

2024 年度

教育と研究に関する年次報告書

神戸大学
大学院理学研究科化学専攻
理学部化学科

2025 年 7 月

目次

はじめに.....	3
1. 化学領域の構成と活動.....	4
(1) 人員構成.....	4
①教育研究分野単位のスタッフ.....	4
②教育研究分野単位の院生学生.....	5
(2) 人事異動.....	5
(3) 領域（学科）の運営分担.....	6
(4) 領域（学科）の行事.....	7
(5) 社会活動（学会活動）.....	8
(6) 海外渡航.....	9
(7) 外国人訪問者.....	10
(8) 科学研究費.....	13
(9) その他の研究助成.....	14
(10) 校費の使用状況，研究環境の整備.....	16
2. 教育活動.....	17
(1) カリキュラム(学部, 大学院).....	17
(2) 開講科目担当(学部, 大学院, 全学共通).....	17
(3) 学位授与（博士, 修士, 学士）.....	22
(4) 進路状況（博士, 修士, 学士）.....	24
(5) 他大学等への出講.....	26
(6) RA, TA・SA・STA の任用.....	26
(7) ディプロマ・ポリシー達成度アンケート.....	26
(8) 学生による授業評価.....	28
3. 研究活動.....	29
(1) 国内共同研究の記録.....	29
(2) 国際共同研究の記録.....	33
(3) 学術集会の開催.....	35
(4) 雑誌編集委員.....	36
(5) 研究支援体制.....	36
(6) 個別研究活動の記録.....	36
(7) 社会的な講演.....	36
(8) 学会賞等.....	36
(9) 著書数・査読論文数・講演数（国際・国内）・受賞数の記録.....	38

別紙 個別研究活動の記録(2024年度)
教育実績報告書(2024年度)

はじめに

この年次報告書は、神戸大学大学院理学研究科化学専攻・理学部化学科、分子フォトサイエンス研究センター、ならびに数理・データサイエンスセンターにまたがる、理学系化学関連分野の教育と研究に関する2024年度の活動をまとめたものです。学内外の皆さまにご高覧いただき、ご意見、ご批判を仰ぐべく毎年公開しております。

私ども化学専攻・化学科では、化学に関連する知的基盤の構築と人材育成を通じて社会に貢献することを目標に、教育・研究活動に取り組んでおります。近年、人口動態をはじめとする国内情勢の変化に加え、国際経済的な状況が急速に移り変わる中で、教育研究を取り巻く環境も大きく変化しております。こうした状況のもと、私どもの活動がその目標に照らして的確かつ有効であるかについて、忌憚のないご意見を賜れば幸いです。

2025年 7月 31日

2025年度 化学専攻 専攻長 大西 洋

1. 化学領域の構成と活動

(1) 人員構成

① 教育研究分野単位のスタッフ

表 1-(1)a. スタッフ配置 (*分子フォトサイエンス研究センター、+数理・データサイエンスセンター)

教育研究分野	教 授	准 教 授	講 師	助 教	研 究 員 (PD)等
分子動力学	和田昭英	*笠原俊二			
物性物理化学	大西 洋 +木村建次郎	枝 和男		CHEW YI HAO(～R7.1 特命助教)	森口志穂(非常勤講師 (研究))
反応物理化学	*小堀康博 *立川貴士			*婦木正明 (特命助手) *岡本 翔 (助手) *隈部佳孝 (～R6.5 特命 助手, R6.6～ 特命助教)	
固体化学	持田智行 内野隆司	高橋一志			Kobra Zavar Mousavi (学術研究員)
溶液化学	*富永圭介				
状態解析化学	秋本誠志				
有機反応化学	林 昌彦 松原亮介			Weibin XIE (特命助教) 村上 賢 (特命助教)	
生命分子化学	茶谷絵理	田村厚夫 木村哲就			朝田晃一 (理学研究科研究協力 員) 柚 佳祐(理学研究科研 究員) 飯田禎弘(～R6.6 学術 研究員)
有機分子機能		津田明彦			
共通					古家圭人(技術職員)
構造解析化学 (連携講座)	小金澤智之 上杉健太郎 (客員教授)	関澤央輝 (客員准教授)			
理論生物化学 (連携講座)	中嶋隆人 (客員教授)				

②教育研究分野単位の院生学生

表1-(1)b. 院生学生分属(*学術振興会特別研究員)

教育研究分野	D3	D2	D1	M2	M1	B4	研究生 (院・学部)
分子動力学	1			3	1	4	
物性物理化学	3			5	4	5	1
反応物理化学			2	5	5	4	
固体化学				6	5	5	
溶液化学	1			1	2	2	1
状態解析化学	1			2	2	2	1
有機反応化学		2	3	5	5	3	2
有機分子機能	1			2	2	2	1
生命分子化学	1			5	5	5	

(2) 人事異動

氏名	異動年月日	内容
村上 賢	2024.4.1	着任(特命助教)
秋本誠志	2024.8.1	昇任(准教授→ 教授)
茶谷絵理	2025.1.1	昇任(准教授→ 教授)

(3) 領域(学科)の運営分担

表1-(3). 領域運営役割分担の記録(専攻内委員)

役 割	氏 名
専攻長	大西 洋
副専攻長	内野隆司
教務委員	木村建次郎
副教務委員	津田明彦
予算委員	高橋一志
広報委員	富永圭介
就職委員	立川貴士
自己評価委員	持田智行
入学試験委員	木村哲就
副入学試験委員	松原亮介
ネットワーク運営委員	内野隆司

表1-(3). 領域運営役割分担の記録(研究科・全学委員等)

役 割	氏 名
外部資金アドバイザー	木村建次郎
安全衛生会議	松原亮介
「安全の手引」編集委員会	木村建次郎
金工室主任	笠原俊二
神戸大学 120 年史部局史委員会	持田智行
技術職員職務協議委員会	内野隆司
安全衛生委員会	古家圭人
化学物質安全管理委員会	松原亮介
化学物質安全管理委員会専門委員会	津田明彦
化学物質管理者・保護具着用管理責任者	松原亮介
入試改革推進本部委員	小堀康博

海外学生派遣委員会	富永圭介
環境保全推進センター運営委員会	松原亮介
環境保全推進員	松原亮介
特別管理産業廃棄物管理責任者	松原亮介
中和・曝気槽管理運営ワーキンググループ(A棟)	古家圭人
環境管理センター技術指導員	古家圭人
大学教育推進機構 神戸グローバルチャレンジプログラム委員会	富永圭介
分子フォトサイエンス研究センター運営委員会	和田昭英
学術研究不正行為防止委員会	立川貴士
中和曝気槽委員 (総合研究棟 1,2 号館)	木村哲就
排水管理責任者(自然科学の曝気槽)	木村哲就

(4) 領域(学科)の行事

表1-(4). 領域行事の記録

日 時	行 事
4月 3日	新入生ガイダンス(学部編入学)
4月 4日	新入生ガイダンス(大学院)
4月 5日	新入生ガイダンス(学部)
4月 8日	前期授業開始
5月11日	オープンラボ
7月6日, 7日	3年次編入試験
8月 6日	オープンキャンパス
8月22日, 23日	大学院博士前期(修士)課程 入学試験
8月26日	大学院博士後期(博士)課程 入学試験
10月 1日	後期授業開始
10月26日	ホームカミングデー
2月19日, 20日	修士論文発表会
3月 4日	大学院研究経過発表会
3月 7日	4年生特別研究発表会

(5) 社会活動(学会活動)

表1-(5). 社会活動(学会活動)の記録

氏名	活動内容	期間
秋本誠志	日本光合成学会幹事	11.4.1- 継続中
	光合成セミナー運営委員会委員	11.7.10- 継続中
	International conference “Photosynthesis and hydrogen energy research for sustainability”, organizer member	19.2.1-継続中
内野隆司	日本化学会近畿支部幹事	24.4.1- 継続中
	京都大学化学研究所 国際共同利用 共同研究拠点 委員会委員	18.11.13- 継続中
	日本セラミックス協会 代議員	17-4.1- 継続中
枝 和男	日本ポラログラフ学会評議員	19.1.1- 継続中
大西 洋	次世代ナノプローブ技術委員会委員	23.10 - 継続中
	JST 創発的研究支援事業アドバイザー (創発 AD)	23.10 - 25.9
	北海道大学触媒科学研究所運営協議会委員	24.4 - 26.3
	International Colloquium on Scanning Probe Microscopy (ICSPM), conference chair	24.5 - 継続中
	16th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures (ACSIN-16), program committee chair	24.11 - 継続中
	応用物理学会薄膜表面分科会幹事	18.4 - 継続中
	金属酸化物表面科学国際ワークショップ international steering committee member	18.4 - 継続中
笠原俊二	分子分光研究会運営委員	15.4.1 - 継続中
	日本分光学会関西支部幹事	17.8.1 - 継続中
	日本分光学会代議員	18.5.22 - 継続中
木村哲就	蛋白質科学会アーカイブ編集委員	18.10.1- 継続中
	日本生物物理学会分野別専門委員	25.1.1 - 継続中
小堀康博	国際スピン化学会議委員	13.4.1 - 継続中
	光化学協会理事	22.1.1 - 継続中
	分子科学会第9期運営委員	22.8.1- 継続中

立川貴士	光化学協会常任理事	24.1.1 - 継続中
田村厚夫	大阪大学蛋白質研究所共同研究員	21.4.1 - 継続中
	日本生物物理学会分野別専門委員(タンパク質設計・ドラッグデザイン)	22.1.1 - 継続中
高橋一志	錯体化学会 討論会・国際会議運営委員	20.12.1 - 継続中
茶谷絵理	日本蛋白質科学会執行役員、代議員	20.6.25 - 24.6.11
	日本生化学会評議員	22.9.1 - 継続中
	日本生物物理学会理事	23.5.1 - 継続中
	日本生物物理学会分野別専門委員	24.1.1 - 継続中
富永圭介	テラヘルツテクノロジーフォーラム研究交流委員	10.6.18 - 継続中
	テラヘルツテクノロジーフォーラム理事	23.4.1 -
	文部科学省教科用図書検定調査審議会臨時委員	23.4.1 - 継続中
林 昌彦	近畿化学協会代議員	18.4.1 - 継続中
	近畿化学協会有機金属部会幹事	17.4.1 - 継続中
	OMCOSXXII 組織委員	24.4.1 - 継続中
松原亮介	有機合成化学協会関西支部幹事	14.4.1 - 継続中
	日本化学会近畿支部幹事	23.4.1 - 継続中
	日本化学会役員候補者選考委員会委員	24.4.1 - 25.3.31
	2024 年度公益社団法人日本化学会代議員	24.4.1 - 25.3.31
	日本化学会代表正会員	23.3.1 - 25.2.28
	反応と合成の進歩シンポジウム実行委員	23.4.1 - 25.3.31
持田智行	有機 π 電子系学会 幹事	18.12. - 継続中
和田昭英	Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics Committee member	10.4.1 - 継続中
	応用化学研究会 理事	12.4.1 - 継続中
	応用化学研究会 関西支部 支部長	23.4.1 - 継続中

(6) 海外渡航

表1-(6). 海外渡航記録

氏名	渡航期間	渡航先	渡航目的
秋本誠志	6.22-29	トルコ	12th International Meeting 《Photosynthesis and

			Hydrogen Energy Research for Sustainability-2024))にて研究成果発表・情報収集
小堀康博	4.8-11	Warwick, UK	57th RSC EPR Meeting にて基調講演
	5.27	Sanfransisco, USA	ECS Meeting にて招待講演
	8.28-31	釜山	KJF-ICOMEF にて招待講演
	12.14-15	インド	12th International Symposium in Dynamic Exciton (IDyEx)にて招待講演
立川貴士	7.13-21	スペイン	29th IUPAC Symposium on. Photochemistry にて研究成果発表・情報収集
	8.15-19	中国	1st International Symposium on Chemical and Biomedical Imaging にて研究成果発表・情報収集
茶谷絵理	5.2-7	台湾	National Yang Ming Chiao Tung University Department of Applied Chemistry Colloquium にて研究成果発表、蛋白質のレーザートラッピングに関する研究打合せおよび実験
	7.24-8.3	台湾	蛋白質のレーザートラッピングに関する研究打合せおよび実験
	11.13-20	台湾	蛋白質のレーザートラッピングに関する研究打合せおよび実験
	12.14-19	台湾	蛋白質のレーザートラッピングに関する研究打合せおよび実験
	3.9-15	フィリピン	グローバルチャレンジプログラム UPLB コースへの帯同
富永圭介	6.22-30	イギリス	International Conference on Coherent Multidimensional Spectroscopy:CMDS2024 にて研究成果発表
	8.10-13	シンガポール	グローバルチャレンジプログラム
	8.31-9.15	ポルトガル/イタリア	研究成果発表・研究動向調査(12th Conference on Broaeband Dielectric Spectroscopy and its Applications:BDS2024/EMLG-JMLG2024)
	10.18-23	インド	日印大学等フォーラム出席、研究拠点形成事業・共同研究に関する打合せ
	1.7-9	台湾	ACUP2025(アジア超高速現象国際会議)で招待講演を行う/研究打合せ@国立台湾大学
	3.2-9	タイ	グローバルチャレンジプログラム

(7) 外国人訪問者

表1-(7). 外国人訪問者の記録

訪問者氏名	滞在期間	国籍	所属機関	目的	受入先	費用の支出
Feng Zhang		中国	中国科学院・新疆化学物理研究所		化学専攻 富永研究室	産学連携等経費(新たに開発される機能性分子性結晶の低振動運動)
Lou Serafin Lozada(助教)	6.3-7.31	フィリピン	University of Philippines, Los Banos	拠点形成事業の共同研究実施	化学専攻 富永研究室	拠点形成事業予算負担
Martin Lemaire	6.10-	カナダ	Brock	Introduction to	化学専攻	先方負担

(准教授)	20		University	Chemistry の非常勤講師	高橋研究室	
Peng Chen (教授)	6.24-8.22	米国	Cornell University	共同研究	化学専攻立川研究室	当方負担
Prajit Kumar Singha (ポストドク)	8.8-1.11・3.13	インド	Indian Insitute of Technology, Kanpur	共同研究実施・インド若手研究人材招へいプログラム実施・「テラヘルツ分子科学アジア研究拠点」第二回全体シンポジウムに参加	化学専攻富永研究室	丸文財団・JST・分子フォト一般財源(学会旅費)
Mega Novita (准教授)	8.15-9.17・3.16-18	インドネシア	Universitas PGRI Semarang	「テラヘルツ分子科学アジア研究拠点」第二回全体シンポジウムに参加・講演を行うため	分子フォトサイエンス研究センター	拠点形成事業予算負担
Al Jerome Alcantara Magsino (助教)	9.17-11.14	フィリピン	University of the Philippines, Los Banos	共同研究実施・学会参加(IW-FIRT2024/S-FTS2024)	化学専攻富永研究室	拠点形成事業予算負担
Hong Wang (教授)	10.7	米国	University of North Texas	共同研究打ち合わせ	分子フォトサイエンス研究センター小堀	先方負担
Malcolm Forbes	10.1-12.2	米国	Bowling Green State University	JSPS 招聘(短期)による共同研究	分子フォトサイエンス研究センター小堀	JSPS
Hanan Hussein Amin Mohamed Besisa (准教授)	11.25 - 1.23	エジプト	ヘルワン大学	日本学術振興会外国人招へい研究者(短期)として半導体光触媒に関する研究交流活動をおこなう	化学専攻大西研究室	日本学術振興会
Peter Hamm (教授)	12.12	スイス	University of Zurich (京都大学外国人招へい研究者)	招待講演を行うため	理学研究科	分子フォト(富永教授一般財源)負担
Michitoshi Hayashi (教授)	3.14-18	日本	国立台湾大学	集中講義実施@神戸大学理学研究科・「テラヘルツ分子科学アジア研究拠点」第二回全体シンポジウムに参加・講演を行うため	分子フォトサイエンス研究センター	分子フォト(富永教授一般財源)負担・自己負担(シンポジウム旅費)
Amalendu Chandra (教授)	3.16-18	インド	Indian Insitute of Technology, Kanpur	「テラヘルツ分子科学アジア研究拠点」第二回全体シンポジウムに参加・講演を行うため	分子フォトサイエンス研究センター	拠点形成事業予算負担
Elmer Estacio (教授)	3.16-18	フィリピン	University of Philippines, Diliman	「テラヘルツ分子科学アジア研究拠点」第二回全体シンポ	分子フォトサイエンス研究センター	拠点形成事業予算負担

				ジウムに参加・講演を行うため		
Alvin Karlo Tapia (教授)	3.16-18	フィリピン	University of Philippines, Los Banos	「テラヘルツ分子科学アジア研究拠点」第二回全体シンポジウムに参加・講演を行うため	分子フォトサイエンス研究センター	拠点形成事業予算負担
Genne Patt O. Samar (インストラクター)	3.16-18	フィリピン	University of Philippines, Los Banos	「テラヘルツ分子科学アジア研究拠点」第二回全体シンポジウムに参加・講演を行うため	分子フォトサイエンス研究センター	拠点形成事業予算負担
Arnel Salvador (教授)	3.16-18	フィリピン	University of Philippines, Diliman	「テラヘルツ分子科学アジア研究拠点」第二回全体シンポジウムに参加・講演を行うため	分子フォトサイエンス研究センター	拠点形成事業予算負担
Gil Nonato Santos (教授)	3.16-18	フィリピン	De La Salle University	「テラヘルツ分子科学アジア研究拠点」第二回全体シンポジウムに参加・講演を行うため	分子フォトサイエンス研究センター	拠点形成事業予算負担
Dian Marline (講師相当)	3.16-18	インドネシア	Universitas Setia Budi	共同研究実施・「テラヘルツ分子科学アジア研究拠点」第二回全体シンポジウムに参加・講演を行うため	佐藤研究室・分子フォトサイエンス研究センター	拠点形成事業予算負担
Sunee Jungtheerapanich (助教相当)	3.16-18	タイ	Kasetsart University	「テラヘルツ分子科学アジア研究拠点」第二回全体シンポジウムに参加・講演を行うため	分子フォトサイエンス研究センター	拠点形成事業予算負担
Jaruporn Rakmai (助教相当)	3.16-18	タイ	Kasetsart University	「テラヘルツ分子科学アジア研究拠点」第二回全体シンポジウムに参加・講演を行うため	分子フォトサイエンス研究センター	拠点形成事業予算負担
Yeonju Park (教授)	3.16-18	韓国	Kangwon National University	「テラヘルツ分子科学アジア研究拠点」第二回全体シンポジウムに参加・講演を行うため	分子フォトサイエンス研究センター	拠点形成事業予算負担
Pham Hong Minh (教授)	3.16-18	ベトナム	Vietnam Academy of Science and Technology	「テラヘルツ分子科学アジア研究拠点」第二回全体シンポジウムに参加・講演を行うため	分子フォトサイエンス研究センター	拠点形成事業予算負担
Vu Dinh Lam (教授)	3.16-18	ベトナム	Vietnam Academy of Science and Technology	「テラヘルツ分子科学アジア研究拠点」第二回全体シンポジウムに参加・講演を行うため	分子フォトサイエンス研究センター	拠点形成事業予算負担

(8) 科学研究費

表1-(8)a. 科研費一覧(研究代表者)

※他機関研究者への配分がある場合は、「直接経費配分額」欄に配分後の金額を記載することとする。

種 目	研究課題名(課題番号)	研究代表者	直接経費 総額 (千円)	直接経費 配分額 (千円)	間接経費 配分額 (千円)
学術変革 領域研究 A(計画・補 助金)	散乱理論・散乱イメージング理論の構築 (20H05889)	木村建次郎	25,700	25,700	5,940
学術変革 領域研究 A(計画・補 助金)	電子スピン分極の空間映像化による光 誘起動的エキシトン相互作用の解析 (20H05835)	小堀康博	9,170	9,170	1,830
学術変革 領域研究 A(公募・補 助金)	高い波長分解能を持つ超高速分光測 定による光合成超分子複合体の詳細 機能解析(24H02086)	秋本誠志	4,600	4,600	1,380
学術変革 領域研究 A(公募・補 助金)	ベタイン型ラジカルの動的エキシトン効 果の解明と酸化反応連結型 CO ₂ 光還 元への応用(23H03961)	松原亮介	3,000	3,000	900
学術変革 領域研究 A(公募・補 助金)	液体で創る金属錯体系超セラミックス: 固体を「その場合成」する革新的合成 法(23H04629)	持田智行	2,100	2,100	630
挑戦的萌 芽研究 (基金)	単一粒子分光法による動的平衡系光 触媒の開拓(24K21753)	立川貴士	2,300	2,300	690
基盤研究 (A)	人工光合成をめざす半導体光触媒: オペランド計測によるミリ秒反応化学の 解明(22H00344)	大西 洋	7,600	5,600	2,280
基盤研究 (B)	バイオマス度 100%機能性非イソシア ネートポリウレタンの開発(24K01529)	津田明彦	6,000	6,000	1,800
基盤研究 (B)	広帯域誘電分光による水和したリン脂 質二重膜の構造、動的挙動、相互作 用の解明(24K01438)	富永圭介	12,100	12,100	3,630
基盤研究 (B)	水を電子源として利用する非遷移金属 光触媒系の開発(24K01487)	松原亮介	6,800	6,800	2,040
基盤研究 (B)	金属錯体で拓く機能性液体の化学:機 能開拓・状態転換・構造開拓 (24K01497)	持田智行	8,100	7,900	2,430
基盤研究 (C・基金)	高度な触媒能を持つ骨格拡張型閉殻 ポリオキシメタレートの開発原理の研究 (21K05229)	枝 和男	300	250	90
基盤研究 (C・基金)	新現象 Regiodivergent Desymmetrization の発見とその展開 (24K08430)	林 昌彦	1,700	1,700	510
海外連携 (基金)	炭素資源変換を可視化する単一分子 反応イメージング技術の開発 (23KK0097)	立川貴士	6,500	5,500	1,950

その他補助金	外国人招へい研究者(短期)	大西 洋	131	131	0
その他補助金	外国人招へい研究者(短期)	小堀康博	150	150	0
若手研究(基金)	三重項－三重項消滅により生じた多重励起子におけるスピン変換機構の解明(22K14648)	岡本 翔	1,000	1,000	300

表1－(8)b. 科研費一覧(研究分担者)

