZrO_3 の CO_2 吸収特性に与える影響をより詳しく調べた。本研究では、非ラザフォード後方散乱分光法(NRBS)及び重量測定を用いた。NRBS 分析においては試料表面近傍領域の、重量測定においては試料全体の CO_2 吸収量を評価した。

右図は低密度粉末試料の重量測定結果である。曝露時間を増加させると H_2O 濃度の大きい湿潤空気に曝露された試料が最も CO_2 を吸収することが分かった。 CO_2 濃度の大きい乾燥 CO_2 ガス曝露の試料よりも湿潤空気曝露の試料の方が CO_2 吸収量は多いことより、 CO_2 吸収特性に与える雰囲気中の H_2O 濃度の影響は大きいと考えられる。本公演では NRBS 分析の結果も交えて発表する。

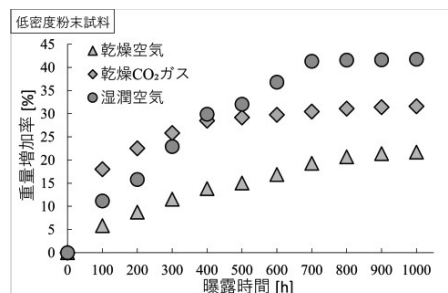


図 低密度粉末試料の重量増加の時間変化

低・中・高密度 Li_2TiO_3 試料の CO_2 吸収特性

壺井裕気¹、平野晃大¹、富浪洗亮¹、和田真純²、谷池晃³、古山雄一³

海事科学研究科 博士前期課程 海事科学専攻¹、神戸大学 海事科学部² 海事科学研究科³

Li 金属化合物である Li_2TiO_3 はトリチウムの生産、熱交換、中性子遮蔽等の役割を持つ核融合炉ブランケット候補材料の一つとして考えられている。一方で、 Li_2TiO_3 は室温で CO_2 を吸収することが報告されている。 CO_2 を吸収した Li_2TiO_3 をブランケット材料として使用すると、トリチウムの生産効率や材料強度の低下を引き起こすことが考えられているため、 Li_2TiO_3 の CO_2 吸収特性を詳しく研究する必要がある。現在までの本研究室の研究により、ブランケット候補材とされている Li 金属化合物の CO_2 吸収特性は、試料密度や曝露雰囲気中の CO_2 量・ H_2O 量、試料全体と試料表面近傍によって異なることが示唆されてきた。そこで本研究では、これらが Li_2TiO_3 の CO_2 吸収特性に与える影響を調べるために、低・中・高密度の Li_2TiO_3 試料を種々の雰囲気曝露し、 CO_2 吸収量を評価した。 CO_2 吸収量の評価には、NRBS 分析と重量測定を用いた。

NRBS 分析と重量測定の結果、 Li_2TiO_3 の CO_2 吸収量は、試料密度が高くなるにつれて減少することが分かった。XRD 分析の結果、試料密度が高くなると試料を構成する結晶構造が緻密になり、 CO_2 の吸収が抑制されることが分かった。

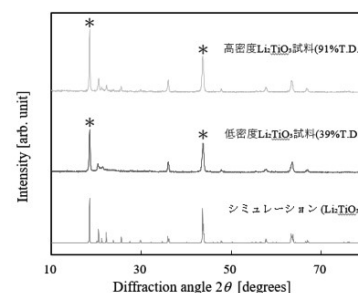


図 低・高密度試料に対する XRD 分析

NRBS を用いた核融合炉ブランケット材料の基礎研究

富浪洗亮¹、平野晃大¹、壺井裕気¹、和田真純²、谷池晃²、古山雄一²

¹ 海事科学研究科 博士前期課程 海事科学専攻、² 神戸大・海事

核融合炉におけるブランケット材料の候補として化学的安定性の高い Li 金属化合物である Li_2ZrO_3 、 Li_2TiO_3 が挙げられる。ブランケット材料は DT 反応の燃料であるトリチウムを生成する役割を持つ。一方で、 Li_2ZrO_3 、 Li_2TiO_3 は室温で CO_2 を吸収することが報告されている。 CO_2 を吸収すると、材料表面の組成が変化し、材料強度やトリチウムの回収効率が低下する可能性が指摘されている。本研究では、 Li_2ZrO_3 、 Li_2TiO_3 の CO_2 吸収特性の研究を行うため、作製した Li_2ZrO_3 、 Li_2TiO_3 試料を様々な雰囲気曝露した。これらの試料に対して非ラザフォード後方散乱分光法(NRBS)を用いた実験を行った。

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分析法である。これにより試料表面近傍における多重元素の定量分析ができる。NRBS 測定の例として、図に Li_2ZrO_3 の未曝露及び乾燥 CO_2 ガスに 600 時間曝露後の NRBS スペクトルを示す。この図より、C スペクトルの出現と O スペクトル収量の増加が観測された。このことより、 CO_2 を吸収していることが確認できた。そこで、試料全体での CO_2 吸収量も評価するため、重量測定を行った。発表では、NRBS、重量測定について詳細に説明する。

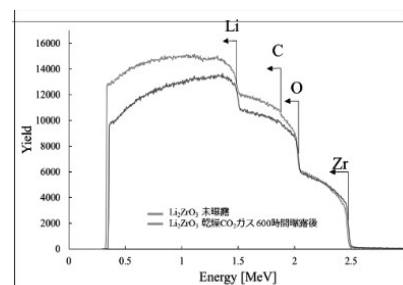


図 Li_2ZrO_3 の NRBS スペクトル

メモ



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 2021 概要集

発行日：令和3年 12 月 24 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