種 目	研究課題名(課題番号)	研究代表者(所属機関)	研究分担者	直接経費配分額(千円)	間接経費配分額(千円)
挑戦開拓	液液相分離中アミロイド生成の定量的解析法の確立(22K18316)	福山真央(東北大学)	茶谷絵理	500	150
基盤研究(S)	境界潤滑の科学－添加剤吸着層の構造・物性に基づく低摩擦現象の本質的理解(23H05448)	平山朋子(京都大学)	大西 洋	3,560	1,068
基盤研究(A)	人工光合成をめざす半導体光触媒：オペランド計測によるミリ秒反応化学の解明(22H00344)	大西 洋(神戸大学)	小堀康博	800	0
基盤研究(A)	電圧損失抑制を目指した有機薄膜太陽電池の創製(23H00309)	今堀 博(京都大学)	小堀康博	200	60
基盤研究(B)	人工培養系に適した実用藻類ツノケイソウの光合成システムの創出(23K27040)	伊福健太郎(京都大学)	秋本誠志	1,050	315
基盤研究(B)	新しい動的構造解析法の開発とABCトランスポーターへの応用(24K01969)	杉本 宏(理化学研究所)	木村哲就	700	210
学術変革領域研究A(総括)	動的エキシトンの学理構築と機能開拓(21H05831)	今堀 博(京都大学)	小堀康博	280	84
海外連携(基金)	炭素資源変換を可視化する単一分子反応イメージング技術の開発(23KK0097)	立川貴士(神戸大学)	松原亮介 木村哲就	500 500	0 0

(9)その他の研究助成

表1－(9). 研究助成(科研費以外・研究代表者)

プロジェクト制度名 又は 共同研究相手先	研究課題名	研究代表者(所属機関)	直接経費総額(千円)	直接経費配分額(千円)	間接経費配分額(千円)
くさの会理学部実習支援費(化学)	理学研究科化学専攻「構造解析学」および「構造解析学特論」の講義におけるSpring-8 への見学に要する経費の一部援助	化学専攻	75	75	0
日本カーボン株式会社	ソフト/ハードカーボンからの低温黒鉛化技術の開発	内野隆司	770	770	230
一般社団法人先端膜工学研究推進機構	先端膜工学に関する研究	大西 洋	245	245	5
甲南化工株式会社	材料開発奨学寄附金	枝 和男	196	196	4

株式会社 Integral Geometry Science	乳がんを有する成人女性及び健康成人女性を対象とした乳房用マイクロ波画像診断装置 IGS-0001 の有効性及び安全性を検討する多施設評価者盲検試験	木村建次郎	29,800	29,800	8,940
株式会社 Integral Geometry Science	神戸大学 木村建次郎博士 による「応用数学と計測に関する基礎研究」に寄附し、当該学問分野の発展に資す	木村建次郎	10,486	10,486	214
旭化成株式会社	電解槽電極の電流分布計測技術の開発	木村建次郎	769	769	230
国立研究開発法人科学技術振興機構	【ASPIRE】スピン制御で拓く光機能性材料のスピン計測	小堀康博	600	600	180
国立研究開発法人科学技術振興機構	【CREST】電子スピン共鳴法によるスピン超偏極機構の解明	小堀康博	8,798	8,798	2,639
スピン化学国際会議 2024 実行委員会	スピン化学国際活動奨学寄附金	小堀康博	609	609	12
公益財団法人岩谷直治記念財団	第 50 回岩谷科学技術研究助成金	立川貴士	2,000	2,000	0
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構	【NEDO】誘電体セラミックスメソ結晶の開発と次世代電子デバイスへの応用	立川貴士	7,692	7,692	2,307
太陽誘電株式会社	【NEDO・太陽誘電】誘電体セラミックスメソ結晶の開発と次世代電子デバイスへの応用(光触媒に関する応用は除く)	立川貴士	7,692	7,692	2,307
一般社団法人丸文財団 国際交流助成金	研究助成	立川貴士	300	300	0
パナソニックホールディングス株式会社	パッシブ型水素生成材料の酸化還元反応効率向上の研究	立川貴士	8,461	8,461	2,538
浜松ホトニクス株式会社	蛍光寿命測定によるアミロイド構造の識別	茶谷絵理	769	769	231
旭化成株式会社	光を活用した新規ポリマー生産技術、リサイクル技術の検討	津田明彦	2,200	2,200	660
日本製紙株式会社	光オン・デマンド合成法を用いたセルロース系新規素材の開発に関する研究	津田明彦	2,200	2,200	660
光オンデマンドケミカル株式会社	バイオガスを原料とする光オン・デマンド化学品合成	津田明彦	2,198	2,198	658
光オンデマンドケミカル株式会社	光オンデマンド合成技術の産業実装に向けた開発	津田明彦	115	115	34
国立研究開発法人科学技術振興機構	インド若手研究人材招へいプログラム	富永圭介	135	135	0
中国科学院新疆物理化学技術研究所	新たに開発される機能性分子性結晶の低振動運動	富永圭介	4,779	4,779	1,433

独立行政法人日本学術振興会	テラヘルツ分子科学アジア研究拠点	富永圭介	6,103	6,103	0
一般財団法人丸文財団	丸文財団交流研究助成金	富永圭介	1,000	1,000	0
ダイソーケミックス株式会社	光エネルギーを用いた炭酸カルシウムからのギ酸生成反応の開発	松原亮介	307	307	92
ダイソーケミックス株式会社	有機化学研究奨学寄附金	松原亮介	5,488	5,488	112
トヨタ自動車株式会社	二酸化炭素の回収技術と精密分子変換に関する研究	松原亮介	6,726	6,726	2,017
株式会社ナティアス	【Go-Tech】核酸連続生産装置の開発	松原亮介	2,900	2,900	870
一般財団法人 ノーリツぬくもり財団	光化学的アプローチによる貝殻廃棄物を用いた炭素とリンのアップグレードリサイクル	松原亮介	3,000	3,000	0
一般社団法人先端膜工学研究推進機構	先端膜工学に関する研究	持田智行	245	245	5
青少年の為の科学の祭典に関する寄附金	青少年の為の科学の祭典に関する必要経費の補助のため	古家圭人	20	20	0
公益財団法人 上原記念生命科学財団	2024 年度上原記念生命科学財団研究奨励金	柚 佳祐	2,000	2,000	0
公益財団法人 サントリー生命科学財団	2024 年度 SUNBOR スタートアップ資金助成	柚 佳祐	1,440	1,440	0
2024 年度内藤記念次世代育成支援研究助成金	研究助成	柚 佳祐	2,000	2,000	0

(10) 校費の使用状況, 研究環境の整備

表1-(10). 新規設備(300万円以上)

設備	購入日	金額(千円)
走査型プローブ顕微鏡 (注1)	2024.3.27	7,975
4チャンネルタイムデジタルコンバーター	2024.4.18	3,271
エネルギー分散形元素分析装置	2024.5.1	4,950
ベクトルネットワークアナライザー	2024.10.1	10,000
電気化学測定装置	2024.10.25	3,185
顕微鏡用カメラ	2024.11.26	4,620
倒立顕微鏡	2024.11.29	4,400
示差走査熱量計	2024.12.12	3,058
グローブボックス	2025.1.24	3,894

(注1)前年度未掲載

2. 教育活動

(1) カリキュラム(学部, 大学院)

2022 年度入学生から、化学科のカリキュラムが大幅に改定された。この改定に伴い、いくつかの講義の科目名、必修/選択必修の区分、単位数などが変更され、いくつかの講義が特別講義に変更された。これらは現在のカリキュラムの骨子を保ちつつ、今後の教員の退職や異動に柔軟に対応できるように改定されたものである。そのため、2024 年度においては、年次進行で新旧カリキュラムが共存している状態であるが、次年度にかけて、全体が新カリキュラムに支障なく移行できるよう見守る必要がある。特別研究の状況に関する議論も継続して行われ、特別研究の遂行に支障をきたさないよう、来年度からは、特別研究の履修に必要とされる単位数を、従来よりも若干増やすこととなった。

(2) 開講科目担当(学部, 大学院, 全学共通)

表2-(2)a. 開講科目(理学部)

開講科目	単位数	主担当教官	開講区分	履修者数	合格者数
初年次セミナー(化学科)	1	各教員	1年1Q	29	29
物理化学基礎	1	大西 洋	1年1Q	31	25
無機化学基礎1	1	高橋一志	1年1Q	30	25
無機化学基礎2	1	持田智行	1年2Q	31	27
有機化学基礎1	1	松原亮介	1年1Q	32	29
有機化学基礎2	1	松原亮介	1年2Q	35	27
無機化学 I-1	1	持田智行	1年3Q	29	24
無機化学 I-2	1	持田智行	1年4Q	31	29
有機化学 I-1	1	松原亮介	1年3Q	40	34
有機化学 I-2	1	松原亮介	1年4Q	36	29
化学熱力学 I-1	1	枝 和男	1年3Q	30	28
化学熱力学 I-2	1	枝 和男	1年4Q	31	26
生物学科化学概論	2	枝 和男	1年4Q	2	2
物理学科化学概論	2	木村建次郎	1年4Q	3	1
惑星学科化学概論	2	富永圭介	1年4Q	2	1
無機化学 II-1	1	秋本誠志	2年1Q	39	31
無機化学 II-2	1	秋本誠志	2年2Q	41	30
化学熱力学 II-1	1	小堀康博	2年1Q	34	30
化学熱力学 II-2	1	小堀康博	2年2Q	34	33
有機化学 II-1	1	津田明彦	2年1Q	37	32
有機化学 II-2	1	津田明彦	2年2Q	36	31
量子化学 I-1	1	和田昭英	2年1Q	42	32

量子化学 I-2	1	和田昭英	2年 2Q	42	37
Introduction to Chemistry	1	高橋一志	2年 2Q	36	35
無機化学 III-1	1	高橋一志	2年 3Q	46	34
無機化学 III-2	1	高橋一志	2年 4Q	45	33
無機化学 IV-1	1	高橋一志	3年 3Q	28	28
無機化学 IV-2	1	秋本誠志	3年 4Q	23	23
分析化学 I-1	1	木村哲就	2年 3Q	37	25
分析化学 I-2	1	木村哲就	2年 4Q	34	30
分析化学 II	2	高橋一志	3年後期	28	28
有機化学 III-1	1	津田明彦	2年 3Q	41	37
有機化学 III-2	1	津田明彦	2年 4Q	39	35
生物化学 I-1	1	茶谷絵理	2年 3Q	36	30
生物化学 I-2	1	木村哲就	2年 4Q	37	35
量子化学 II-1	1	和田昭英	2年 3Q	40	35
量子化学 II-2	1	和田昭英	2年 4Q	45	38
量子化学 III	2	笠原俊二	2年後期	36	34
量子化学 III-2	1	笠原俊二	3年 1Q	6	2
化学熱力学 III	2	立川貴士	2年後期	37	35
化学熱力学 III-2	1	大西 洋	3年 1Q	4	1
有機構造化学 1	1	津田明彦	3年 1Q	7	3
有機構造化学 2	1	津田明彦	3年 1Q	8	4
化学反応論 1	1	小堀康博	3年 1Q	39	31
化学反応論 2	1	立川貴士	3年 2Q	36	31
分析化学 II-1	1	高橋一志	3年 3Q	3	3
分析化学 II-2	1	高橋一志	3年 4Q	3	3
化学熱力学 III-1	1	小堀康博	3年 1Q	1	1
化学熱力学 IV	2	小堀康博	3年前期	28	28
量子化学 III-1	1	笠原俊二	3年 1Q	5	2
量子化学 IV	2	笠原俊二	3年前期	23	19
量子化学 V-1	1	笠原俊二	3年 3Q	19	17
量子化学 V-2	1	木村建次郎	3年 4Q	24	23
有機化学演習	1	松原亮介	3年前期	5	3
有機化学 IV	2	松原亮介	3年前期	32	32

有機化学Ⅴ	2	津田明彦	3年前期	25	23
化学実験Ⅰ	8	内野隆司	3年前期	34	34
生物化学Ⅱ	2	田村厚夫	3年前期	26	25
固体化学	2	内野隆司	3年前期	33	32
高度教養セミナー理学部化学入門	1	木村建次郎	3年3Q	40	40
分子分光Ⅰ	1	笠原俊二	3年4Q	8	6
分子分光Ⅱ	1	和田昭英	3年4Q	8	6
表面化学Ⅰ	1	大西 洋	3年3Q	30	28
表面化学Ⅱ	1	木村建次郎	3年4Q	6	5
無機機能化学Ⅰ	1	高橋一志	3年3Q	3	2
無機機能化学Ⅱ	1	秋本誠志	3年4Q	4	2
生物化学Ⅲ	2	木村哲就	3年4Q	23	21
溶液化学Ⅰ	1	富永圭介	3年3Q	4	2
溶液化学Ⅱ	1	富永圭介	3年4Q	1	0
化学実験Ⅱ	6	笠原俊二	3年後期	36	36
量子化学演習	1	笠原俊二	3年後期	3	1
化学熱力学演習	1	立川貴士	3年後期	2	1
計算機化学実験	1	木村建次郎	3年後期	37	36
特別講義 分子分光	1	和田昭英	3年4Q	12	11
特別講義 溶液化学Ⅱ	1	富永圭介	3年4Q	2	2
高度教養セミナー理学部化学	2	木村建次郎	4年前期	31	31
特別講義 地球化学特論	1	大西 洋	4年前期	4	3
特別研究	14	各教員	4年通年	31	31
特別研究	14	各教員	4年半期	1	1

表2-(2)b. 開講科目(大学院理学研究科 博士前期課程)

開講科目	単位数	主担当教官	開講区分	履修者数	合格者数
無機化学Ⅰ	2	高橋一志	前期	26	24
無機化学Ⅱ	2	富永圭介	後期	4	2
有機化学Ⅰ	2	林 昌彦	前期	14	14
有機化学Ⅱ	2	木村哲就	後期	18	17
物理化学Ⅰ	2	笠原俊二	後期	14	13

物理化学 II	2	和田昭英	前期	21	18
理論生物化学	2	中嶋隆人	前期	27	25
構造解析学	2	関澤央輝	前期	30	30
特別講義 無機化学特論A	1	高橋一志	前期	16	16
特別講義 有機化学特論 A	1	松原亮介	前期	12	12
特別講義 量子化学特論A	1	富永圭介	前期	15	11
特別講義 地球化学特論	1	大西 洋	前期	23	19
先端融合科学特論 A(化学)	1	大西 洋	前期	31	31
研究指導	0	各教員	前期	6	6
物性物理化学特論	2	和田昭英	前期	13	12
溶液化学特論	1	富永圭介	前期	4	4
特別講義 Frontiers of Chemistry	1	富永圭介	後期	3	1
有機化学特論	2	林 昌彦	後期	10	10
無機・分析化学特論 1	1	内野隆司	後期	2	1
科学英語 1	1	神前陽子	後期	18	17
科学英語 2	1	神前陽子	後期	17	16
研究指導	0	各教員	後期	24	24
論文講究 I	4	各教員	通年	27	27
論文講究 II	4	各教員	通年	26	25
特定研究 I	4	各教員	通年	28	28
特定研究 II	4	各教員	通年	25	24

表2-(2)c. 開講科目(大学院理学研究科 博士後期課程)

開講科目	単位数	主担当教官	開講区分	履修者数	合格者数
有機化学特論 I	2	松原亮介	前期	2	2
物理化学特論 I	2	小堀康博	前期	2	2
無機化学特論 I	2	持田智行	前期	1	0
特別講義 無機化学特論 A	1	高橋一志	前期	3	3
特別講義 有機化学特論 A	1	松原亮介	前期	2	2
特別講義 Frontiers of Chemistry	1	富永圭介	後期	1	0
特別講義 量子化学特論 A	1	富永圭介	前期	1	1
特別講義 地球化学特論	1	大西 洋	前期	1	1

表2-(2)d. 開講科目(全学共通授業科目)

開講科目	単位数	主担当教官	開講区分	履修者数	合格者数
基礎有機化学1	1	松原亮介	1年1Q	55	50
基礎有機化学2	1	松原亮介	1年2Q	55	51
基礎無機化学1(水・3限)	1	内野隆司	1年1Q	110	109
基礎無機化学2(水・3限)	1	内野隆司	1年2Q	114	100
化学実験1	1	高橋一志	2年3Q	56	56
化学実験2	1	高橋一志	2年4Q	58	56
基礎物理化学1	1	和田昭英	1年3Q	78	61
基礎物理化学2	1	笠原俊二	1年4Q	61	51
化学B	1	小堀康博	1年3Q	25	20
化学B	1	富永圭介	1年4Q	11	6
グローバルチャレンジ実習	2	富永圭介	前期	1	1
グローバルチャレンジ実習	1	富永圭介	後期	4	4
グローバルチャレンジ実習	2	茶谷絵理	後期	3	3

(3) 学位授与(博士, 修士, 学士)

学科・専攻全体としては卒業研究発表会、修士論文発表会が年次研究報告会を兼ねており、学科・専攻全体での議論が交わされている。また2006年度における理学研究科への改組を契機として、博士前期課程の学生に対しても後期課程の学生と同様に研究経過発表会での研究発表を義務づけている。

表2-(3)a. 修士論文 (令和6年9月修了6名)

氏名	主査	論文題目
加納宗一郎	松原亮介	核酸の新規縮合反応を目指したオレフィン異性化反応の研究
窪田 樹	枝 和男	拡張型ポリオキソタングステートの生成経路についての研究
栗野裕斗	富永圭介	広帯域誘電分光法及び赤外分光法による深共晶溶媒の微視的構造・動的挙動に関する研究
DONG XU	林 昌彦	Synthesis of 2- and 3-substituted indoles using Pd/C-1-octene system
王 一葦	林 昌彦	Regiodivergent desymmetrization of meso-epoxycyclohexene and asymmetric synthesis of catechins
劉 詩宇	立川貴士	Influence of TiO ₂ /SrTiO ₃ heterojunction on photocatalytic hydrogen production performance

表2-(3)b. 修士論文(令和7年3月修了24名)

氏名	主査	論文題目
井上亮汰	持田智行	金属錯体からなる柔粘性イオン結晶の開発
井上凜香	和田昭英	光定常状態における多色多段階反応の解析のための多色多重変調励起法の開発
大岩本昇太	笠原俊二	高分解能レーザー分光法を用いたカルバゾールの S ₁ -S ₀ 遷移の研究
笠崎泰世	高橋一志	酸化還元活性な新規アゾビスフェノレート配位子からなる金属錯体の構造と物性
酒井 希	秋本誠志	鉄や銅のイオン濃度が微細藻類の光合成初期過程に与える影響
坂田秋津	大西 洋	酸化チタン結晶面に吸着したパルミチン酸単分子膜の原子間力顕微鏡を用いた液中ナノ力学計測
迫 綾香	田村厚夫	フェニルアラニンを含む短鎖ペプチドのナノファイバー化メカニズム
白井雪菜	津田明彦	フロー光オン・デマンド合成システムの開発とイソシアネートの連続フロー合成への応用
白木秀岳	内野隆司	層間酸塩基反応を用いたグラファイト剥離膜の作製手法の開発
新家裕貴	松原亮介	有機ヒドリド還元を用いる核酸トリチル系保護基の脱保護法開発
炭田悠貴	木村哲就	ABCトランスポーターの ATP 加水分解反応に関する分光学的解析
田中直純	立川貴士	極性溶媒中におけるスズ系ハライドペロブスカイトの構造安定性と光化学特性

辻村颯太	小堀康博	非フラーレン型アクセプター有機太陽電池による電圧損失抑制機構の解明
中園陽介	持田智行	二重結合を有するイオン液体および柔粘性結晶の合成と反応性
東 晃輔	小堀康博	三重項-三重項消滅型アップコンバージョンに対する分子内励起子動的効果の解明
広田 舞	高橋一志	アニオン性スピנקロスオーバー鉄(III)錯体に対する置換基導入による分子配列制御
前田楓太	内野隆司	発光性乱層窒化ホウ素の合成条件最適化
三木啓吾	林 昌彦	Pd/C-エチレン系を用いたピリジルフェノール、ピリジルアニリンおよびカルバゾールの合成
水村景太	秋本誠志	時間分解蛍光測定や蛍光異方性測定によるクロロフィルの励起状態に関する研究
道上佑希	茶谷絵理	酸化還元状態がタウ液滴の凝集に及ぼす影響の解明
ミニック 留久 マイケル	笠原俊二	高分解能レーザー分光を用いたフルオレン S ₁ ←S ₀ 遷移に関する研究
村尾智央	立川貴士	ヘマタイト光電極上の助触媒がプラスチック分解物の反応効率および選択性に及ぼす影響
柳澤 瞭	大西 洋	原子間力顕微鏡を用いた氷薄膜と有機溶媒界面のナノ力学計測
山譚千慧	田村厚夫	金属結合性クロスα型ヘリカルペプチドナノファイバーの設計

表2-(3)c. 特別研究発表(令和7年3月 31名)

氏 名	指導教員	論 文 題 目
竹内 雪	笠原俊二	¹⁴ NO ₂ ラジカル A-X 遷移 16218 cm ⁻¹ バンドの高分解能スペクトル～C 状態との相互作用～
藤井晴香	笠原俊二	¹⁵ NO ₂ A-X 遷移の 16324 cm ⁻¹ バンドにおける高分解能スペクトルの解析
山下清佳	和田昭英	3 色変調励起を用いた光定常状態の解析方法の開発
酒井彩佳	和田昭英	マスター方程式による4準位系緩和過程の取り扱い —シミュレーション・実験による検証—
釧菱葉月	大西 洋	液体-固体界面で生じる反応生成物の局所分析法の研究
喜多一步	大西 洋	原子間力顕微鏡を用いた潤滑油—固体界面の計測評価
和田知紗	木村建次郎	円筒座標系における磁気映像化理論の研究
川田大貴	木村建次郎	準定常電磁場を用いた透視理論の研究
田中秀俊	小堀康博	インドール縮環した亜鉛ポルフィリンに軸配位したフラーレン複合系の光励起状態と時間分解電子スピン共鳴測定
古門勇也	小堀康博	光励起発色団-ラジカル連結系の電子スピン分極に対する分子 運動の効果:時間分解 EPR 法による解析
CAO YANG	富永圭介	広帯域誘電分光測定による Polyvinylpyrrolidone の水和ダイナミクス解析

三谷平次	富永圭介	マイクロ波領域におけるポリエチレンイミン水溶液の複素誘電スペクトルの解析
片岡璃音	内野隆司	高結晶性 h-BN の低温合成
野村美緒	内野隆司	プラスチック資源を活用した高付加価値炭素材料の創成
上山温大	枝 和男	Keggin 型イソポリオキソモリブデートの合成探査
井尻草太	持田智行	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開発
吉田尚暉	立川貴士	光電気化学反応を対象としたオペランド FTIR 測定システムの開発
西本朱里	立川貴士	臭化セシウム鉛ペロブスカイトの相転移と触媒活性の変化
榊原 俊	津田明彦	バイオガスを原料とする光オン・デマンド有機合成
宮嶋義規	津田明彦	バイオマス由来ジオールを原料とする機能性非イソシアネートポリウレタン合成
酒井達成	秋本誠志	自己回帰型モデルを用いた定常吸収・蛍光バックグラウンドスペクトル解析
倉地秀鷹	秋本誠志	シアノバクテリア <i>Synechococcus leopoliensis</i> の培養光質応答
荒永倫歌	林 昌彦	インドール前駆体ニトロンをを用いた 1,3-双極子環化付加反応による三環式化合物の合成
三宅真央	林 昌彦	1,2-エポキシ-3,6-ジメチリデンシクロヘキサンの合成
中川雄斗	松原亮介	炭酸塩の光還元反応を基盤とするギ酸塩の連続フロー合成法の開発
中山翔太	田村厚夫	金属結合性ナノファイバーを形成するペプチドの設計
西出莉夏	茶谷絵理	液滴を介したタウのアミロイド線維形成におけるアイソフォームの影響
益田優月	茶谷絵理	トランスサイレチン 49-127 断片が形成するプロトフィブリル様初期凝集体の解析
豊田裕生	木村哲就	ABC トランスポーター BhuUV とペリプラズム結合タンパク質 BhuT の親和性解析
近藤勘太	木村哲就	CYB561D2 の電子伝達経路解析に用いる測定系の確立構築
田村馨子	高橋一志	配位部位を導入した酸化還元活性ホモレプティックコバルト錯体の合成と性質

(4) 進路状況 (修士, 学士)

大学院修了生進路状況

博士課程前期課程 (9月修了6名・3月修了24名)

HOYA	1
JSR	1
アスパーク	1
ユニシ	1
デクセリアルズ	1
パナソニックエナジー	1

みずほリサーチ&テクノロジーズ	1
ワイエムシィ	1
伊藤ハム	1
奥野製薬工業	1
京セラ	1
住友化学	1
住友電工	1
上海捷時雅商貿(JSR)	1
石原ケミカル	1
積水化学工業	1
全日本空輸	1
東ソー	1
東レ	3
日本電気硝子	1
神戸大学大学院理学研究科	4
京都大学大学院理学研究科	2
その他	2

学部卒業生進路状況 (3月卒業 32名)

アエナ	1
アビームコンサルティング	1
荒川化学工業	1
三菱ガス化学	1
東芝デバイス&ストレージ	1
日本ゼオン	1
神戸大学大学院理学研究科	23
その他	3

(5) 他大学等への出講

表2-(5). 出講の記録

氏名	身分	出講先
小堀康博	非常勤講師	新潟大学
立川貴士	非常勤講師	大阪大学
	InvitedSpeaker	南京大学
持田智行	非常勤講師	同志社大学
和田昭英	特別講師	順正学園

(6) RA, TA・SA・STA の任用

2024年度は 4名の RA を任用した。RA は全員が博士後期過程学生である。

2016年度より、TA (ティーチングアシスタント) に加え、SA (スチューデント・アシスタント) と STA (シニア・ティーチング・アシスタント) の任用が可能になった。SA とは、神戸大学学部にて在学する優秀な学生に対し、教育的配慮の下に教育に係る補助業務を行わせ、学生に対する教育的効果を高めるための学修サポートを図るとともに、これに対する手当支給により、学生への経済的支援を目的として始まった制度である。STA とは、博士課程後期課程にて在学する特に優秀な学生に対し、教育的配慮の下に専門性の高い教育補助業務を行わせ、大学教育におけるきめ細かな指導の実現や大学院学生が将来教員・研究者になるためのトレーニングの機会の提供を図るとともに、これに対する手当支給により、学生への経済的支援を目的として始まった制度である。なお STA となるためには、高い専門性を有すること、本学での TA の経験を有すること、STA のための研修を受講することなどの要件を満たす必要がある。

化学専攻では、2024年度には、48名の TA、19名の SA を任用した。TA は44名が博士前期過程の学生で、4名が博士後期過程の学生である。SA は全員が学部4回生である。

(7) ディプロマ・ポリシー達成度アンケート

学部卒業生および大学院博士課程前期課程修了生、後期課程修了生に対して行ったディプロマ・ポリシー(DP)達成度アンケートの内容と結果を報告する。

2025年3月卒業・2024年9月・2025年3月修了対象者

【全課程共通】

問 1.あなたは、理学部化学科/理学研究科化学専攻のディプロマ・ポリシー(DP)を知っていますか。

	学部	前期課程
よく知っていた	8	1
ある程度知っていた	7	10
どちらともいえない	8	6
あまり知らなかった	5	9
全く知らなかった	7	4

【課程別】

・学部

理学部化学科の DP に基づいてお尋ねします。

あなたは、次の能力等がどのくらい身についたと思いますか。

- 問 2.化学の基礎を理解し応用する能力
- 問 3.物質の構造および機能を理解する能力
- 問 4.現代化学を理解する能力
- 問 5.化学の実験手法を応用する能力
- 問 6.自ら課題を設定し、課題を創造的に解決する能力

	2	3	4	5	6
大いに身についた	11	11	9	12	9
どちらかといえば身についた	15	12	13	11	12
どちらともいえない	4	9	9	10	10
どちらかといえば身についていない	1	2	3	1	3
全く身につかなかった	4	1	1	1	1

・博士課程前期課程

理学研究科化学専攻の DP に基づいてお尋ねします。

あなたは、次の能力等がどのくらい身についたと思いますか。

- 問 2.研究成果発信のための英語能力
- 問 3.学際的視野に基づいた創造的な研究能力
- 問 4.物質の構造及び機能を根本原理から理解する能力
- 問 5.化学の各研究分野に関連した基礎能力、及びそれを研究に応用する能力
- 問 6.現代化学の広範な研究分野を俯瞰する能力
- 問 7.化学を深く探究するための基礎となる能力

	2	3	4	5	6	7
大いに身についた	2	2	9	9	5	9
どちらかといえば身についた	19	25	19	21	19	21
どちらともいえない	8	2	2	0	4	0
どちらかといえば身についていない	1	1	0	0	2	0
全く身につかなかった	0	0	0	0	0	0

化学専攻では、DP で定める知識や能力などを身につけさせるため、カリキュラムを編成しています。

次の科目が、あなたの知識の習得に関してどの程度役に立ったと思いますか。

- 問 8.科学英語科目 (研究成果発信のための英語能力の向上)
- 問 9.特別講義科目 (現代化学の広範な研究分野を俯瞰する能力の向上)
- 問 10.論文講究及び特定研究科目 (化学を深く探究するための基礎能力の向上)
- 問 11.コア授業科目という 教育システム(専攻内の分野の枠を超えた専門的知識の習得)
- 問 12.先端融合科学特論 B(理学)などの 専攻共通科目(幅広い自然科学の知識の習得)

	8	9	10	11	12
大いに役に立った	3	5	13	3	2
役に立った	9	13	10	7	10
ある程度役に立った	10	12	7	14	12
役に立たなかった	1	0	0	0	0
わからない	0	0	0	3	1
未履修	7	0	0	3	5

【全課程共通】

理学研究科の学生には、公用掲示板を常に注意して掲示の事項を確認することが求められています。現在、公用掲示板は、B 棟 2 階と Z 棟 1 階に設置してあり大学での確認が必須となっておりますが、将来的にこの公用掲示板をうりぼーネット掲示板などに変更して、ネットワーク経由で読めるように電子化する検討をしています。この掲示板の電子化についてどのように思いますか。

	学部	前期課程
公用掲示板の電子化は進めた方がよい	27	18
現在の B 棟 2 階と Z 棟 1 階の公用掲示板で十分	1	4
どちらでもよい。特に意見無し	7	2

(8) 学生による授業評価

学部の講義に関しては、総合評価(5段階)の平均は4.5であり、ほとんどの科目で4以上の高い評価を得ていた。週あたりの自己学習時間については、60分以上と回答したものが過半数(54%)である一方、30分未満との回答が全体の13%あり、前年度(14%)とほぼ同程度の結果だが、この層の意識を高める工夫が必要だろう。「授業内容の理解」および「専門分野への興味増」に対する肯定的回答(5段階における上位2段階)はそれぞれ79%および84%であり、前年度(それぞれ77%および85%)と同程度だった。アンケートの記述式回答には肯定的なコメントが多く見られたが、授業改善のために参考となる意見や要望も複数あった。全体として特に問題は見られないが、引き続き、学生のニーズを取り入れながら講義の工夫をしていくことが望ましい。

大学院の講義に関しては、総合評価(5段階)の平均は4.3であり、ほとんどの科目で4以上の高い評価を得ていた。週あたりの自己学習時間が0~30分未満という回答は8%であり、前年度(9%)とほぼ変わらない結果であったが、全体の56%は60分以上の学習時間を確保していた。「授業内容の理解」および「専門分野への興味増」に対する肯定的評価はそれぞれ71%および88%であり、前年度(それぞれ67%および82%)に比べて増加した。ただし、アンケート回答数が今年度は48件であり、前年度の90から相当に減少した。この点は課題であり、受講生全体の意見を集計できるよう、アンケート回答率増加のための呼びかけなどの取り組みが必要である。また、これらのアンケート結果を担当教員にフィードバックすることによって、教育内容の改善に資することとしている。

3. 研究活動

(1) 国内共同研究の記録

表3- (1). 国内共同研究の記録

教育研究分野	相手機関	研究内容	研究資金の出所
分子動力学	京都大学	硝酸ラジカルおよび二酸化窒素の高分解能分光	
	福岡大学・京都大学	光コムを用いた多環芳香族炭化水素の高分解能レーザー分光	
物性物理化学	東京大学	人工合成光触媒の高圧光学分光	科研費
	島津製作所・分子科学研究所	潤滑油界面の AFM による力学計測	科研費・分子科学研究所共同利用経費
	分子科学研究所・北京大学	液体-氷界面のナノ力学計測	科研費・分子科学研究所共同利用経費
	名古屋大学・北海道大学	光触媒反応生成物の時間分解検出	科研費・触媒科学計測共同研究拠点共同研究費
	千葉大学・分子科学研究所・大阪公立大学・北海道大学	人工合成光触媒のエキス線吸収分光	科研費・触媒科学計測共同研究拠点共同研究費・分子科学研究所共同利用経費
	京都大学	潤滑油界面のナノ力学計測	科研費
	京都大学	有機薄膜の構造解析	
	理研 R-CCS	ポリオキシメタレートの研究	科研費
	株式会社 Integral Geometry Science	超高エネルギー密度蓄電池の健全性診断技術と社会インフラへの展開	
	旭化成株式会社	電解槽電極の電流分布計測技術の開発	
反応物理化学	学内 (生命分子化学)	EPR によるタンパク質の線維化過程の構造解析の解明	
	名古屋大学大学院理学研究科	EPR 法による光合成光化学系 II の初期電荷分離機構の解明	
	京都大学大学院工学研究科分子工学専攻	非フラーレンアクセプターによる有機半導体薄膜の光電荷分離機構の解明	
	広島大学大学院工学研究科応用科学専攻	低バンドギャップポリマー薄膜に精製する光電荷分離状態の立体構造解析	
	九州大学分子システム科学センター	室温発光性を有する有機分子の励起四重項状態の解析	
	東邦大学薬学部 名古屋工業大学	フラビン酵素の段階的電荷分離機構の解明	
	京都大学化学研究所	有機発光材料の熱活性化遅延蛍光に対する分子振動効果	科研費
	慶應義塾大学理工学部	分子内一重項分裂機構の解明	分子フォトサイエンス研究センター共同利用
	東京大学大学院理学研究科	色素集積体における偏極スピン生成評価	分子フォトサイエンス研究センター共同利用
	昭和薬科大学・薬学部	ピリダジルヘリセンの光反応中間体の評価	分子フォトサイエンス研究センター共同利用
	学内 (有機反応化学)	カルバゾール連結分子の分子内電荷移動状態のダイナミクス	
	学内 (物性物理化学)	金属ドーピングした NaTaO ₃ 光触媒の構造機能解析	

	学内 (生命分子化学)	ABCトランスポーターの分子機構解析	
	東京工業大学	有機薄膜による光アップコンバージョン機構の解明	科研費
	昭和薬科大	ヘリセン T 型開環反応機構の解明	分子フォトサイエンス研究センター共同利用
	大阪大学産業科学研究所	非フラーレン太陽電池による電荷生成機構の解明	科研費
	東京大学薬学研究科	光触媒型水素原子移動反応の開拓	科研費
	九州大学工学研究科	励起子ラジカル連結系の量子ビット特性	科研費
	学内 (有機反応化学・生命分子化学)	炭素資源変換を可視化する単一分子反応イメージング技術の開発	科研費
	東京大学大学院総合文化研究科	ドックス型イオン結晶を鋳型とした合金クラスターの発光特性と生成機構の解析	分子フォトサイエンス研究センター共同利用
	横浜国立大学大学院工学研究院	メカノクロミック発光性有機ソフトクリスタルの単一粒子蛍光観測	分子フォトサイエンス研究センター共同利用
	千葉大学大学院工学研究院	超高速電気化学発光を示す DNA ソフトクリスタルの光物性解析	分子フォトサイエンス研究センター共同利用
	関西学院大学生命環境学部	強発光性銅(I)錯体および白金(II)錯体結晶のクロミック発光特性の解明	分子フォトサイエンス研究センター共同利用
	京都大学大学院工学研究科	水分解用酸ハロゲン化物光触媒の単一粒子発光測定	分子フォトサイエンス研究センター共同利用
	学内 (科学技術イノベーション研究科)	ナノシート積層型光触媒膜の異種ナノシート界面における蛍光挙動の解析	分子フォトサイエンス研究センター共同利用
	学内 (生命分子化学・工学研究科・先端バイオ工学研究センター・人間発達環境学研究科)	異分野共創による資源循環イノベーション	
溶液化学	静岡大学電子工学研究所	分子性結晶の不完全性とテラヘルツスペクトルとの相関	静岡大学電子工学研究所
	大阪大学大学院工学研究科	結晶性2次元構造体の電荷キャリア輸送特性評価	分子フォトサイエンス研究センター共同利用
	徳島大学・ポスト LED フォトニクス研究所	金ナノ構造修飾半導体薄膜のテラヘルツ帯超高速応答と光誘起電子移動機構	分子フォトサイエンス研究センター共同利用
	東京高専	水溶液中における温度応答性高分子の広帯域誘電分光	
状態解析化学	北海道大学低温科学研究所	緑色植物における光エネルギー捕集機能の光環境応答	科研費
	国際農林水産業研究センター	微細藻における光エネルギー捕集機能の環境応答	
	東京農業大学生命科学部	カロテノイドの励起緩和ダイナミクス	
	東京理科大学教養教育研究院	クロロフィルの励起緩和ダイナミクス	
	アストロバイオロジーセンター	マリモの光エネルギー捕集能	
	静岡大学大学院農学領域	微細藻における光エネルギー捕集機能の環境応答	科研費

	京都大学大学院農学研究科	珪藻の光エネルギー捕集・消光機能	科研費
	京都大学大学院人間・環境学研究科	遠赤光を用いる酸素発生型光合成の機構解明	
	関西学院大学生命環境学部	珪藻の光エネルギー捕集・消光機能	科研費
	神戸薬科大学薬学部	カロテノイドの励起緩和ダイナミクス	
	学内(農学研究科)	光合成細菌の光エネルギー捕集機能	
生命分子化学	大阪大学産業科学研究所	人工設計タンパク質を用いたナノバイオ材料の開発	
	学内(工学研究科)	膜破壊能を持つ人工設計ペプチドのガン細胞への効果検証	
	学内(医学部保健学科)	新型コロナウイルスを不活化するペプチドの設計	
	大阪大学蛋白質研究所	人工設計ペプチドナノファイバーのクライオ電顕による観測	
	産業技術総合研究所	細胞系を用いたミチュア酵素の活性検証	
	京都大学複合原子力科学研究所	アミロイド線維および形成過程の小角 X 線散乱および小角中性子散乱解析	京都大学複合原子力科学研究所共同利用研究
	浜松ホニクス中央研究所	アミロイド構造識別プローブの蛍光寿命解析	浜松ホニクス株式会社
	大阪大学	トランスサイレチンアミロイド線維化の誘起因子の探索とタウアミロイド線維化の解析	
	HOYA テクノサージカル株式会社	カラムを用いた凝集体除去方法の開発	
	理化学研究所、兵庫県立大学、京都大学、東北大学、和歌山県立医科大学	時間分解 X 線結晶構造解析法およびそれを補完する時間分解顕微分光法の開発と、それらを用いた膜タンパク質の立体構造変化機構の解明	科研費
	理化学研究所	ESR および X 線結晶構造解析による ABC トランスポーターの分子機構解析	科研費
	学内(工学研究科)	他分子によるアミロイド線維形成の阻害効果の検証	
	学内(バイオシグナル)	アミロイド線維の細胞毒性の解析	
	自治医科大学	タンパク質凝集物の電子顕微鏡解析	
	東北大学多元物質科学研究所	タンパク質液滴からのアミロイド形成の追跡	科研費
	兵庫県立大学	ガン抑制遺伝子の腸菌における発現系の構築と機能解析	
	学内(医学研究科)	シグナルタンパク質 Ras とエフェクター Raf の相互作用解析に基づくガン医薬品の開発	
	学内(工学研究科)	人工設計したレアメタル結合ペプチドの微生物発現	
	自治医科大学	熱力学解析によるアミロイドーシス発症機構の解明	
	固体化学	東北大学金属材料研究所	複合ナノ酸化物の磁気構造の SQUID 顕微鏡観察
高エネルギー加速器研究機構		μ SR による複合ナノ酸化物の磁気構造の観察	
分子科学研究所		超伝導/半導体複合化合物の磁気構造の解明	

	国立研究開発法人物質・材料研究機構	酸化亜鉛薄膜の誘導放出機構の解明	
	国立研究開発法人物質・材料研究機構	超伝導/強磁性体複合化合物の磁気構造の解明	
	国立研究開発法人物質・材料研究機構	二次元層状物質の結晶構造に関する研究	
	電気通信大学	金属錯体の構造および物性の評価	科研費
	東京大学	金属錯体の合成と物性評価	科研費
	東京医科歯科大学	金属錯体の生物活性評価	科研費
	横浜市立大学	金属錯体の磁気共鳴分光	科研費
	金沢大学	金属錯体の合成	科研費
	九州大学	金属錯体の分光学的評価・形態評価	科研費
	近畿大学	金属錯体の構造解析	科研費
	高輝度光科学研究センター	金属錯体の構造解析	科研費
	日本大学	金属錯体の熱分析	科研費
	東京工業大学	複合機能性金属錯体の光応答の評価	
	岡山理科大学	機能性金属錯体のスペクトロスコピー	
	九州大学先導物質化学研究所	機能性金属錯体の分子軌道計算	
	慶應義塾大学	機能性金属錯体のメスバウアースペクトルの評価	
	学内(分子フォト)	スイッチング特性を有する金属錯体のテラヘルツ ESR による磁気特性評価	
有機反応化学	松谷化学工業株式会社	希少糖の合成と生物活性研究	松谷化学工業株式会社
	味の素セネラルフーズ株式会社	コーヒーの未解明成分の合成と生物活性研究	味の素セネラルフーズ株式会社
	学内(反応物理化学分野)	カルバゾールを母体とする光触媒の光物性評価	
	長崎大学	光増感剤の光物性評価	
	トヨタ自動車株式会社	非公開	トヨタ自動車株式会社
	岡山大学	非公開	トヨタ自動車株式会社
	株式会社ナティアス	核酸連続生産装置の開発	Go-Tech 事業
	株式会社ダイソーケミックス	非公開	株式会社ダイソーケミックス
有機分子機能	滋賀医科大学	医療材料の開発	
	学内(物性物理化学)	新規化合物の分子構造解析および有機化合物の構造と反応解析	

(2) 国際共同研究の記録

表3-(2). 国際共同研究の記録

教育研究分野	国名	所属機関	研究内容	研究資金の出所
物性物理化学	中国	北京大学	氷界面の走査プローブ顕微鏡計測	科研費
	エジプト	ヘルワン大学	半導体光触媒の水中オペランド赤外分光計測	日本学術振興会外国人招へい研究者
反応物理化学	アメリカ	シカゴ大学化学科	EPR法による光合成反応中心の初期電荷分離機構の解明	
	ドイツ	フライブルク大学物理化学科	クプトロムにおける段階的電荷分離機構の解明	
	ドイツ	ボン大学	励起子ラジカル連結系の量子ビット特性	
	イギリス	シェフィールド大学	分子内一重項分裂による量子ビット特性	
	中国	蘭州大学	分子内一重項分裂機構の解明	
	ドイツ	ザーランド大学	三重項-三重項消滅アップコンバージョンの分子内励起子運動効果	
	インド	インド科学教育研究大学 ティルヴァナンタプラム校	メラニンの励起子特性とダイナミクス	
	アメリカ	コーネル大学	炭素資源変換を可視化する単一分子反応イメージング技術の開発	科研費
状態解析化学	台湾	国立台湾大学・凝態科学研究センター	分子性結晶・結晶性高分子のテラヘルツ分光と量子化学計算	
	インド	インド工科大学カンプール校	超高速レーザー分光による深共晶溶媒の動的挙動と微視的構造に関する研究	学術振興会二国間交流事業
	中国	中国科学院新疆物理化学研究所	テラヘルツ波分光と密度汎関数理論による分子性結晶の低振動モードの研究	
	ポルトガル	Universidade Nova de Lisboa	乾燥環境下における植物の光防御メカニズム	
	ロシア連邦	ロシア科学アカデミー	赤外光を用いる酸素発生型光合成の機構解明	
	オーストラリア	シドニー大学	赤外光を用いる酸素発生型光合成の機構解明	
固体化学	カナダ	ブロック大学	酸化還元配位子からなる金属錯体の物性に関する研究	科研費他
	フランス	サヴォア・モンブラン大学	縮退半導体の光励起ダイナミクスに関する研究	
	ドイツ	European XFEL	スピנקロスオーバー錯体の光励起構造の時間分解解析	
	ドイツ	Max Planck Institute for the Structure and Dynamics of Matter	スピנקロスオーバー錯体の光励起構造の時間分解解析	
	カナダ	トロント大学	スピנקロスオーバー錯体の光励起構造の時間分解解析	

生命分子化学	フィリピン	フィリピン国立大学ロスバニョ ス校 Institute of Chemistry	ヒト癌抑制 101F6 タンパク質と金・ 銀ナノ粒子との相互作用とヒト癌 細胞への効果	フィリピン
	台湾	国立陽明交通大学	タンパク質水溶液のレーザー照 射効果の解析	
	アメリカ	カリフォルニア工科大学ヘック マン研究所	タンパク質フォールディングの速度論 的解析	
	アメリカ	サンノゼ州立大学	ヘムタンパク質の光誘起電子 移動反応による鉄還元活性解 析	
	オーストラ リア	オーストラリア国立大学	低分子分子シャペロンの抗凝 集効果の解析	
	アメリカ	ピッツバーグ大学 University of Pittsburgh	レアメタル結合ペプチドの構造 解析	JST
有機分子機能	中国	内蒙古医科大学 薬学 院	(1)機能性色素分子の開発 (2)内蒙古の鉱物を用いる有機 合成法の開発	

(3) 学術集会の開催

表3-(3). 学術研究集会開催の記録

学術集会名 (種類)	主催者/ 共同主催者 (所属機関)	場所	時期	参加人数 (外国人 参加者 数)	主な発表者、招待 講演者名 (所属)
光合成セミナー2024: 反応中心と色素系の多様性 (セミナー)	秋本誠志、大岡宏造 (阪大)、大友征宇 (茨城大) ほか	龍谷大学 深草キャンパス	2024. 6. 29-30	80	谷一寿 (筑波大)、藤井律子 (大阪公立大)
Spin Chemistry Meeting 2024	小堀康博	神戸大学 統合研究拠点コンベンションホール	2024. 9. 15-19	177(105)	Peter Hore (University of Oxford), Christiane Timmel (University of Oxford), Michael R. Wasielewski (Northwestern Univ.), Jörg Matysik (Universität Leipzig), Stefan Weber (University of Freiburg)
第7回広帯域極限電磁波生命理工連携研究会「生命現象に関わる分子構造ダイナミクス解析の最新」	茶谷絵理、富永圭介、木村哲就	神戸大学 瀧川記念 学術交流会館	2025. 1. 6	30	楯 真一 (広島大)、松尾 光一 (広島大)、山本直樹 (自治医科大)
テラヘルツ分子科学アジア研究拠点第二回シンポジウム	分子フォトサイエンス研究センター	東大寺総合文化センター	2025. 3. 16-18	45(20)	Amalendu Chandra (IIT Kanpur), Elmer Estacio (UPD), Alvin Karlo Tapia (UPLB), 他

(4) 雑誌編集委員

表3-(4). 学術雑誌編集委員

氏名	雑誌名	期間
内野隆司	Journal of Materials Science: Materials in Electronics	14. 3.1 - 継続中
大西 洋	e-Journal of Surface Science and Nanotechnology 編集委員	17.4 - 継続中
	Surface Science Report, Commissioning Editor	19.1 - 継続中
小堀康博	Scientific Reports/Nature Publishing Group	17.9.1 - 継続中
高橋一志	近畿化学工業界「きんか」誌	14. 3. 1 - 継続中
	Inorganics	17.9.1 - 継続中
立川貴士	Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews	22.8.1 - 継続中
茶谷絵理	Biochimica Biophysica Acta Proteins and Proteomics	13.1.29- 継続中
	Journal of Biochemistry	22.1.1- 継続中

(5) 研究支援体制

2024年度は、(1)スタッフの表にあるように、学術研究員として2名、理学研究科研究員として1名、理学研究科研究協力員として1名を受け入れた。

(6) 個別研究活動の記録

“個別研究活動の記録”として別紙を作成。

(7) 社会的な講演

表3-(7). 社会的な講演の記録

氏 名	講 演 題 目	集 会 名	日 時	場 所
秋本誠志	学校設定科目 「創造応用 I」	兵庫県立兵庫高校	24.5.29～ 25.2.28	兵庫県立兵庫高 校
松原亮介	CO ₂ 光還元を実現する 有機分子触媒の開発	第 44 回有機合成若 手セミナー	24.8.1	大阪公立大学
	C3 脱炭素社会を正しく 知ろう ～「水素を使え ばいい」は本当か?～	高等学校生徒に対す る理学部紹介・模擬授 業 兵庫県立兵庫高 校(高大連携)	24.11.8	神戸大学
	C3 脱炭素社会を正しく 知ろう ～「水素を使え ばいい」は本当か?～	高等学校生徒に対す る理学部紹介・模擬授 業 兵庫県立北須磨 高校(高大連携)	24.12.12	神戸大学

(8) 学会賞等

表3-(8). 学会賞等受賞の記録

氏名 (指導教員名)	受賞研究題目等	賞名	授賞団体名
木村建次郎	財務上の貢献	令和6年度神戸大学学長表彰	神戸大学
		MUFG Startup Sumit 大阪、ベンチャークライアントアワード	三菱UFJ銀行
立川貴士	財務上の貢献	令和6年度神戸大学学長表彰	神戸大学
津田明彦	再生可能エネルギーとバイオガスによる光ものづくり	池田泉州銀行 第21回「イノベーション研究開発助成金」大賞	池田泉州銀行
	NEDO NEP 躍進コース BizDev 賞	光オン・デマンド合成法による化学品合成と連続生産システム開発	新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)
松原亮介	優れた授業・教育方法を評価 基礎有機化学 1,2	令和6年度前期全学共通教育ベストティーチャー賞	神戸大学
	通算5回ベストティーチャー賞を受賞した人が対象	全学共通教育ベストティーチャー賞特別表彰	神戸大学
井上亮汰 (持田智行)	サンドイッチ型錯体をカチオンとする柔粘性イオン結晶の合成と構造	第14回 CSJ 化学フェスタ 2024 優秀ポスター発表賞	日本化学会秋季事業化学フェスタ実行委員会
小篠 遥 (持田智行)	金属含有イオン液体の光反応による錯体結晶膜の作成と物性評価	2024年度先端膜工学研究推進機構春季講演会ポスター賞	先端膜工学研究センター
西城尚輝 (大西 洋)	タンタル酸ナトリウム光触媒による溶存酸素還元反応のマイクロ電極計測	第34回光が関わる触媒化学シンポジウム 最優秀ポスター賞	触媒学会
辻村颯太 (小堀康博)	Y 構造非フラーレン型アクセプターを用いた有機薄膜太陽電池の光電荷分離構造:時間分解 EPR 法とパルス EPR 法による観測	第63回電子スピンサイエンス学会年会 SEST 優秀ポスター賞	電子スピンサイエンス学会
中川開斗 (木村哲就)	ABC トランスポーター BhuUV-T のヘム輸送における初期段階の紫外・可視吸収分光解析	第50回生体分子科学討論会若手ポスター発表賞	第50回生体分子科学討論会・第3回生命金属科学シンポジウム実行委員会
	ABC トランスポーター BhuUV-T のヘム輸送解析	第36回生物無機化学夏季セミナー第4回生命金属科学夏合宿合同大会最優秀ポスター発表賞	第36回生物無機化学夏季セミナー第4回生命金属科学夏合宿合同大会
中川勝太 (田村厚夫)	コンピュータ計算による金属結合ペプチドの設計	神戸大学 第13回サイエンスフロンティア研究発表会優秀賞	神戸大学
西村 拓真 (立川貴士)	実験データを用いた機械学習によるヘマタイト光電極の光触媒活性に寄与する因子の特定	2024年光化学討論会 優秀学生発表賞(ポスター)	光化学協会
柳澤 瞭 (大西 洋)	The interface between ice and alcohols analyzed by atomic force microscopy	The Journal of Chemical Physics 誌 Editor's Pick	AIP PUBLISHING
	原著論文の J. Chem. Phys. 誌への掲載、および 20 以上の Web 媒体での二次報道	神戸大学令和6年度学生表彰(学術部門)	神戸大学

原田竜大 (松原亮介)	光増感剤および遷移金属を用いないベンズイミダゾリン型有機ヒドライドの光再生反応	第44回有機合成若手セミナー優秀研究発表賞	有機合成化学協会 関西支部
東晃輔 (小堀康博)	Time-resolved EPR study of intramolecular exciton hopping contributing to triplet-triplet annihilation-based photon upconversion	The International EPR/ESR Society Student Poster Award	the International EPR (ESR) Society
柚 佳祐 (茶谷絵理)	Spatiotemporal formation of a single liquid-like condensate of α -synuclein and subsequent aging by optical trapping	第62回日本生物物理学会 若手招待講演賞	日本生物物理学会
	Spatiotemporal formation of a single liquid-like condensate of α -synuclein by optical trapping	第24回日本蛋白質科学会年会 若手奨励賞	日本蛋白質科学会

(9) 著書数・査読論文数・講演数(国際・国内)の記録

表3-(9). 著書数・査読論文数・講演数(国際・国内)の記録(2024.4-2025.3)
(*分子フォトサイエンス研究センター、+数理・データサイエンスセンター)

	著書数	査読付論文数	MISC 件数	国内学会 発表数	国際学会 発表数
秋本誠志		3	1	13(1)	7(1)
内野隆司			1	2	
枝 和男		2			1
大西 洋	1	4		20(3)	4
*笠原俊二		1		8	4
+木村建次郎			1	10(3)	1(1)
木村哲就				6(1)	1
*小堀康博		10		11(2)	9(7)
*立川貴士	1	1		18(1)	4(1)
高橋一志		3		12	
田村厚夫		1		4	2
茶谷絵理		2		15(4)	7(5)
津田明彦	1		1	8(6)	
*富永圭介		2			
林 昌彦		5		6	
松原亮介		7		18(2)	2(1)
持田智行		8		20(1)	
和田昭英	2			3	

(招待講演の内数を括弧内に記載)

個別研究活動の記録(2024年度)

目次

1. 物理化学講座	2
1-1. 分子動力学.....	2
[1] 和田 昭英.....	2
[2] 笠原 俊二.....	4
1-2. 物性物理化学.....	6
[3] 大西 洋.....	6
[4] 木村 建次郎.....	11
[5] 枝 和男.....	12
1-3. 反応物理化学.....	13
[6] 小堀 康博.....	13
[7] 立川 貴士.....	18
2. 無機化学講座	21
2-1. 固体化学.....	21
[8] 持田 智行.....	21
[9] 内野 隆司.....	24
[10] 高橋 一志.....	25
2-2. 溶液化学.....	28
[11] 富永 圭介.....	28
2-3. 状態解析化学.....	30
[12] 秋本 誠志.....	30
3. 有機化学講座	33
3-1. 有機反応化学.....	33
[13] 林 昌彦.....	33
[14] 松原 亮介.....	34
3-2. 生命分子化学.....	37
[15] 田村 厚夫.....	37
[16] 茶谷 絵理.....	39
[17] 木村 哲就.....	43
3-3. 有機分子機能化学.....	45
[18] 津田 明彦.....	45

1. 物理化学講座

1-1. 分子動力学

[1] 和田 昭英

課題 1 : 反応解析・制御のための新規分光技術の開発 — 光反応経路ネットワークの俯瞰的観測 —

現代社会の抱える環境問題やエネルギー問題を解決するための一つの柱として、太陽光の利用が挙げられる。その中でも太陽光を用いた光化学反応は、太陽電池や光触媒・人工光合成など現在の人類の抱える問題を解決する技術の根幹を為すものである。これら太陽光を利用する技術において、その光化学過程の反応メカニズムに関する知見はエネルギー生産の高効率化や可視光領域の利用といったエネルギー生産性の向上につながる重要な役割を果たす。これら光化学システムの理解で有効な研究手法の一つとして、超高速分光法による反応追跡が挙げられる。この手法では、フェムト秒～ピコ秒の超短パルス励起で生じた光化学的イベントを同程度の時間幅のプローブパルスを使って観測することで、光化学反応経路上の励起状態や反応中間体などを実時間で観測していくことが可能である。しかし、この手法は単色光励起によって生じた光化学的イベントの観測に特化した手法であると同時に、パルス光を用いているために太陽光照射下のような光定常状態の反応機構を調べるには不十分である。なぜならば、太陽光利用技術では太陽光という連続白色光をエネルギー源としており、そこでは波長の異なる光による光励起が様々な経路で多段階で進行していることが予想される。さらに、そのような連続光照射下の多色多段階の反応系では光励起→緩和→光励起といった段階的に反応が進むために、反応を効率的に進めるためには励起波長に加えて光励起間のタイムラグも重要になる。以上の理由から、多色多段階の光反応を検討するためには、超高速分光法は不向きである。

本課題では、光定常状態にある反応系の多色多段階励起反応をターゲットとしており、そのような定常状態にあるネットワーク状の光化学反応経路網の全体像を俯瞰して観測し、理解することを目的としている。具体的には、単色連続発振レーザー光を用いた単色多段階反応や、複数の連続発振レーザー光を用いた多色励起によって進行する多色多段階の光化学的イベントを、1段階励起過程に限らず2段階や3段階といった高次項、そして異なる波長の光が関与した交差項を励起光波長選択的に観測する様々な手法の開発を行っている。

1. 多準位反応系の反応の特徴的挙動

光定常状態にある N 準位系において、励起光を遮断した場合の挙動についてマスター方程式とモデル計算・実験により検討した。閉鎖型の N 準位系のマスター方程式を対角化して解くことで、反応速度に対応する N 個の固有値が得られる。閉鎖系では N 個の固有値のうちの1つはゼロになるので、 $N-1$ 個の固有値（反応速度）が得られる。具体的な例として、3準位系と4準位系について検討を行った。4準位系においては、緩和経路は6経路存在するが、マスター方程式から得られる反応速度は4つで、さらにそのうち一つはゼロであるので、実質3つの反応速度が得られる。この結果は、マスター方程式は対角化してあるので、緩和は3つの指数関数の和で表されることを意味している。すなわち、4準位反応系では指数関数的減衰は3つしか観測されず、6個すべての経路を観測することはできない。マスター方程式を解いた結果、励起を含まない系で観測される反応速度定数は、各準位から様々な下位準位へ緩和していく際の緩和速度定数の和が得られることが分かった。

四準位系のモデル計算により反応物と生成物の時間変化を数値的に求め、得られた各状態の時間発展を指数関数による最小二乗フィッティングにより解析した。その結果、得られた時間変化は3つの指数関数の和でよく再現されることが分かった。また、個々の緩和経路の値を変えても、各準位における緩和

経路について、その緩和速度の和が一定であればフィッティングで得られる緩和速度は変わらないことを明らかにした。

以上の机上の検討結果を、Sdan red 7B (SR7B) を使った時間分解の測定で実験的な確認を行った。SR7Bは分子内にアゾ基を2個持つ分子であるので、4種類の異性体が存在する。光異性化を起こさせる際の励起波長の組み合わせで、3準位系（異性体3種類）と4準位系（異性体4種類）を作り分けることができる。まず、3種類の異性体が生成する励起波長条件での吸光度の時間変化は、2つの指数関数でよく再現された。そこで得られた時定数に新たにフリーな時定数1個を加えて、4種類の異性体が生成する励起波長条件での吸光度の時間変化を3つの指数関数でフィッティングした結果、時間編を良く再現できた。以上の結果から、N準位系の緩和過程を指数関数で解析する場合は、N-1個の指数関数を使った解析をしないと意味が無いことを明らかにした。

2. フーリエ変換型多段階反応観測システムを用いたモデルフリーでの応答の観測

これまでの測定システムでは、ファブリー・ペロー干渉計を用いた2色レーザー励起による交差項（2色の光が関与した光反応励起経路）の選択的な観測や、タンデム型ファブリー・ペロー干渉計やマイケルソン干渉計で白色光励起における多色多段階励起の選択的な観測を行ってきた。しかし、実験・検証を進めるに従い、これらのシステムにはいくつかの改善すべき問題点が浮き彫りになった。その一つとして、①ファブリー・ペロー干渉計の持つ特性により、変調波形に正確な正弦波からのズレが生じる点がある。そのため、交差項の選択的な検出は実現できても高次項（単色光が複数回関与した多段階光反応励起経路）の選択的な観測は困難であった。もう一つの問題点として、②ファブリー・ペロー干渉計の位相制御の問題がある。ファブリー・ペロー干渉計やマイケルソン干渉計では、干渉計に用いている鏡の位置をピエゾ素子を使ってナノメートルオーダーで制御する必要があるが、周囲の温度変動やピエゾ素子のドリフトの影響で十分な鏡の位置再現性が得られず、正確な位相を決めることが困難であった。さらに、③ピエゾ素子の位置分解能安定性が不十分なため、応答の位相を正確に決定することが難しい。以上で述べた三つの問題点を克服するために、干渉計の代わりに回転ステージに回転型のNDフィルターを組み合わせた変調システムを組み込むことで、光定常状態における異性体分子種の吸光度変化を測定するシステムを構築した。この改善により変調励起の際の安定性が格段に向上した。その結果、得られたインターフェログラムの対称化やインターフェログラムのレプリカを繰り返すことによるフーリエ変換時の周波数分解能の高分解能化が可能となった。

本研究では、実験的に反応効率曲面の形状を明らかにするために、作成した実験システムに2色の励起強度依存性を同期させる改良を加えた。具体的には、励起光として波長405nmと532nmの連続光を用い、それぞれを試料の応答速度よりも十分に遅い異なる周波数（405nm：0.1Hz、532nm：0.125Hz）で変調した後、試料(p-アミノアゾベンゼン、AAB)に照射し、試料の光定常状態のシフトをプローブ光の吸収変化のインターフェログラムとして検出した。測定の際に、405nmと532nmの変調振幅を同じ振幅で変化させた振幅依存性を測定した。各振幅で得られたインターフェログラムは、先ほど述べた対称化やレプリカ法を施した後にフーリエ変換することで、反応のアクションスペクトルを得た。得られたアクションスペクトルのピークの正負と強度依存性から、反応効率曲面の波長ごとの傾き（1階偏微分）や曲率（2階偏微分）が得られた。さらに2階偏微分の交差項も得られたことから、任意の方向における方向微係数、と2次の方向微係数も得られた。

本研究で得られた結果は、反応経路のモデルに依存しない言わばモデルフリーな解析で得られた結果であり、変調励起の応答に含まれる周波数成分から一意に決定される。そのため、今後未知の反応経路を持つサンプルに対してもモデルに依存せずに測定が可能であると考えている。

【学会発表】※下記の順で記載

発表タイトル 講演者 会議名 発表年月 発表言語 発表形態 開催地 国内・国際区分

1. 変調励起法による光定常状態の観測法の開発—アミノアゾベンゼンを例として— 井上凜香, 福田開, 和田昭英 第39回 化学反応討論会 2024年6月 日本語 ポスター発表 静岡県 国内
2. 光定常状態における多色多段階反応経路解析のための2色変調励起法の開発—アミノアゾベンゼンを例として— 井上 凜香, 福田 開, 和田 昭英 2024年 光化学討論会 2024年9月 日本語 ポスター発表 九州大学 国内
3. 2色変調励起を用いた光定常状態における多色多段階過程の観測(方法の開発)—アミノアゾベンゼンを例として— 井上 凜香・福田 開・和田 昭英 第18回 分子科学討論会 2024年9月 日本語 ポスター発表 京都大学 国内

【書籍等】※下記の順で記載

タイトル 担当区分 著者名 出版社・発行元 出版年月 記述言語 査読有無 種別

1. 実感する化学(下) 共訳 大西 洋, 和田 昭英 エヌ・ティー・エス Feb-25 日本語
2. 実感する化学(上) American Chemical Society, Fahlman, Bradley D, 大西 洋, 和田 昭英 エヌ・ティー・エス Feb-25 日本語

[2] 笠原 俊二

課題: 高分解能レーザー分光による励起分子の構造とダイナミックスの解明

単色性の良いレーザー光を用いた超高分解能レーザー分光では、従来の分光器やパルスレーザーによる分光法では得られない高分解能な分光研究が可能であり、分子の励起状態について詳細な情報を得ることが期待できる。本研究では高エネルギー分解能性を活用して励起状態を電子・振動・回転準位まで分離して観測する点と、観測したスペクトル線の絶対波数を 0.0001 cm^{-1} (有効数字9桁)の高い精度で計測することが大きな特徴である。高分解能ゆえに、個々のスペクトル線の微小な線型・線幅・強度などの変化を観測することが可能となり、これらの変化を通して状態間相互作用を理解することにより、励起状態の寿命・分子内エネルギー移動、分子の光解離反応等の動的挙動・ダイナミックスを発見・解明することが期待できる。

(1) 可視光領域におけるNO₂ラジカルの高分解能レーザー分光

NO₂ラジカルは大気化学において重要な反応中間体として知られ、大気におけるオゾンバランスや酸性雨の原因物質として環境科学や大気化学の分野で興味深い分子であるとともに、状態間相互作用を解明する上で学術的にも興味深い系である。本研究では高分解能であることを生かして回転線や超微細構造の微小な変化から状態間相互作用を捉えようとするものである。特に、可視領域に存在するA-X電子遷移の 16218 cm^{-1} バンドの回転構造を観測して、局所的なエネルギーシフトや微細構造並びに超微細構造に異常を見出した。これらの異常は近傍に存在すると予測されているC²A₂状態との相互作用に起因すると考えた。

(2) アセトアルデヒドの高分解能レーザー分光: 分子内大振幅振動に関する研究

アセトアルデヒドの高分解能スペクトルの帰属と解析を引き続き行った。観測されたスペクトルはこれまでの報告例より分解能が一桁向上しており、より精度の高い回転定数を見積もることができた。アセトアルデヒドのメチル内部回転と水素原子の面外振動におけるトンネル効果により分子回転が大きく影響を受けるため、それらの大振幅振動と分子回転を同時に取り込んでエネルギー準位を考える必要があり解析を進めている。

(3) *trans*-スチルベンの高分解能レーザー分光：分子の異性化と構造に関する研究

励起状態で *cis-trans* 転移が起こることが見出されているスチルベン分子について $S_1 \leftarrow S_0$ 遷移の高分解能蛍光励起スペクトルの観測を行った。 S_1 状態の蛍光寿命が短いいため回転線は完全に分離していないがシミュレーションとの比較により励起状態および基底状態のそれぞれの分子定数を見積もった結果、基底状態で平面構造と考えられていた *trans*-スチルベン分子が2つのベンゼン環がお互いにややツイストしている構造である可能性が示唆された。このことは、理論計算からも支持されている。さらに二つの振電バンドの観測も行い、シミュレーションによる回転構造の解析を行いつつあり、分子構造に関してさらなる確証を得ようとしている。

(4) フルオレンおよびカルバゾールの回転構造解析

これまでに観測したフルオレンおよびカルバゾールの $S_1 \leftarrow S_0$ 遷移の 0-0 バンドおよび幾つかの振電バンドの高分解能スペクトルの回転線の帰属および解析をスペクトルシミュレーションプログラムを用いて行った。フルオレンについては、高次の項は必要なかったが、カルバゾールでは遠心力歪みによる高次の補正項まで決定することができた。また、フルオレンについては、0-0 バンドの 204 cm^{-1} 高波数のバンドで見出された局所的なエネルギーシフトについて、摂動を含めたスペクトルシミュレーションを試み、量子数 $K=0$ について相互作用の相手状態の定数も見積もることができた。一方、カルバゾールでは同様のエネルギーシフトは見られず、さらに高波数領域での相互作用を見つけるべく研究を進めている。

(5) クロロナフタレンの回転構造解析

これまでに観測した 1-Cl ナフタレンおよび 2-Cl ナフタレンの $S_1 \leftarrow S_0$ 遷移の 0-0 バンドの高分解能スペクトルの回転線の帰属および解析をスペクトルシミュレーションプログラムを用いて行った。特に、1-Cl ナフタレンでは寿命幅のため回転線を分離できないため、シミュレーションとの比較により分子定数を見積もった。また、Cl は ^{35}Cl と ^{37}Cl の同位体が 3:1 で存在するため、どちらの同位体種についてもシミュレーションによる回転構造の予測を行い、同位体種の帰属も試みつつある。

(6) ベンズアントラセンの高分解能レーザー分光

1,2-ベンズアントラセンの $S_1 \leftarrow S_0$ 遷移の 0-0 バンドの高分解能スペクトルを観測して回転構造解析を行った。この測定データを利用して、光コムを用いた超高分解能レーザー分光計測システムでのスペクトル観測の条件設定と確認が行われ、9桁の精度で遷移周波数を得ることができる高分解能スペクトル計測を確認することができた。

【発表論文】 ※下記の順で記載

論文タイトル 著者名 誌名 巻(号) 頁 出版年月 記述言語 査読有無 種別

1. Optical frequency synthesizer for wide-range frequency scan and its application to high-resolution molecular spectroscopy Masatoshi Misono, Shunji Kasahara, Akiko Nishiyama, Masaaki Baba Journal of the Optical Society of America B 41(12) 2791-2797 Nov-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)

【学会発表】 ※下記の順で記載

発表タイトル 講演者 会議名 発表年月 発表言語 発表形態 開催地 国内・国際区分

1. The analysis of $S_1 \leftarrow S_0$ electronic transitions in Fluorene by using high-resolution laser spectroscopy; perturbation analysis in 204 cm^{-1} band $S_1 \leftarrow S_0$ transition L. Minik, S. Kuroda, S. Kasahara 39th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics 2024年6月 英語 ポスター発表 静岡県 国際

2. High-resolution Laser spectroscopy of S1←S0 electronic transition of carbazole S. Ooiwamoto, S. Ueda, K. Kuroda, S. Kasahara 39th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics 2024年6月 英語 ポスター発表 静岡県 国際
3. The study of trans-stilbene S1←S0 transition by High-Resolution Laser Spectroscopy A. Shimizu, S. Kasahara, M. Baba, N. Nakayama 39th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics 2024年6月 英語 ポスター発表 静岡県 国際
4. High-Resolution Laser Spectroscopy of A-X Transition of NO2: Anomalies in the 16218 cm-1 band S. Kasahara, S. Torao, H. Minamide, T. Yoshizawa, K. Tada 39th Symposium on Chemical Kinetics and Dynamics 2024年6月 英語 ポスター発表 静岡県 国際
5. 分子線・レーザー交差法によるアセトアルデヒド S1←S0 遷移の高分解能分光 笠原俊二, 谷口凜, 中島康輔, 清水陽, 馬場正昭 第18回分子科学討論会 2024年9月 日本語 ポスター発表 京都大学 国内
6. 分子線レーザー交差法による trans-スチルベンの S1←S0 遷移の研究 清水陽, 笠原俊二, 馬場正昭, 中山尚史 第18回分子科学討論会 2024年9月 日本語 口頭発表(一般) 京都大学 国内
7. 14NO2 ラジカルの 615 nm 領域の高分解能レーザー分光 多田康平, 虎尾さくら, 南出歩果, 吉澤匠, 笠原俊二 第18回分子科学討論会 2024年9月 日本語 口頭発表(一般) 京都大学 国内
8. 高分解能レーザー分光によるフルオレンの S1←S0 遷移: 204 cm-1 バンドにおける摂動 ミニック留久, 黒田真司, 笠原俊二 第18回分子科学討論会 2024年9月 日本語 ポスター発表 京都大学 国内
9. クロロナフタレンの S1←S0 遷移の高分解能スペクトルの解析 清水陽, 山本涼, 神澤賢一郎, 笠原俊二 第24回分子分光研究会 2024年12月 日本語 口頭発表(一般) 北里大学 国内
10. 高分解能レーザー分光法を用いたカルバゾールの S1←S0 遷移の研究 大岩本昇太, 上田翔也, 黒田真司, 笠原俊二 第24回分子分光研究会 2024年12月 日本語 口頭発表(一般) 北里大学 国内
11. フルオレンの S1←S0 遷移の高分解能レーザー分光: 204 cm-1 バンドにおける摂動の解析 ミニック留久, 黒田真司, 笠原俊二 第24回分子分光研究会 2024年12月 日本語 口頭発表(一般) 北里大学 国内
12. 14NO2 ラジカルの 16218 cm-1 バンドの高分解能レーザー分光: 2B2 状態と C2A2 状態の相互作用 多田康平, 虎尾さくら, 南出歩果, 吉澤匠, 笠原俊二 第24回分子分光研究会 2024年12月 日本語 口頭発表(一般) 北里大学 国内

1-2. 物性物理化学

[3] 大西 洋

大西はクロスアポイントメント制度を利用して自然科学研究機構分子科学研究所の教授を2021年11月から5年間兼任して「有限の厚さをもつ固液界面のオペランド分子科学研究」を推進している。兼任比率は本学75:分子科学研究所25である。ここでは神戸大学と分子科学研究所でおこなった研究を一括して報告する。

研究課題: 人工光合成光触媒のダイナミクス研究

光触媒は結晶内部で吸収した光のエネルギーを励起キャリア(電子と正孔)に変えて、表面に存在する反応中心へ伝達し、物質変換(酸化還元反応)に利用する人工的なデバイスである。水から電子を取り出す半導体光触媒が半世紀にわたる材料探索のなかでいくつも見いだされてきた。これらを改良して社会実装しようとする

開発研究が世界中でおこなわれている。その一方で、光触媒のサイエンスを探究する基礎研究は古くから知られた光触媒材料に集中しており、ここに生じた材料ギャップ (material gap) を埋めようとする研究は少ない。

大西は本専攻反応物理化学分野の小堀康博教授・分子科学研究所の長坂将成助教・京都大学の浦上浩輝特定助教に研究分担者として参画を求めた科学研究費基盤研究(A)「人工光合成をめざす半導体光触媒: オペランド計測によるミリ秒反応化学の解明」を2022年度から2024年度まで実施し、世界最高レベルの量子収率で水を水素と酸素に完全分解する2つの半導体光触媒(チタン酸ストロンチウムとタンタル酸ナトリウム)がミリ秒の時間をかけて水を酸素と水素に分解するメカニズムを比較して、光触媒による人工光合成反応のサイエンスを探究した。

2024年度の成果(1) マイクロ電極による高速酸素検出: チタン酸ストロンチウム光触媒による水分解反応により水中に放出される溶存酸素を、直径 $20\mu\text{m}$ の白金電極を光触媒フィルムに接近させて電気化学的に検出した。マイクロ電極による計測は、従来の気体酸素を捕集してガスクロマトグラフで分析する方法に比べ、分析時間を約1/50に短縮できる。この高いスループットを活かし、酸素放出速度の励起光強度依存性および溶存酸素濃度依存性を系統的に測定して速度論解析を行った。

2024年度の成果(2) 全反射(ATR)分光による中間体化学種のオペランド検出: ダイヤモンド製ATRプリズムとFTIR分光器を組み合わせ、光触媒懸濁液に励起紫外光を照射しながら赤外吸収スペクトルを計測した。タンタル酸ナトリウム光触媒の懸濁液に紫外光を照射すると波数 850 cm^{-1} にピークをもつ赤外吸収が観測された。この吸収を、励起光照射により光触媒表面に生成した中間体化学種(たとえばTa-O-OH基)の振動バンドであると解釈した。

2024年度の成果(3) 量子化学MDシミュレーション: 密度汎関数法(DFT)に強束縛近似を導入し、計算速度を約1000倍に高速化した密度汎関数強束縛法(DFTB)と分子動力学(MD)を組み合わせたシミュレーションを実施した。光励起により生成された電子と正孔がタンタル酸ナトリウム結晶の格子歪みと結合して自己束縛状態(ポーラロン)へと転化する動的過程を、励起された余剰電荷の空間分布とTa-O間距離の変化を比較対照することで追跡した。

研究課題: 潤滑油界面の分子論的理解

カンチレバーの共鳴振動数変化を検出する方式の原子間力顕微鏡(FM-AFM)を用いて、顕微鏡探針にはたらく力をピコニュートンの精度で計測すると、固体表面の凹凸像ばかりでなく、固体に接する液体の微視的構造を明らかにできる。潤滑油の機能を分子スケールで理解するために、固液界面の力学応答を計測する周波数変調原子間力顕微鏡(FM-AFM)の特徴を活かす可能性を探索した。この研究は平山朋子博士(京都大学教授)を代表者とする科学研究費基盤研究(S)「境界潤滑の科学—添加剤吸着層の構造・物性にに基づく低摩擦現象の本質的理解」の支援を得て、FM-AFMの産業応用を拓くという視点から(株)島津テクノロジーならびに(株)島津製作所と共同で進めている。

2024年度の成果(1) 固体表面を被覆した単分子膜が摩擦低減作用を発揮する油性添加剤を分子スケールで模擬したLangmuir-Blodgett膜を転写したシリコン基板を用いて、表面形状のFM-AFM計測と巨視的摩擦試験の結果を比較対照した。特異的な低摩擦を発現する液体膨張相(liquid-expanded phase)をとる分子膜において、分子膜が数分子層におよぶ潤滑油液体をまとうことが摩擦低減に寄与することを提案した。

2024年度の成果(2)代表的な油性添加剤であるパルミチン酸を添加したモデル潤滑油(ヘキサデカン)に原子レベルで平坦な酸化チタン結晶ウェハを浸漬してAFMを用いて観察を行った。1 μm 四方の範囲を繰り返し観察し、その後後に観察範囲を2 μm に広げて取得したところ、厚さ2ナノメートルの分子膜が画像中央の1 μm 四方の領域のみに形成されていることを確認した。これらの結果をもとにして、AFM探針による固体表面の繰り返し走査することによる機械的刺激がパルミチン酸分子の吸着を誘発することを提案した。

研究課題:液体—氷界面の分子イメージング

氷はさまざまな分子性結晶の中で、私たちにもっとも関係深い物質であり、サイエンスとエンジニアリングにおけるその重要性は計り知れない。ゆえに、氷が外界と接する表面の構造と機能を分子論的に理解する研究が世界中で活発におこなわれている。私たちの生存環境において氷はしばしば水中に存在し、大気中に存在する場合には薄い水膜で覆われている。そのため、水と氷が接する界面の分子レベルでの計測が氷を理解するために不可欠である。しかし氷点温度を厳密に維持しても、相平衡にある水—氷界面の位置は変動する。位置が変動する界面の分子レベル計測、特にAFMによる分子イメージングは困難である。

そこで、本研究では氷との界面が氷点下でも保持される不凍液(有機溶媒)に着目した。不凍液中に浸漬した氷表面の形状を精密に計測するため、AFMの装置全体を冷却し、氷表面に高さ0.1 nmの階段状構造が発生することを発見した。この0.1 nmという高さは、氷を構成する H_2O 分子1個に匹敵する微小なものであり、氷と液体が接する界面の形状をこれほど精密に計測した研究は本研究が初めてである。

この成果は、オープンアクセスオプションを付与してJ. Chem. Phys.誌に報告した原著論文、および神戸大学と分子科学研究所のプレスリリース(和文と英文)を通じて広く注目された。さらに、Physics Today(アメリカ物理学会広報誌)、JSTサイエンスポータル、Yahooニュースなど、国内外20以上のウェブ媒体で二次報道され、柳澤 瞭(筆頭著者, M2学生)が神戸大学の令和6年度学生表彰(学術部門)に選ばれた。

【発表論文】※下記の順で記載

論文タイトル 著者名 誌名 巻(号) 頁 出版年月 記述言語 査読有無 種別

1. Theoretical investigation of interaction measurements in liquid systems with viscosity distributions Takumi Otake, Ryuki Kajita, Ikuma Ogasawara, Mitsuhiro Iwaki, Hiroshi Onishi, Akira Yoshimori, Ken-ichi Amano Physica A: Statistical Mechanics and its Applications 129918 Jun-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
2. The interface between ice and alcohols analyzed by atomic force microscopy Ryo Yanagisawa, Tadashi Ueda, Kei-ichi Nakamoto, Zhengxi Lu, Hiroshi Onishi, Taketoshi Minato 責任著者 The Journal of Chemical Physics 161(2) Jul-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
3. MXene quantum dot-sensitized heterostructures for broad solar spectrum CO₂ reduction Cheng-May Fung, Boon-Junn Ng, Yi-Hao Chew, Chen-Chen Er, Jingxiang Low, Xuecheng Guo, Xin Ying Kong, Lling-Lling Tan, Hiroshi Onishi, Abdul Rahman Mohamed, Siang-Piao Chai Cell Reports Physical Science Nov-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
4. Unravelling the Influence of Major Seawater Salt Ions on the Photogenerated Charge Carriers in a Sr-Doped NaTaO₃ Photocatalyst via ATR-FTIR Yi-Hao Chew, Naoki Saijo, Yoshitaka Kumabe, Takashi Tachikawa, Hiroshi Onishi 最終・責任著者 The Journal of Physical Chemistry C 129 3531-3538 Feb-25 英語 有 研究論文(学術雑誌)

【学会発表】※下記の順で記載

発表タイトル 講演者 会議名 発表年月 発表言語 発表形態 開催地 国内・国際区分

1. 酸化チタン結晶に吸着した脂肪酸油性剤のナノ力学計測 坂田秋津,森口志穂,大西洋 トライボロジー会議
2024 春 2024 年 5 月 日本語 口頭発表(一般) 東京都 国内
2. 物理吸着系摩擦調整剤の摩擦低減メカニズムに関する検討(第 2 報:吸着層構造のイメージングと摩擦特性との
関連性) 森口志穂,大西洋,小出駿介,平山朋子,山下直輝 トライボロジー会議 2024 春 2024 年 5 月 日本語
口頭発表(一般) 東京都 国内
3. 光励起したタンタル酸カリウム単結晶による溶存酸素還元反応のマイクロ電極計測 遠藤加奈子,坂田秋津,平
田海斗,河邊佑典,高橋康史,大西洋 第 43 回光が関わる触媒化学シンポジウム 2024 年 7 月 日本語 ポスター
発表 岡山大学 国内
4. タンタル酸ナトリウム光触媒による溶存酸素還元反応のマイクロ電極計測 西城尚輝,釧菱葉月,平田海斗,河邊
佑典,高橋康史,大西洋 第 43 回光が関わる触媒化学シンポジウム 2024 年 7 月 日本語 ポスター発表 岡山
大学 国内
5. NaTaO₃ 光触媒による水分解反応の ATR IR を用いた観察 宮本陸人,Chew, Y. H.,西城尚輝,大西洋 第
43 回光が関わる触媒化学シンポジウム 2024 年 7 月 日本語 ポスター発表 岡山大学 国内
6. Influence of Major Salt Ions in Seawater on the Charge Carriers Photogenerated by Sr-Doped NaTaO₃
Photocatalyst Chew, Y. H.,Saijo, N.,Onishi, H. 第 43 回光が関わる触媒化学シンポジウム 2024 年 7 月 英語
口頭発表(一般) 岡山大学 国内
7. Ice Films Characterized by Atomic Force Microscopy under Organic Solvents Yanagisawa, R.,Ueda, T.,
Nakamoto, K.,Lu, Z.,Onishi, H.,Minato, T. 第 18 回分子科学討論会(京都) 2024 年 9 月 日本語 口頭発表
(一般) 京都府 国内
8. Ice Films Probed by Atomic Force Microscopy under Organic Liquid Yanagisawa, R.,Ueda, T.,Nakamoto, K.,
Lu, Z.,Onishi, H.,Minato, T. The 10th International Symposium on Surface Science (ISSS-10) 2024 年 10 月 英
語 口頭発表(一般) 福岡県 国際
9. 液中 AFM を用いた脂肪酸添加剤吸着ドメインの画像化 坂田秋津,森口志穂,大西洋 トライボロジー会議
2024 秋 2024 年 10 月 日本語 口頭発表(一般) 沖縄県 国内
10. 水中で進む触媒反応のオペランド計測:赤外分光とマイクロ電気化学 大西洋 2024 年度触媒学会西日本
支部第 15 回触媒科学研究発表会 2024 年 11 月 日本語 口頭発表(招待) 神戸大学 国内
11. 赤外分光を用いた NaTaO₃ 光触媒による水酸化反応中間体の検出 宮本陸人,Chew, Y. H.,西城尚輝,大西洋
2024 年度触媒学会西日本支部第 15 回触媒科学研究発表会 2024 年 11 月 日本語 ポスター発表 神戸大学
国内
12. 光励起したタンタル酸カリウム単結晶による溶存酸素消費反応のマイクロ電極計測 遠藤加奈子,坂田秋津,平
田海斗,河邊佑典,高橋康史,大西洋 2024 年度触媒学会西日本支部第 15 回触媒科学研究発表会 2024 年 11
月 日本語 ポスター発表 神戸大学 国内
13. タンタル酸ナトリウム光触媒による溶存酸素還元反応の速度論的解析 西城尚輝,釧菱葉月,平田海斗,河邊佑
典,高橋康史,大西洋 2024 年度触媒学会西日本支部第 15 回触媒科学研究発表会 2024 年 11 月 日本語 ポ
スター発表 神戸大学 国内
14. マイクロ電極を用いた固液界面反応速度計測のシミュレーションによる解析 釧菱葉月,西城尚輝,遠藤加奈子,
大西洋 2024 年度触媒学会西日本支部第 15 回触媒科学研究発表会 2024 年 11 月 日本語 ポスター発表
神戸大学 国内

15. 潤滑油における添加剤吸着膜の分子スケール構造と摩擦特性 森口志穂,大西洋,平山朋子,山下直輝 第20回高分子表面研究討論会 2024年11月 日本語 口頭発表(招待) 兵庫県 国内
16. Ice Films Characterized by Atomic Force Microscopy under Antifreeze Liquid Yanagisawa, R.,Ueda, T.,Nakamoto, K.-i,Lu, Z.,Onishi, H.,Minato, T. 32nd International Colloquium on Scanning Probe Microscopy (ICSPM32) 2024年11月 英語 ポスター発表 北海道 国際
17. Molecular-Scale Structure and Friction Properties of Physisorbed Friction Modifiers in Liquid Lubricants Moriguchi, S.,Onishi, H.,Hirayama, T.,Yamashita, N. 32nd International Colloquium on Scanning Probe Microscopy (ICSPM32) 2024年11月 英語 口頭発表(一般) 北海道 国際
18. Frequency-Modulation AFM in Sub-Zero Antifreeze Liquid Lu, Z.,Yanagisawa, R.,Ueda, T.,Nakamoto, K.,Onishi, H.,Minato, T. 32nd International Colloquium on Scanning Probe Microscopy (ICSPM32) 2024年11月 英語 ポスター発表 北海道 国際
19. 市販 AFM 装置を用いた氷-液体界面の計測 大西洋,湊丈俊 次世代ナノプローブ技術委員会第5回研究会 2025年1月 日本語 口頭発表(招待) 東京都 国内
20. タンタル酸カリウム単結晶による水中光触媒反応の結晶面依存性 遠藤加奈子,坂田秋津,平田海斗,河邊佑典,高橋康史 第135回触媒討論会 2025年3月 日本語 ポスター発表 大阪大学 国内
21. タンタル酸ナトリウム光触媒による溶存酸素還元反応の速度論解析 西城尚輝,平田海斗,河邊佑典,高橋康史,大西洋 第135回触媒討論会 2025年3月 日本語 ポスター発表 大阪大学 国内
22. チタン酸ストロンチウム光触媒による酸素生成反応のマイクロ電極計測 釧菱葉月,平田海斗,河邊佑典,高橋康史,久富隆史,西山洋,堂免一成,大西洋 第135回触媒討論会 2025年3月 日本語 ポスター発表 大阪大学 国内
23. 赤外分光を用いた金属酸化物光触媒による水酸化反応中間体の検出 宮本陸人,西城尚輝,Chew, Y. H.,大西洋 第135回触媒討論会 2025年3月 日本語 ポスター発表 大阪大学 国内
24. 氷点下温度での液体中原子間力顕微鏡測定 陸政希,柳澤瞭,大西洋 膜工学春季講演会・膜工学サロン 2025年3月 日本語 ポスター発表 神戸大学 国内

【書籍等】※下記の順で記載

タイトル 担当区分 著者名 出版社・発行元 出版年月 記述言語 査読有無 種別

1. 実感する化学 共訳 American Chemical Society, Fahlman, Bradley D, 大西洋, 和田 昭英 エヌ・ティー・エス Feb-25 日本語

【受賞】※下記の順で記載

賞名称 受賞者 受賞対象 授与機関名 受賞区分 受賞年月 国内国外区分

1. 第34回光が関わる触媒化学シンポジウム 最優秀ポスター賞 西城尚輝,釧菱葉月,平田海斗,河邊佑典,高橋康史,大西洋 タンタル酸ナトリウム光触媒による溶存酸素還元反応のマイクロ電極計測 触媒学会 2024年7月 国内
2. The Journal of Chemical Physics 誌 Editor's Pick Ryo Yanagisawa,Tadashi Ueda,Kei-ichi Nakamoto,Zhengxi Lu,Hiroshi Onishi,Taketoshi Minato The interface between ice and alcohols analyzed by atomic force microscopy 2024年7月 国際
3. 神戸大学令和6年度学生表彰(学術部門) 柳澤瞭,大西洋 原著論文のJ. Chem. Phys.誌への掲載、および20以上のWeb媒体での二次報道 神戸大学 2025年3月 国内

[4] 木村 建次郎

研究項目: 散乱理論・散乱イメージング理論の構築

本研究の目的は、あらゆる波動に適用することが可能な普遍的な透視理論を構築することである。特に、マイクロ波や超音波などの散乱性の高い波動を対象とした新しい断層映像化理論を確立し、物体内部の三次元構造を非破壊かつ高精度に可視化するための逆問題解析技術を開発する。X線CTやPETなど、高透過性波動に基づくラドン変換を用いた手法では可視化困難な測定対象の内部構造を、数理的に正当な手段で再構成する。この目標に対し、研究期間内において以下の主要成果を達成した:

- 波動散乱の逆問題に対して、“散乱場方程式の導出、その解析解を基に、時間と空間の極限操作により映像化関数を得る”、全空間における情報を数的に焦点化する「透視理論」を確立。
- 多重散乱を伴う逆問題に対して、散乱場方程式の4つの解に基づく透視理論を構築。
- 生体試料など水を含む測定対象における、誘電分散特性（周波数依存性）を考慮した理論モデルを構築し、深部における空間分解能劣化の克服とともに、乳がん組織の映像化を実証。
- 波動の高減衰媒質に対して、静的な場に基づく新しい非波動型逆解析法を提唱。

本研究では、散乱性の高い媒質中での三次元構造解析という難題において、理論・計算・実践において成果を結実させた。CT法に替わる新世代の透視法として、医療画像診断分野、非破壊検査分野などへ著しい貢献が期待される。

【MISC】※下記の順で記載

タイトル 著者名 誌名 巻(号) 頁 出版年月 記述言語 査読有無 種別

1. 見えない電気や電流は見えるようになる? 木村建次郎, 松田聖樹, 鈴木章吾 筆頭著者 電気の疑問 66 みんなを代表して専門家に聞きました 244-247 Jun-24 日本語 無

【学会発表】※下記の順で記載

発表タイトル 講演者 会議名 発表年月 発表言語 発表形態 開催地 国内・国際区分

1. Overview of non-destructive inspection project for storage batteries 木村建次郎 Huawei workshop 2024年4月 日本語 横浜オフィス 国内
2. パネルディスカッション 木村建次郎 YPO Dubai 2024年5月 日本語 THE SODOH 東山 京都 国内
3. パネルディスカッション 木村建次郎 CYBERDYNE『創立20周年記念カンファレンス』2024年7月 日本語 つくば市ノバホール(NOVAHALL) 大ホール 国内
4. マイクロ波マンモグラフィ標準ファントムの開発 金昇晋, 橋本舞雪, 田口英佳, 佐久間淑子, 田根香織, 廣利浩一, 澤本莉奈, 平井綾華, 木村建次郎, 國久智成, 山元奈穂, 矢内誠司, 結縁幸子, 松本元, 山神和彦, 弓井孝佳, 中島義晴, 木村憲明, 岡本交二, 河野誠之 第32回日本乳癌学会学術総会 2024年7月 日本語 仙台国際センター会議棟 2F 大ホール 国内
5. 弾性波散乱場断層映像化技術の開発 藪本海, 弓井孝佳, 木村憲明, 木村建次郎 学術変革領域「散乱透視学」第7回領域会議 2024年7月 日本語 口頭発表(一般) 東京大学駒場キャンパス 国内
6. SVJP シリコンバレー・ジャパン・プラットフォーム 木村建次郎 SVJP シリコンバレー・ジャパン・プラットフォーム 2024年9月 日本語 国内

7. サイクル試験に伴う電池内電流密度空間分布変化の非破壊映像化に関する研究 西村祐太郎,松田聖樹,鈴木章吾,木村建次郎 第65回電池討論会 2024年11月 日本語 国立京都国際会館 国内
8. Fundamental and application of subsurface imaging 木村建次郎,鈴木章吾,松田聖樹,西村祐太郎,岡田英朗,出口雄一,藪本海,中島義晴,弓井孝佳 第28回産研国際シンポジウム 2025年1月 英語 淡路夢舞台国際会議場 国際
9. 非破壊での電池内部電流映像化による出荷前検査の革新 木村建次郎 BATTERY JAPAN 二次電池展 2025年2月 日本語 東京ビックサイト 国内
10. Subsurface tomographic imaging based on scattering field theory 木村建次郎 「散乱透視学」第8回領域会議 2025年3月 日本語 淡路夢舞台国際会議場 国内
11. セッション:「見えないものを見る力」-科学と精神の交差点 木村建次郎,松山大耕 SVJP Kyoto Retreat 2025年3月 日本語 ザ・リッツ・カールトン京都 国内

【受賞】 ※下記の順で記載

賞名称 受賞者 受賞対象 授与機関名 受賞区分 受賞年月 国内国外区分

1. 令和6年度学長表彰 木村建次郎 神戸大学 2024年10月 国内
2. MUFG Startup Sumit 大阪, ベンチャークライアントアワード 木村建次郎 三菱UFJ銀行 2024年11月 国内

[5] 枝 和男

課題:物質創製と新機能性物質合成法の開発

研究活動まとめ

1) 新規イソポリオキソタングステートの開発

近年, メタタングステートとして知られる Keggin 型閉殻骨格の内部に2つのプロトンを含むイソポリオキソタングステートの還元体が, 水素酸化触媒として白金に匹敵する触媒能を持つことが示され, その骨格内部の狭い空間に閉じ込められたプロトンが示す特異な性質に興味を持たれている。最近, われわれの研究室では, 第一原理計算により4つのプロトンが骨格内部に取り込まれた新規の Keggin 型イソポリオキソタングステート(iso-POT)生成の可能性を明らかにした。この新規の Keggin 型 iso-POT の単離法の確立とその物質の物性評価を目指して実実験に取り組み, 厳密に制御することによって $[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}]^{6-}$ への酸添加により, これまで知られていない $[\text{H}_4\text{W}_{12}\text{O}_{40}]^{4-}$ を生成できることを明らかにすることができた。

2) 新規 Keggin 型イソポリオキソモリブデートの開発

1) で述べたようにポリオキソメタレート骨格内部の狭い空間に閉じ込められたプロトンが示す特異な性質に興味を持たれている。2つのプロトンを含む Keggin 型 iso-POT であるメタタングステートはよく知られており, 工業的にも生産・利用される。一方, 骨格内部にプロトンを含む Keggin 型イソポリオキソモリブデート(iso-POMo)はほとんど知られておらず, 関連する種としては Zhao らの2016年の報告にある複塩中の Keggin 型 iso-POMo だけが知られているが, それがもつプロトンが骨格表面に付加されたものであるのか, あるいは骨格内部にあるのかは特定されていない。そのため, 昨年度に引き続き, 第一原理計算により, プロトンが酸化物骨格内部に取り

込まれた Keggin 型 iso-POMo の生成の可能性について検討した。その結果、容易ではないが $[\text{H}_2\text{Mo}_{12}\text{O}_{40}]^{4-}$ については準安定相として生成の可能性があることなどを明らかにすることができた。

3) 拡張型新規ポリオキソタンゲステートの開発

1)と2)で述べたポリオキシメタレートの高機能性物質としての活用を更に発展させるため、Keggin 型骨格の拡張による高機能化を期待した新規の拡張型ヘテロポリオキソタンゲステート(hetero-POT)と拡張型 iso-POT の合成・開発指針の確立を目的とした研究を進めている。様々な拡張型 hetero-POT や拡張型 iso-POT の生成反応の最小エネルギー経路を第一原理計算に基づいた Nudged Elastic Band(NEB)法を用いて探索したところ、その中で内部プロトン数が多い $[\text{H}_4\text{W}_{12}\text{O}_{40}]^{4-}$ の B 型三欠損種の二量体化による新規拡張型 iso-POT の生成反応が室温程度で乗り越えることができるエネルギー障壁を持つ可能性があることなどを見出すことができた。

4) 共同研究

学内外を問わず X 線構造解析や第一原理計算を通して様々な研究者と共同研究を進めており、今年度はこれまでの研究の成果として機能性薄膜の構造の理解につながる基質界面における *n*-アルカンの奇偶効果および第一原理計算を用いた界面活性剤の臨界ミセル濃度予測に関する 2 報の重要な論文発表という成果を出すことができた。

【発表論文】 ※下記の順で記載

論文タイトル 著者名 誌名 巻(号) 頁 出版年月 記述言語 査読有無 種別

1. Disappearance of Odd-Even Effects at the Substrate Interface of *n*-Alkanes Nobutaka Shioya, Mariko Yoshida, Masamichi Fujii, Kazuo Eda, Takeshi Hasegawa Journal of the American Chemical Society 146(46) 32032-32039 Nov-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
2. Computational prediction of the critical micelle concentration (CMC) of surfactants using the non-Bornian solvation model Toshiyuki Osakai, Tomohiro Misaki, Kazuo Eda 最終著者 Physical Chemistry Chemical Physics 26(22) 16320-16326 May-25 英語 有 研究論文(学術雑誌)

【学会発表】 ※下記の順で記載

発表タイトル 講演者 会議名 発表年月 発表言語 発表形態 開催地 国内・国際区分

1. Synthetic exploration of Keggin-type isopolyoxometalate ion encapsulating protons Kazuo Eda, Haruto Kamiyama, Kaho Watanabe, Toshiyuki Osakai The International Meeting of the Polarographic Society of Japan 2024 年 11 月 英語 ポスター発表 京都大学 国際

1-3. 反応物理化学

【6】 小堀 康博

自然の光合成、有機太陽電池、光触媒などでは、光エネルギー変換のための光誘起化学反応によって一過性のラジカル種やキャリアが即座に生成され、生体エネルギーの重要な供給源となる。しかし、キャリア一伝導や電荷解離が起こる前に、それらの過渡的な分子がどのように相互作用しているのかは、これまで不明であった。当グループでは、過渡電子常磁性共鳴(EPR)法を用いて、光活性タンパク質、太陽電池、

光触媒において最初に生成するラジカル対、多重励起子、電子-正孔対の分子位置、軌道配向、軌道重複(電子結合)を決定する実験手法を開発している。半導体ナノ粒子、一重項分裂物質、高分子系におけるエネルギー変換のいくつかの基本的なメカニズムと量子コヒーレンスの制御因子を明らかにしている。

課題 1: 流体中における発色団-ラジカル連結分子量子ビットの二重項-四重項スピン変換を制御する異方的活性化機構

スピンの多重度が変化する光エネルギー変換過程が注目されているが、細胞内のような流体環境に適用できる量子センシング技術の開発は未開拓である。ノイズの多い凝縮系において、いかにスピン量子コヒーレンスを制御しながら効率的なエネルギー変換を実現するかが課題である。本研究では、室温における有機分子の立体効果を利用して、流体環境における3スピン量子ビットの量子情報を制御するために、電子スピン偏極に対する分子運動の効果を調べた。時間分解電子常磁性共鳴法を用いて、光誘起量子もつれの生成・移動を観測することにより、ラジカル-クロモフォア結合系で生成する光励起四重項状態を直接観測し、電子スピン偏極の活性化によるデコヒーレンス効果など、電子スピン偏極機構の詳細を明らかにした。

課題 2: 室温で五重項多重励起子の量子コヒーレンスを示す大環状平行二量体

一重項分裂(Singlet Fission: SF)は、光励起によって温度に依存せずにスピン絡み五重項三重項対を生成できるため、量子情報科学における有望なアプローチである。しかし、三重項対の配向とダイナミクスの精密な制御を必要とする量子コヒーレンスを室温で合理的に実現することは、まだ困難である。ここでは、2つのペンタセン発色団を大環状に並列かつ近接して配置することにより、五重項多重励起子の量子コヒーレンスを室温で実現できることを示す。アルデヒド修飾ペンタセン誘導体間に動的な共有結合シッフ塩基を作ることで、大環状並列二量体-1(MPD-1)を高収率で選択的に合成することができる。MPD-1はポリスチレンフィルム中でサブピコ秒の高速SFを示し、スピン偏極したクインテットマルチエキシトンを生成する。さらに、MPD-1クインテットのコヒーレンス時間 T_2 は、室温でも648ナノ秒と長い。この大環状並列二量体戦略は、分子多値量子ビットを用いた将来の量子応用に新たな可能性を開くものである。

課題 3: 有機太陽電池におけるスピロ置換ピチオフェンユニットを有する非フラレンアクセプター:フロンティア分子軌道分布のチューニングによる励起子結合エネルギーの低減

ITICに代表される非フラレンアクセプター(NFA)の開発は、有機薄膜太陽電池(OSC)の電力変換効率(PCE)の向上に貢献している。光電荷発生を促進するためには、励起子結合エネルギー(E_b)を小さくするように電子構造をチューニングすることが考えられるが、NFAの合理的な分子設計は確立されていない。本研究では、NFAのフロンティア分子軌道(FMO)分布を調整するために、スピロ置換ピチオフェンまたはビフェニルユニットを有する2種類のITICベースNFA(SpiroT-DCIおよびSpiroF-DCIと命名)を設計・開発した。SpiroF-DCIとITICの最高被占分子軌道(HOMO)は主 π 共役骨格に非局在化されているのに対し、SpiroT-DCIのHOMOはピチオフェンユニットに分布している。この違いを反映して、SpiroT-DCIはSpiroF-DCIやITICよりも小さな E_b を示し、単一成分OSCにおいてより大きな外部量子効率を示す。さらに、SpiroT-DCIは、PBDB-Tをドナーとするバルクヘテロ接合OSCにおいて、SpiroT-DCIやITICと比較して、PCEの改善を示した。時間分解分光測定から、光誘起の分子間電荷分離が原始的なSpiroT-DCI膜においても有効であることが示された。この研究により、スピロ置換ピチオフェンユニットの導入が、ITICのFMOのチューニングに有効であることが明らかになった。

課題 4: アルキルスルホンを用いた多環芳香族炭化水素の可視光誘起直接 C-H アルキル化反応

多環芳香族炭化水素 (PAHs) はグラフェンの断片であり、新しい炭素系材料として注目されている。PAH のエッジ位置を官能基化することは、さまざまな用途に不可欠な物理的・化学的特性の調節を可能にするために重要である。しかしながら、官能基耐性と位置選択性を兼ね備えた簡便な方法が依然として求められている。ここでは、PAH 中の炭素-水素結合を位置選択的に直接アルキル化する光化学的アプローチについて報告する。光励起された PAH からスルホンへの単一電子移動過程を含む反応機構と、位置選択性の起源に関する理論的根拠を、分光学的解析と理論計算に基づいて提案した。

課題 5: 二重の硫黄押し出しによるエンド・ツー・エンドの曲げペリレンビスイミドシクロファン

6 員環のみからなる本質的に平面的な π コアを曲げることは、伝統的に困難であった。それは分子の曲げに伴う大きなひずみエネルギーを補うためには、強力な変換が必要だからである。ここでは、硫黄の押し出しにより、ペリレン構造を大幅に曲げることができ、カーボンナノチューブの断片として提案されているが、これまで見つかっていない Vögtle ベルトの部分構造を形成できることを示した。曲がったペリレンビスイミド (PBI) 誘導体は、対応する硫黄含有 V 字型前駆体と内部アルキルテザーとの二重硫黄押し出し反応によって合成された。最近、先端的な有機電子・光電子材料の設計で注目されている、本来平面である PBI コアを曲げる効果を系統的に調べた。曲率を大きくすると、吸収スペクトルと発光スペクトルに赤方偏移が生じるが、蛍光量子収率は高いままである。これは、これまでに報告されている共役テザーに基づく非平面 PBI 誘導体の非発光特性とは対照的である。詳細な光物理学的測定から、アルキルテザーが短くなるにつれて曲率が大きくなることで、(i) 系間交差がわずかに促進され、(ii) 現在の曲がった PBI 誘導体の励起状態における内部転換が著しく抑制されることが示された。後者の特性は、コア発色団と N-アリアルユニット間の電荷移動 (CT) 特性に伴う制限された動的運動に由来する。

課題 6: 三重項-三重項消滅による光アップコンバージョン機構の解明

三重項-三重項消滅による光アップコンバージョンの超高効率化をねらいとする多重励起子の分子運動性によるスピン操作を進めている。ペンタセンダイマーでは、すでに励起子分裂後の T+T 解離状態からの戻り反応による三重項-三重項消滅過程で生成する電子スピン分極を報告している。非フラーレン太陽電池材料とルブレソンの混合膜で生成する電荷分離状態の電荷再結合による三重項励起子によるアップコンバージョン過程においても多重励起子の生成に起因する電子スピン分極が観測された。スペクトル線形解析を行い、励起子ホッピングによる分子配向と交換相互作用の変調によって効率的な一重項変換を経由した遅延蛍光生成機構が明らかになった。アントラセン三量体分子と単量体分子を用いた計測を比較し分子内励起子ホッピングによる光アップコンバージョンの効率化を示す遅延蛍光が得られた。

【発表論文】 ※下記の順で記載

論文タイトル 著者名 誌名 巻(号) 頁 出版年月 記述言語 査読有無 種別

1. End-to-End Bent Perylene Bisimide Cyclophanes by Double Sulfur Extrusion Yuki Tanaka, Keita Tajima, Ryota Kusumoto, Yasuhiro Kobori, Norihito Fukui, Hiroshi Shinokubo 責任著者 Journal of the American Chemical Society 146(23) 16332-16339 May-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
2. Nonfullerene Acceptors Bearing Spiro-Substituted Bithiophene Units in Organic Solar Cells: Tuning the Frontier Molecular Orbital Distribution to Reduce Exciton Binding Energy. Kai Wang, Seihou Jinnai, Takumi

- Urakami, Hirofumi Sato, Masahiro Higashi, Sota Tsujimura, Yasuhiro Kobori, Rintaro Adachi, Akira Yamakata, Yutaka Ie
Angewandte Chemie (International ed. in English) e202412691 Aug-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
3. Macrocyclic Parallel Dimer Showing Quantum Coherence of Quintet Multiexcitons at Room Temperature
 Wataru Ishii, Masaaki Fuki, Eman M. Bu Ali, Shunsuke Sato, Bhavesh Parmar, Akio Yamauchi, Catherine Helenna Mulyadi, Masanori Uji, Samara Medina Rivero, Go Watanabe, Jenny Clark, Yasuhiro Kobori, Nobuhiro Yanai 責任著者
Journal of the American Chemical Society 146(37) 25527-25535 Sep-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
4. Triazolium-Catalyzed Metal-Free Photochemical Reduction of CO₂ into Formate Weibin Xie, Masaaki Fuki, Ayana Sukegawa, Kenji Okunaka, Masahiko Hayashi, Yasuhiro Kobori, Ryosuke Matsubara 責任著者
ACS Sustainable Chemistry & Engineering 12(47) 17328-17335 Nov-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
5. Catalytic acceptorless complete dehydrogenation of cycloalkanes Rahul A. Jagtap, Yuki Nishioka, Stephen M. Geddis, Yu Irie, Tsukasa Takanashi, Rintaro Adachi, Akira Yamakata, Masaaki Fuki, Yasuhiro Kobori, Harunobu Mitsunuma, Motomu Kanai
Nature Communications 16(1) 428 Jan-25 英語 有 研究論文(学術雑誌)
6. Light-Harvesting Spin Hyperpolarization of Organic Radicals in a Metal-Organic Framework Tomoyuki Hamachi, Miku Inoue, Masaaki Fuki, Teruyuki Honda, Reiya Yabuki, Bhavesh Parmar, Kiyoshi Miyata, Ken Onda, Takuma Ito, Yuki Kurashige, Yasuhiro Kobori, Nobuhiro Yanai
Journal of the American Chemical Society 147(5) 4365-4374 Jan-25 英語 有 研究論文(学術雑誌)
7. Anisotropic activations controlling doublet-quartet spin conversion of linked chromophore-radical molecular qubits in fluid Yasuhiro Kobori, Yuya Kokado, Kevin Lars Kopp, Tsubasa Okamoto, Masaaki Fuki 最終・責任著者
Journal of Chemical Physics 162(5) 054505-1-054505-10 Feb-25 英語 有 研究論文(学術雑誌)
8. Effect of structural bending on the photophysical properties of perylene bisimide Hikaru Sotome, Masahiro Higashi, Yuki Tanaka, Hiroshi Shinokubo, Yasuhiro Kobori, Norihito Fukui
The Journal of Chemical Physics 162(11) Mar-25 英語 有 研究論文(学術雑誌)
9. Dynamic electron and nuclear spin polarization in solution using porphyrin and tris(2,4,6-trichlorophenyl)-methyl (TTM) radical derivatives Reiya Yabuki, Koki Nishimura, Yuta Sawada, Masaaki Fuki, Yasuhiro Kobori, Nobuhiro Yanai
Journal of Magnetic Resonance Open 22 100181 Mar-25 英語 有 研究論文(学術雑誌)
10. Carbazol-3-olate photosensitizers enable photocatalytic hydrodefluorination and Birch-type reduction reactions Huilong Kuang, Weibin Xie, Tatsushi Yabuta, Masaaki Fuki, Masahiro Higashi, Yasuhiro Kobori, Nozomi Sakai, Seiji Akimoto, Masahiko Hayashi, Ryosuke Matsubara 責任著者
Organic Chemistry Frontiers Mar-25 英語 有 研究論文(学術雑誌)

【学会発表】 ※下記の順で記載

発表タイトル 講演者 会議名 発表年月 発表言語 発表形態 開催地 国内・国際区分

1. Manipulating anisotropic conformation dynamics of exciton pairs: Transient and pulse EPR analyses Yasuhiro Kobori
 57th RSC ESR Spectroscopy Group Meeting 2024年4月 英語 口頭発表(基調) University of Warwick, UK 国際
2. Exciton Dynamics for Spin Qubits Yasuhiro Kobori
 ECS Meeting 2024年5月 英語 口頭発表(招待) サンフランシスコ 国際
3. Quantum Biology Phenomena from the Spin-Anisotropic Effect Yasuhiro Kobori
 7th QST International Symposium 2024年7月 英語 口頭発表(招待) 群馬県 国際
4. Photoinduced spin entanglement and decoherence in triplet pairs Yasuhiro Kobori
 8th Japan-Czech-Slovakia

- (JCS) International Symposium on Theoretical Chemistry 2024年7月 英語 口頭発表(招待) 北海道大学 国際
5. Molecular Vibronic Control of Exciton Pairs: Transient EPR Study Yasuhiro Kobori 24th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy (IPS-24) 2024年7月 英語 口頭発表(招待) 広島 国際
 6. Vibronic Spin Effects on Singlet Fission in Linked Systems Yasuhiro Kobori KJF-ICOMEF 2024年8月 英語 口頭発表(招待) 韓国 国際
 7. 有機太陽電池の超長距離電荷分離:パルス電子スピン共鳴法による観測 小堀康博 2024年 光化学討論会 2024年9月 日本語 ポスター発表 九州大学 国内
 8. Transient EPR study of intramolecular exciton hopping contributing to triplet-triplet annihilation 東晃輔,小堀康博 2024年光化学討論会 2024年9月 日本語 ポスター発表 九州大学 国内
 9. 時間分解 EPR 法による脱炭酸光触媒の反応機構の解明 富弥大暉,小堀康博 2024年光化学討論会 2024年9月 日本語 ポスター発表 九州大学 国内
 10. Elucidation of Initial Charge Separation Structure in Y-series Non-Fullerene Acceptor Based Organic Thin Film Solar Cell by Time-Resolved EPR and Pulse EPR Sota Tsujimura,Yasuhiro Kobori 18th International Symposium on Spin and Magnetic Field Effects in Chemistry and Related Phenomena 2024年9月 英語 ポスター発表 神戸大学 国際
 11. Time-resolved EPR study of intramolecular exciton hopping contributing to triplet-triplet annihilation-based photon upconversion Kousuke Higashi,Tsubasa Okamoto,Yasuhiro Kobori 18th International Symposium on Spin and Magnetic Field Effects in Chemistry and Related Phenomena 2024年9月 英語 ポスター発表 神戸大学 国際
 12. 時間分解 EPR 法を用いたテトラセンオリゴマーにおける分子内一重項励起子分裂の機構解析 田中雅大,小堀康博 第63回電子スピンスイェンス学会年会 2024年11月 日本語 ポスター発表 福井大学 国内
 13. Y構造非フラレンアクセプターを用いた有機薄膜太陽電池の光電荷分離構造:時間分解 EPR 法とパルス EPR 法による観測 辻村颯太,小堀康博 第63回電子スピンスイェンス学会年会 2024年11月 日本語 ポスター発表 福井大学 国内
 14. 時間分解 EPR 法による脱炭酸光触媒の反応機構の解明 富弥大暉,小堀康博 第63回電子スピンスイェンス学会年会 2024年11月 日本語 ポスター発表 福井大学 国内
 15. Exciton Spin Dynamics in Triplet Pairs Yasuhiro Kobori 12th International Symposium in Dynamic Exciton 2024年12月 英語 口頭発表(招待) インド 国内
 16. Conformation Dynamics of Molecular Spin Qubits by Exciton Pairs Yasuhiro Kobori 13th IDyEx 2025年1月 英語 口頭発表(招待・特別) 国際
 17. 時間分解 EPR 法を用いた分子内一重項励起子分裂の機構解析 田中雅大,小堀康博 日本化学会第105春季年会(2025) 2025年3月 日本語 ポスター発表 関西大学 国内
 18. 時間分解 EPR 法による脱炭酸光触媒の反応機構の解明 富弥大暉,小堀康博 日本化学会第105春季年会 2025年3月 日本語 ポスター発表 関西大学 国内
 19. Effect of molecular motion on electron spin polarization in the photo-excited chromophore radical systems of molecular spin-qubit candidates 古門勇也,小堀康博 日本化学会第105回春季年会(2025) 2025年3月 日本語 ポスター発表 関西大学 国内
 20. ノイズが生み出すコヒーレンス:高速分子運動による光エネルギー変換 小堀康博 日本化学会春季年会特別企画「エキシトン操作の新展開と展望」 2025年3月 日本語 口頭発表(招待) 関西大学 国内

【 7 】 立川 貴士

課題 1: ナノ粒子の高次構造制御による高効率光エネルギー変換系の創製

光触媒作用による太陽光水分解は、化石燃料に頼らないクリーンな水素エネルギーや有用化成品の製造法として注目を集めている。本研究では、理想的な光触媒材料(低コスト、無毒、安定)の一つとして実用化が期待されているヘマタイト光電極の高効率化と資源循環型システムへの応用展開に取り組んだ。

ヘマタイト光電極では、光照射で生じる電荷(電子と正孔)のモビリティが非常に小さく、高速な電荷再結合によって効率的な水分解反応が進行せず、実用化が阻まれている。この課題を解決するため、宿主材料に複数の異種金属を添加する多元素ドーピングが注目を集めている。本年度は、多元素ドーピングしたヘマタイト光電極を、統一化した作製・評価・分析プロセスによってデータセット化し、それらを機械学習手法によって分析しドーパントの傾向を明らかにした。モデルの解析結果から、ヘマタイト電極の活性は、含まれる元素の物性に関する記述子と、Raman スペクトルによる振動情報の両方を用いることで最も精度高く性能予測できることが明らかとなった。また、データセットに含まれていない元素を含むサンプルの性能を外挿予測したところ、実測値と良い一致を示した。

廃プラスチックの利用法は様々に検討されているが、その中でも光触媒と廃プラスチックを用いた水素製造はエネルギー問題をも解決する方法として注目されている。本研究では、PET 分解反応における生成物のひとつであるエチレングリコールを水に代わる新たな電子源として利用し、水素製造を行うことを目的とした。Ti ドープされたヘマタイトメソ結晶光電極上に担持された Ni 系助触媒が、エチレングリコール酸化反応を選択的に促すことがわかった。また、エチレングリコール濃度依存性の実験から、観測された高効率なエチレングリコール酸化は触媒表面への吸着力に起因することが明らかになった。

課題 2 光機能性材料の合成と単一粒子発光観測

$\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ に代表される有機無機ペロブスカイトは次世代の太陽電池や発光デバイスへの応用が期待されている。これらのペロブスカイトには、水と接触することによって容易に分解してしまうという課題があったが、近年、水溶液系においてペロブスカイトが分解せず、安定に存在することが示された。この条件下ではペロブスカイトは水素生成光触媒としてはたらくが、その基礎的理解は進んでいない。

そこで本研究では、本研究では、外部からの入力が必要とせず、自律的に損傷から回復する自己修復機構の構築を目的とした。特に、有機無機ペロブスカイト材料($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbX}_3$ ($\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$) など)をモデル系とし、飽和水溶液中での動的平衡状態を活用した自己修復現象の単一粒子その場観測および水素生成光触媒としての応用可能性を明らかにすることを目指した。 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_{2.8}\text{I}_{0.2}$ にレーザー光を照射すると、結晶内で光誘起ハライド相分離が起こり、ヨウ素リッチ領域と臭素リッチ領域が生じる。ヨウ素リッチ領域はバンドギャップが狭いことから異方的な電子移動が起こる。これが Pb^{2+} の還元を引き起こし、金属 Pb^0 の形成とともに結晶が損傷することがわかった。損傷後、溶液中に放置することで Pb^0 がプロトンにより酸化され、再び Pb^{2+} となって Br^- や I^- と反応し、元のペロブスカイト構造が再構築される、完全自律的な自己修復プロセスが確認された。反応容器内の水素ガスをガスクロマトグラフィーによって定量した結果、光照射中だけでなく、照射停止後も Pb^0 とプロトンの反応によって水素生成が継続することがわかった。従来 of 外部刺激依存型と異なり、本研究で提案した自己修復機構は完全に自律的であるといえる。

【特許出願】

1. 発明名称：誘電体磁器組成物 出願番号：特願 2024-220478 出願日：2024年12月17日
2. 発明名称：水分分解装置に用いるための水分分解セル、及び、水分分解装置 出願番号：特願 2025-4809 出願日：2025年1月14日
3. 発明名称：光触媒の製造方法 出願番号：特願 2025-004509 出願日：2025年1月14日
4. 発明名称：コンピュータシステム、ドーピング元素探索方法、コンピュータ実装方法、及びコンピュータプログラム 出願番号：特願 2025-051715 出願日：2025年3月26日

【発表論文】※下記の順で記載

論文タイトル 著者名 誌名 巻(号) 頁 出版年月 記述言語 査読有無 種別

1. Unravelling the Influence of Major Seawater Salt Ions on the Photogenerated Charge Carriers in a Sr-Doped NaTaO₃ Photocatalyst via ATR-FTIR Yi-Hao Chew, Naoki Saijo, Yoshitaka Kumabe, Takashi Tachikawa, Hiroshi Onishi The Journal of Physical Chemistry C 129(7) 3531-3538 Feb-25 英語 有 研究論文(学術雑誌)

【学会発表】※下記の順で記載

発表タイトル 講演者 会議名 発表年月 発表言語 発表形態 開催地 国内・国際区分

1. Structural flexibility and dynamics of halide perovskites explored by single-particle photoluminescence spectroscopy Takashi Tachikawa, Aito Takeuchi, Izuru Karimata, Yoshitaka Kumabe 29th IUPAC Symposium on Photochemistry 2024年7月 英語 口頭発表(一般) Valencia 国際
2. Single-particle photoluminescence imaging of organic-inorganic perovskites in aqueous solution Aito Takeuchi, Yoshitaka Kumabe, Takashi Tachikawa 29th IUPAC Symposium on Photochemistry 2024年7月 英語 ポスター発表 Valencia 国際
3. Single-Particle Reaction Imaging of Halide Perovskites Takashi Tachikawa 1st International Symposium on Chemical and Biomedical Imaging (CBMI-I) 2024年8月 英語 口頭発表(招待) Nanjing University 国際
4. PET 分解酵素の単一粒子蛍光観測 毛利 明日香, 木村 哲就, 中川 雄斗, 村上 賢, 隈部 佳孝, 松原 亮介, 立川 貴士 2024年光化学討論会 2024年9月 日本語 ポスター発表 九州大学 伊都キャンパス 国内
5. カルコゲナイドペロブスカイト BaZrS₃ の単一粒子発光観測 岩田 あき, 隈部 佳孝, 立川 貴士 2024年光化学討論会 2024年9月 日本語 ポスター発表 九州大学 伊都キャンパス 国内
6. 高効率・高選択的なプラスチック分解物の酸化を可能とするヘマタイト光電極の開発 村尾 智央, 隈部 佳孝, 立川 貴士 2024年光化学討論会 2024年9月 日本語 ポスター発表 九州大学 伊都キャンパス 国内
7. 動的平衡状態における有機無機ペロブスカイトの自己修復挙動のその場観測 Aito Takeuchi, Yoshitaka Kumabe, Takashi Tachikawa 2024年光化学討論会 2024年9月 英語 口頭発表(一般) 九州大学 伊都キャンパス 国内
8. ハロゲン化スズペロブスカイトの光学特性に及ぼす極性溶媒の影響 田中 直純, 隈部 佳孝, 立川 貴士 2024年光化学討論会 2024年9月 日本語 ポスター発表 九州大学 伊都キャンパス 国内
9. 実験データを用いた機械学習によるヘマタイト光電極の光触媒活性に寄与する因子の特定 西村 拓真, 隈部 佳孝, 原嶋 庸介, 藤井 幹也, 立川 貴士 2024年光化学討論会 2024年9月 日本語 ポスター発表 九州大学 伊都キャンパス 国内
10. 共ドーピングによるヘマタイト光電極性能の改善 隈部 佳孝, 西村 拓真, 立川 貴士 2024年光化学討論会 2024年9月 日本語 ポスター発表 九州大学 伊都キャンパス 国内

11. Development of efficient light energy conversion systems based on single-particle reaction analysis Takashi Tachikawa 2024年光化学討論会 2024年9月 英語 その他 九州大学 伊都キャンパス 国内
12. 単一粒子分光法を用いたCdS ナノワイヤのキャリアダイナミクス解析 伊藤 大,隈部 佳孝,立川 貴士 2024年光化学討論会 2024年9月 日本語 ポスター発表 九州大学 伊都キャンパス 国内
13. 動的平衡系における有機無機ペロブスカイトの破壊と再生 立川 貴士,竹内 愛斗,隈部 佳孝 第43回固体・表面光化学討論会 2024年11月 日本語 口頭発表(一般) 徳島大学 工業会館 国内
14. 超空間、その後 ~神戸での10年~ 立川 貴士 第5回超空間ミーティング 2024年12月 日本語 その他 神戸大学 産官学連携本部 国内
15. プラスチック分解物の高効率・高選択的な酸化反応を実現するヘマタイト光電極の開発 村尾 智央,隈部 佳孝,立川 貴士 神戸大学研究基盤センター 若手フロンティア研究会 2024 2024年12月 日本語 ポスター発表 神戸大学 百年記念館 国内
16. 有機無機ペロブスカイトの単一粒子分光: 柔らかさを活かした物質・エネルギー変換 立川 貴士 第7回広帯域極限電磁波生命理工連携研究会 2025年1月 日本語 口頭発表(招待) 神戸大学 瀧川記念学術交流会館 国内
17. 二段階 LASSO 回帰による多元素ドーブヘマタイト光電極の光電流予測 西村 拓真,隈部 佳孝,原嶋 庸介,藤井 幹也,立川 貴士 2025年第72回応用物理学会春季学術講演会 2025年3月 日本語 ポスター発表 東京理科大学 野田キャンパス 国内
18. Self-healing ability of perovskites under dynamic equilibrium explored by single-particle spectroscopy Aito Takeuchi,Yoshitaka Kumabe,Takashi Tachikawa ACS Spring 2025 Meeting & Expo 2025年3月 英語 ポスター発表 San Diego, CA 国際
19. PET 分解酵素反応の単一粒子蛍光解析 毛利 明日香,木村 哲就,中川 雄斗,村上 賢,隈部 佳孝,松原 亮介,立川 貴士 日本化学会第105春季年会(2025) 2025年3月 日本語 ポスター発表 関西大学 千里山キャンパス 国内
20. BaZrS₃ 合成における硫化度と光学特性の評価 岩田 あき,隈部 佳孝,立川 貴士 日本化学会第105春季年会(2025) 2025年3月 日本語 ポスター発表 関西大学 千里山キャンパス 国内
21. プラスチック分解物の高選択的かつ高効率な酸化反応を加速させるヘマタイト光電極の設計 村尾 智央,隈部 佳孝,立川 貴士 日本化学会第105春季年会(2025) 2025年3月 日本語 口頭発表(一般) 関西大学 千里山キャンパス 国内
22. 実験データを用いた機械学習によるマルチドーブヘマタイト光電極の光電流推定 西村拓真,隈部佳孝,義則史弥,原嶋庸介,藤井幹也,立川貴士 日本化学会第105春季年会(2025) 2025年3月 日本語 口頭発表(一般) 関西大学 千里山キャンパス 国内

【書籍等】※下記の順で記載

タイトル 担当区分 著者名 出版社・発行元 出版年月 記述言語 査読有無 種別

1. Biomedical Engineering 分担執筆 Feng Zhang,Izuru Karimata,Houng-Wei Wang,Takashi Tachikawa,Takashi Nishin,Keisuke Tominaga,Michitoshi Hayashi,Tetsuo Sasaki Jenny Stanford Publishing Apr-24 英語 有
学術書

【受賞】※下記の順で記載

賞名称 受賞者 受賞対象 授与機関名 受賞区分 受賞年月 国内国外区分

1. 2024年光化学討論会 優秀学生発表賞(ポスター) 西村 拓真,隈部 佳孝,原嶋 庸介,藤井 幹也,立川 貴士
実験データを用いた機械学習によるヘマタイト光電極の光触媒活性に寄与する因子の特定 光化学協会 2024年9月 国内
2. 令和6年度学長表彰(財務貢献) 立川 貴士 国立大学法人神戸大学 2024年10月 国内

2. 無機化学講座

2-1. 固体化学

[8] 持田 智行

課題1: 金属錯体系イオン液体の開発と物性評価

本課題は、金属錯体含有イオン液体の広範な物質開発を進め、外場による液体物性制御の実現につなげることを目的とする。本年度は第一に、光・熱による構造・物性転換の実現を目的として、サンドイッチ型ルテニウム錯体をカチオンとする光反応性イオン液体の開発を進めた。配位性置換基を2本有するカチオン性サンドイッチ型ルテニウム錯体と種々の配位性アニオンからなるイオン液体について、光反応に伴う構造変化を解明し、外場によるイオン伝導性の制御性を明らかにした。同様の検討を一置換ルテニウム錯体に対しても進めた結果、光反応によって多核錯体が生じる場合があることが判明した。これらの反応生成物および架橋構造が、置換基の配位性および光照射条件に応じて異なることを見出した。第二に、これらの光生成物の理解に資する目的で、サンドイッチ型ルテニウム錯体のシアノボレート塩の溶液中における光反応を検討した。この反応ではルテニウムがアニオンで架橋されたキューバン型四核錯体が生成し、種々の溶媒からの再結晶によって、多様な疑似多形が得られることが判明した。このユニットは架橋配位子としても働き、金属錯体との反応によって、1次元または2次元のネットワーク構造を持つ配位高分子を与えることがわかった。第三に、金属錯体以外の系として、いくつかのプロトン性イオン液体を開発した。塩基の添加によって、これらのイオン液体が双性イオン固体に直接転換する現象を見出し、その反応機構と条件を検討した。この反応は無溶媒条件下、高効率で進行し、反応に伴ってイオン伝導度も変化するため、新しい物質転換・物性転換の方法とみなせる。

課題2: 金属錯体系柔粘性イオン結晶の開発と構造・物性評価

近年、固体電解質等の観点から有機イオン性プラスチック結晶(IPC)が注目されている。本課題では、有機金属錯体を用いたIPCの物質開拓および機能性実現を目的とする。今年度は、ハーフサンドイッチ型ルテニウム錯体からなるIPCの構造と熱物性の評価を進めた。相挙動はアニオンに大きく依存することが判明した。 $N(SO_2F)_2$ 、 $B(CN)_4$ 、およびCPFSAをアニオンとする塩は、327~364 Kの温度域でIPC相に相転移した。サイズが大きいアニオンでは、より相転移温度が低下する傾向が認められた。すべての塩の低温相およびIPC相において、1個のカチオンを8個のアニオンが囲む分子配置が観察され、無機イオン結晶における半径比則と合致していた。一方、より小さいアニオンである CF_3BF_3 および PF_6 を含む塩は、いずれもIPC相を発現せず、代わりにカチオンが非等方的な運動を起こす回転相に相転移した。これらの塩の低温相での配位数は6であった。これらの塩では、対応するサンドイッチ型錯体の塩と比べてIPC相への相転移温度が高かったが、これはカチオンの非対称性が原因と考えられる。以上に加え、サンドイッチ型ルテニウム錯体に対して配位性アニオンを組み合わせた一連の塩を合成し、それらのIPC相への相転移を検討した。これらの塩でも同様に、低温相での結晶構造およびアニオンサイズが相挙動と関連していることを見出した。

課題3: 金属錯体固体の開発と構造・物性評価

各種のカチオン性サンドイッチ型錯体とポリオキソメタレートアニオンを組み合わせた塩を合成し、その構造と物性を検討した。-2価のアニオンを含む塩では、アニオンを多数のカチオンが囲んだ部分構造を持つ2次元シート構造が形成され、カチオンの置換基サイズに応じてアニオン間距離が変化した。イオン間距離が短い塩はより高い電気伝導度を示し、対応する四級塩に比べて伝導度が2桁高かった。このほかに、いくつかの置換フェ

ロセン誘導体の合成と結晶構造解析を行い、分子間相互作用を評価した。2核フェロセン誘導体に関しては混合原子価塩を単離し、その局在原子価状態が結晶内の静電相互作用に由来することを明らかにした。

【発表論文】 ※下記の順で記載

論文タイトル 著者名 誌名 巻(号) 頁 出版年月 記述言語 査読有無 種別

1. Solvent-free transformation of protic ionic liquids into zwitterions Yosuke Nakazono,Ryota Inoue,Ryo Sumitani,Tomoyuki Mochida 最終・責任著者 Chemical Communications 60 5711-5714 May-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
2. Controlling Ionic Conductivity in Organometallic Ionic Liquids through Light-Induced Coordination Polymer Formation and Thermal Reversion Tomoyuki Mochida,Masato Shimada,Ryota Inoue,Ryo Sumitani,Yusuke Funasako,Hiroki Yamada 筆頭・責任著者 The Journal of Physical Chemistry B 128(25) 6207-6216 Jun-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
3. Preparation, thermal properties, and structures of ionic plastic crystals with sandwich and half-sandwich Ru complexes Ryota Inoue,Ryo Sumitani,Tomoyuki Mochida 最終・責任著者 Journal of Organometallic Chemistry 1013 123162 Jun-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
4. Organometallic Ionic Plastic Crystals Incorporating Cationic Half-Sandwich Complexes Ryota Inoue,Ryo Sumitani,Hisashi Honda,Daisuke Kuwahara,Zi Lang Goo,Kunihisa Sugimoto,Tomoyuki Mochida 最終・責任著者 Inorganic Chemistry 63(31) 14770-14778 Jul-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
5. Synthesis and crystal structures of disubstituted ferrocenes carrying bromo and N-heteroaryl substituents Ryo Horikoshi,Ryota Inoue,Ryo Sumitani,Haruki Nakano,Hiroki Chihara,Tomoyuki Mochida 最終著者 Journal of Organometallic Chemistry 1019 123307 Aug-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
6. Assembled Structures and Electrical Conductivities of Salts Comprised of Cationic Sandwich Complexes and Polyoxometalates Ryota Inoue,Naoki Ogiwara,Sayaka Uchida,Tomoyuki Mochida 最終・責任著者 Inorganic Chemistry 63(40) 18830-18837 Oct-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
7. Synthesis and structural characterization of the racemic and *meso* forms of 2,2' -dibromo-1,1' -biferrocenes and their mixed-valence salts Ryo Horikoshi,Ryota Inoue,Ryo Sumitani,Kazuyuki Takahashi,Tomoyuki Mochida 最終著者 CrystEngComm 27(15) 2371-2381 Mar-25 英語 有 研究論文(学術雑誌)
8. Current response design via functional group substitution for cation structure in high-performance ionic liquid-based physical reservoir device Yuki Kubo,Shunsuke Miyamoto,Hisashi Shima,Toshiki Nokami,Yasuhisa Naitoh,Hiroyuki Akinaga,Tomoyuki Mochida,Yumeng Zheng,Kentaro Kinoshita Japanese Journal of Applied Physics 64(3) 030903 Mar-25 英語 有 研究論文(学術雑誌)

【学会発表】 ※下記の順で記載

発表タイトル 講演者 会議名 発表年月 発表言語 発表形態 開催地 国内・国際区分

- 14 プロトン性イオン液体から双性イオン結晶への無溶媒転換反応 中園陽介,井上亮汰,角谷凌,持田智行 第18回分子科学討論会 2024 2024年9月 日本語 ポスター発表 京都大学吉田キャンパス 国内
2. シアノボレート系アニオンを有する有機金属柔粘性イオン結晶の合成と熱物性 井上亮汰,小篠遥,島田壮人,持田智行 第18回分子科学討論会 2024 2024年9月 日本語 ポスター発表 京都大学吉田キャンパス 国内
3. 光反応で配位高分子に転換する金属含有イオン液体の開発および物性評価 小篠遥,島田壮人,井上亮汰,持田智行,山田大貴 第18回分子科学討論会 2024 2024年9月 日本語 口頭発表(一般) 京都大学吉田キャンパス 国内

4. 金属錯体で創る多彩な機能性イオン液体 持田智行 同志社大学理工学部 セミナー 2024年9月 日本語
セミナー(招待) 同志社大学理工学部 国内
5. 有機金属含有イオン液体の光反応性および物性評価 小篠遥 第13回サイエンスフロンティア研究発表会
2024年10月 日本語 ポスター発表 神戸大学 国内
6. 有機金属を含む光反応性イオン液体の合成・物性・反応性 小篠遥,島田壮人,井上亮汰,持田智行,山田大貴
第14回CSJ化学フェスタ2024 2024年10月 日本語 ポスター発表 タワーホール船堀 国内
7. 二重結合を有する四級塩の臭素付加による化学的相転換 中園陽介,井上亮汰,角谷凌,持田智行 第14回
CSJ化学フェスタ2024 2024年10月 日本語 ポスター発表 タワーホール船堀 国内
8. サンドイッチ型錯体をカチオンとする柔粘性イオン結晶の合成と構造 井上亮汰,小篠遥,島田壮人,持田智行
第14回CSJ化学フェスタ2024 2024年10月 日本語 ポスター発表 タワーホール船堀 国内
9. Ru 含有イオン液体の光反応による多核錯体の形成 小篠遥,持田智行 第14回イオン液体討論会 2024年
11月 日本語 ポスター発表 郡山市中央公民館・勤労青少年ホーム 国内
10. 二重結合を有するオニウムカチオンを組み込んだ配位高分子の合成と熱的性質 中園陽介,持田智行 第14
回イオン液体討論会 2024年11月 日本語 ポスター発表 郡山市中央公民館・勤労青少年ホーム 国内
11. シアノレート系アニオンを含む有機金属柔粘性イオン結晶の熱物性および光反応性 井上亮汰,小篠遥,持田
智行 第14回イオン液体討論会 2024年11月 日本語 口頭発表(一般) 郡山市中央公民館・勤労青少年ホー
ム 国内
12. 金属錯体含有イオン液体の光反応によるキュバン型錯体の形成および物性評価 小篠遥,持田智行 神戸大
学研究基盤センター「若手フロンティア研究会2024」2024年12月 日本語 ポスター発表 神戸大学 国内
13. イオン液体から双性イオン結晶への無溶媒転換反応 中園陽介,井上亮汰,角谷凌,持田智行 神戸大学研究
基盤センター「若手フロンティア研究会2024」2024年12月 日本語 ポスター発表 神戸大学 国内
14. 有機金属柔粘性イオン結晶の光反応による多核錯体への構造転換 井上亮汰,小篠遥,持田智行 神戸大学
研究基盤センター「若手フロンティア研究会2024」2024年12月 日本語 ポスター発表 神戸大学 国内
15. 金属含有イオン液体の光反応による錯体結晶膜の作成と物性評価 小篠遥 2024年度先端膜工学研究推進
機構春季講演会 2025年3月 日本語 ポスター発表 神戸大学 国内
16. 金属含有柔粘性イオン結晶の光反応による錯体合成法の開拓 井上亮汰 2024年度先端膜工学研究推進
機構春季講演会 2025年3月 日本語 ポスター発表 神戸大学 国内
17. ハーフサンドイッチ型 Ru 錯体をカチオンとする柔粘性イオン結晶の合成と熱的性質 井尻草太,井上亮汰,持田
智行 日本化学会第105春季年会 2025年3月 日本語 口頭発表(一般) 関西大学 千里山キャンパス 国内
18. 有機金属イオン液体の光反応によるキュバン型四核錯体の形成 小篠遥,持田智行 日本化学会第105春季
年会 2025年3月 日本語 口頭発表(一般) 関西大学 千里山キャンパス 国内
19. ポリシアノアニオンを含むオニウム塩の相挙動:イオン液体と柔粘性結晶 中園陽介,持田智行 日本化学会
第105春季年会 2025年3月 日本語 口頭発表(一般) 関西大学 千里山キャンパス 国内
20. シアノレートアニオンを含む有機金属柔粘性イオン結晶の光反応 井上亮汰,小篠遥,持田智行 日本化学
会第105春季年会 2025年3月 日本語 口頭発表(一般) 関西大学 千里山キャンパス 国内

【受賞】※下記の順で記載

賞名称 受賞者 受賞対象 授与機関名 受賞区分 受賞年月 国内国外区分

1. 優秀ポスター発表賞 井上亮汰,小篠遥,島田壮人,持田智行 サンドイッチ型錯体をカチオンとする柔粘性イ
オン結晶の合成と構造 第14回CSJ化学フェスタ2024 japan_society 2024年10月 国内

【 9 】 内野 隆司

課題1: 窒化ホウ素の合成, 構造及び発光特性に関する研究

本研究では加熱温度, 反応モル比, 加熱パターンなどの合成条件を変化させ, 発光性窒化ホウ素の合成条件を最適化する条件の探索を行った。再現性を得るために最も重要な点は, 試料作製時の電気炉内の残存酸素の量を可能な限り少なくすることであることがわかった。原料に用いた窒素源(グアニジン塩酸塩)とホウ素源(ホウ酸)の反応モル比を変化させることで発光強度に大きな変化があり, 最適な反応モル比(ホウ酸:グアニジン塩酸塩)=(0.4~0.8:1.5)が存在することが分かった。また, 大気加熱を行うことによって発光強度の増大を引き起こすためには, 窒素ガスを加熱前に十分にフローさせ, 生成物に発光中心以外の欠陥を含まないようにすることが必要であることも分かった。このようにして合成された試料, は SEM/CL 測定により, 亀裂部分が比較的強い発光を示すことがわかった。また, 大気加熱によって発光中心は試料全体に導入されることがわかった。PL/PLE スペクトル測定からは発光には短波長側の発光と長波長側の発光が存在し, 大気加熱によって発光強度の顕著な増大が見られるのは短波長側の発光であることから, 短波長側の発光は酸素欠陥に由来すると考えられることが明らかになった。長波長側の発光は真性欠陥であると推察される。また大気加熱を行った後の試料の外部量子効率率は 30%以上に達することがわかった。

課題2: 層間酸塩基反応による黒鉛剥離膜の作製とその構造に関する研究

本研究では, 非酸化条件下でのインターカレーション反応を利用してグラファイト/ブレンステッド酸層間化合物を作製し, その層間化合物を NaHCO_3 水溶液と反応させることによりグラファイトナノシートの剥離を行った。また, 得られた中和液からグラファイトナノシートを分離した溶液を得た。

グラファイト粉末とブレンステッド酸の混合液をオートクレーブで処理することで, グラファイト/ブレンステッド酸層間化合物を合成することができた。この時, より小さい粒径のグラファイト粉末を使用すること, また, オートクレーブ処理時間を長くすることにより層間化合物をより効率的に合成可能であることが確認された。作製した層間化合物を NaHCO_3 水溶液と反応させることにより, 中和塩をグラファイト/ブレンステッド酸層間化合物の層間で配向成長させ, グラファイトナノシートを剥離することが出来た。得られたグラファイトナノシートが分散した溶液について, 1-ペンタノールを用いた溶媒抽出や蒸留水による透析を行い, ナノシートと中和塩を分離した。AFM 及び TEM 観察の結果, 得られたグラファイトナノシートは幅が 0.1-2 μm 程度であり, 数-十数層程度が積層した構造を有していることが確認された。さらに, TEM 観察においてモアレ模様が観察された箇所について FFT 及び IFFT 解析を行った結果, モアレ模様を形成しているシート 1 枚ずつの HR-TEM 像を取得することができた。また, 広範囲でモアレ模様が観察された箇所に対して, FFT 像中の六角形状の逆格子及びそれ以外の回折点に IFFT を適用することで, 原子配列の重なりによるモアレ構造の影響を除去することが出来た。また, 中和後に得られた沈殿にはより大きな剥離したグラファイトナノシートが含まれている可能性が高いことがわかった。

【特許出願】

1. 発明名称: 難黒鉛化炭素の低温焼結による黒鉛の作製方法 出願番号: 特願 2024-150084 出願日: 2024 年 8 月 30 日

【MISC】※下記の順で記載

タイトル 著者名 誌名 巻(号) 頁 出版年月 記述言語 査読有無 種別

1. 超伝導フラクタルナノ複合体の超伝導近接効果と磁束構造 内野 隆司 筆頭著者 固体物理 60(3) 3 137-155 Mar-25 日本語 有 記事・総説・解説・論説等(学術雑誌)

【学会発表】※下記の順で記載

発表タイトル 講演者 会議名 発表年月 発表言語 発表形態 開催地 国内・国際区分

1. Mgを触媒とする低温黒鉛合成 滝 耕太郎,内野 隆司 第72回応用物理学会春季学術講演会 2025年3月 日本語 口頭発表(一般) 東京理科大学野田キャンパス 国内
2. 高結晶性h-BNナノ結晶の低温合成 平尾 颯,瀬川 浩代,陳 君,松原 亮介,内野 隆司 第72回応用物理学会春季学術講演会 2025年3月 日本語 口頭発表(一般) 東京理科大学野田キャンパス 国内

[10] 高橋 一志

課題:金属錯体を基盤とした新しい機能性を持つ分子性錯体の開発と評価

テーマ1. 外場応答型分子性金属錯体の開発と転移メカニズムの解明

スイッチング特性を持つ分子性物質のスイッチング温度やスイッチング挙動を自在に制御することは、分子性物質のスイッチングのメカニズムの解明という基礎的な観点からも機能性物質としての応用の観点から重要な課題である。我々は温度、光、圧力などの外部刺激により金属錯体の中心金属イオンのスピン状態が低スピンと高スピンの間でスイッチするスピנקロスオーバー(SCO)や金属-配位子間電子移動現象である原子価互変異性(VT)に着目し研究を進めている。また、電気伝導性や誘電性、磁性に大きな影響を与える混合原子価(MV)現象にも着目し新規機能性を探索した。

(1)アニオン性鉄(III)スピנקロスオーバー錯体のスピנקロスオーバー転移の置換基効果

アゾビスフェノール(azp)配位子からなるホモレプティック鉄(III)錯体がスピנקロスオーバーを示すことを以前明らかにした。昨年度、フッ素から臭素までのハロゲンに置換した azp 配位子の合成、鉄(III)錯体の合成と磁性に関して報告した。今年度はヨウ素置換体、さらに臭素置換体でフッ素と塩素置換体と同形の錯体が得られたので、同形錯体間で結晶構造と磁性の比較を行った。同形錯体のフッ素置換体はなだらかなスピנקロスオーバー転移を示し、塩素置換体は配位子回転運動を伴った急激なスピン転移を示した後、昇温降温ともになだらかなスピנקロスオーバーを示す。一方、臭素置換体は配位子回転を伴った温度ヒステリシスを伴う急激な可逆なスピン転移を示すことが分かった。これまで azp 配位子からなるスピנקロスオーバー錯体はなだらかなスピנקロスオーバーを示すものしかなく、可逆な協同的転移を示す初めての例である。温度可変X線結晶構造解析による結晶構造を基に Quantum Theory of Atom-in-Molecule (QTAIM)法での分子間相互作用を解析したところ、フッ素置換体にはハロゲン結合相互作用がなく、塩素置換体と臭素置換体では鉄錯アニオン間にハロゲン結合相互作用、C-H \cdots π 相互作用、水素結合によるネットワーク構造を形成していることが明らかになった。この相互作用の次元性の違いがスピנקロスオーバーの協同性と関連していることが示唆された。また、可逆なスピン転移を示す臭素置換体において、配位子回転に基づく配向異性現象も可逆である点について、主配向の配位子の方が周辺分子との相互作用エネルギーによる安定化が大きいことが明らかになった。これらの結果は *Molecules* に掲載された。

(2)アゾビスフェノレート配位子と類縁配位子からなる金属錯体の機能開拓

アゾビスフェノレート配位子は酸化還元活性の三座配位子であり、金属と配位子の間での電子移動現象である原子価互変異性を示す可能性がある。これまでアニオン性ホモレプティック Ni^{III} 錯体が原子価互変異性もしくはスピנקロスオーバーのいずれかを示唆する磁性の非可逆転移を示すことを報告してきた。

①azp 配位子の酸化を受けやすくすることを考え、昨年度電子供与性のメキシ基を導入した azp 配位子からなるアニオン性錯体として、Al^{III}, Cr^{III}, Mn^{III}, Fe^{III}, Co^{III} 錯体を得ることができ、結晶構造解析に成功した。さらに 3d 金属イオンを中心としたアニオン性錯体の合成と臭素の蒸気拡散による一電子酸化による中性配位子混合原子価錯体の合成についても報告した。今年度は、電解酸化による中性配位子混合原子価錯体の合成を検討した。その結果、Al^{III}, Cr^{III}, Co^{III} 錯体の中性配位子混合原子価錯体がすべて同形構造を持つことが明らかになった。それら三錯体の磁性を測定したところ、Cr^{III} 錯体では Cr のスピンとラジカル配位子のスピンが分子内での強い反強磁性相互作用、Co^{III} 錯体では錯体分子のラジカル配位子間の反強磁性相互作用、Al^{III} 錯体では、次元性を持つ反強磁性相互作用を示すことが示唆された。このように同形構造を持ちながら中心金属イオンにより磁性が制御できる可能性を示す結果が得られた。今後、これらの磁氣的相互作用の違いの起源を明らかにしていく予定である。

②配位子の酸化に対する安定性の向上を考え、嵩高い置換基を導入した azp 類縁体のシッフ塩基配位子からなる中性配位子混合原子価 Co^{III} 錯体の合成について昨年度報告した。今年度は、さらに Al^{III}, Cr^{III} 錯体の合成と嵩高い置換基を導入した azp 配位子からなる中性配位子混合原子価 Co^{III} 錯体の合成を行った。フェノレートのオルト位に嵩高い置換基を導入したにも関わらず、いずれもホモレプティック金属錯体アニオンを単離することに成功した。さらに azp 配位子を除く配位子で、臭素の蒸気拡散により中性配位子混合原子価金属錯体の単結晶を得ることに成功した。得られた中性 Al^{III}, Cr^{III} 錯体の磁化率と ESR の測定から、配位子が混合原子価状態を取っていることが示唆された。さらに、近赤外領域に弱い原子価間電荷移動遷移に対応すると考えられる吸収が観測された。今後、これらの錯体の混合原子価状態を明らかにしていく予定である。

(3)ハロゲン結合系金属錯体の分子間相互作用解析

①以前我々の開発したスピנקロスオーバー鉄(III)錯体とニッケルジチオレン錯体ラジカル間にハロゲン結合相互作用が存在する複合金属錯体について、カナダトロント大・Miller 教授、ドイツ XFEL・Yifeng 博士、東工大・石川博士との共同研究により得られた光誘起時間分解電子線回折からの構造データを用い、超分子法と QTAIM 法に基づき、ハロゲン結合相互作用の解析を行った。これまでは低温相で原子間距離からハロゲン結合相互作用が消失しているものと考えてきたが、相互作用エネルギーの解析の結果、低温相でもハロゲン結合相互作用は存在し、スピנקロスオーバーを光励起後の鉄錯体の構造変化をニッケルジチオレン錯体の分子配列変化につなげる役割を果たしていることが明らかになった。この成果は Nat. Commun. に掲載された。

②岡山理科大・堀越教授と化学専攻・持田教授との共同研究で、臭素置換ビフェロセンの分子間相互作用を CrystalExplorer モデル、QTAIM 法、Noncovalent Interaction Index (NCI)法を用いて解析した。結晶の分子配列に及ぼす分子間相互作用のみならず、分子内の水素結合の存在も明らかにすることができた。この成果は CrystEngComm に掲載された。

テーマ2. 酸化還元活性配位子からなる分子性錯体の構造と物性

含窒素芳香環を有する酸化還元活性配位子は、金属イオンとの配位能に加え、塩基性によるプロトン受容能も持つ。このような多機能な配位子からなる分子性錯体では、金属イオン上の d スピン、配位子上の π スピン、さらにプロトンがカップルする可能性があり、新奇な固体の機能性を創出することが期待される。

今年度はテーマ1で広く扱ってきた azp 配位子にピリジル基を導入した新規架橋型 azp 配位子を設計合成し、ホモレプティック Co^{III} 錯体を合成した。また、比較のためフェニル基を導入した azp 配位子の合成とホモレプテ

ック Co^{III} 錯体を合成した。¹H NMR と単結晶X線構造解析から、いずれもホモレプティック Co^{III} 錯体アニオンが合成できていることが確認された。サイクリックボルタンメリーから、いずれの錯体も一つ目の酸化波は可逆であったが、ピリジル誘導体は二波目以降不可逆であり、電極表面上にフィルムを形成することが分かった。一方、フェニル誘導体は三波目まで可逆な酸化波を示すことが分かった。このように、芳香環は立体障害となり azp 配位子の酸化に対する安定性に寄与することが明らかとなった。今後、一電子酸化による中性配位子混合原子価金属錯体の合成や他の金属イオンとのホモレプティック金属錯体や得られたホモレプティック Co 錯体と他の金属イオンとの配位高分子の合成を検討知っていく予定である。

【発表論文】 ※下記の順で記載

論文タイトル 著者名 誌名 巻(号) 頁 出版年月 記述言語 査読有無 種別

1. Direct observation of photoinduced sequential spin transition in a halogen-bonded hybrid system by complementary ultrafast optical and electron probes Yifeng Jiang, Stuart Hayes, Simon Bittmann, Antoine Sarracini, Lai Chung Liu, Henrike M. Müller-Werkmeister, Atsuhiko Miyawaki, Masaki Hada, Shinnosuke Nakano, Ryoya Takahashi, Samiran Banu, Shin-ya Koshihara, Kazuyuki Takahashi, Tadahiko Ishikawa, R. J. Dwayne Miller 責任著者 Nature Communications 15(1) 4604 Jun-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
2. The Relationship between Spin Crossover (SCO) Behaviors, Cation and Ligand Motions, and Intermolecular Interactions in a Series of Anionic SCO Fe(III) Complexes with Halogen-Substituted Azobisphenolate Ligands Mai Hirota, Suguru Murata, Takahiro Sakurai, Hitoshi Ohta, Kazuyuki Takahashi 最終・責任著者 Molecules 29(22) 5473- 5473 Nov-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
3. Synthesis and structural characterization of the racemic and *meso* forms of 2,2'-*l,l'*-dibromo-1,1'-*b*-ferrocenes and their mixed-valence salts Ryo Horikoshi, Ryota Inoue, Ryo Sumitani, Kazuyuki Takahashi, Tomoyuki Mochida CrystEngComm 27(15) 2371-2381 Mar-25 英語 有 研究論文(学術雑誌)

【学会発表】 ※下記の順で記載

発表タイトル 講演者 会議名 発表年月 発表言語 発表形態 開催地 国内・国際区分

1. 酸化還元活性配位子を用いた中性混合原子価錯体の合成と物性評価 村上 陽平, 持田 智行, 櫻井 敬博, 大久保 晋, 太田 仁, 高橋 一志 第 18 回分子科学討論会 2024 年 9 月 日本語 ポスター発表 京都大学吉田キャンパス 国内
2. 新規キノアジン型電子受容体の合成と性質 木村 真佑里, 高橋 一志 第 18 回分子科学討論会 2024 年 9 月 日本語 ポスター発表 京都大学吉田キャンパス 国内
3. スピンクロスオーバー鉄錯体の相互作用エネルギー解析 高橋 一志, 松本 一樹, 東 亮介, 持田 智行, 櫻井 敬博, 大久保 晋, 太田 仁 第 18 回分子科学討論会 2024 年 9 月 日本語 口頭発表(一般) 京都大学吉田キャンパス 国内
4. 電子供与性基を有するアゾビスフェノレート配位子からなる金属錯体の構造と性質 笠崎 泰世, 持田 智行, 櫻井 敬博, 大久保 晋, 太田 仁, 高橋 一志 第 18 回分子科学討論会 2024 年 9 月 日本語 口頭発表(一般) 京都大学吉田キャンパス 国内
5. 酸化還元活性配位子を用いた中性混合原子価錯体の合成 村上 陽平, 持田 智行, 櫻井 敬博, 大久保 晋, 太田 仁, 高橋 一志 第 13 回サイエンスフロンティア研究発表会 2024 年 10 月 日本語 ポスター発表 神戸大学理学部 国内
6. 電子供与性基を有するアゾ配位子を用いた中性金属錯体の構造と性質 笠崎 泰世, 櫻井 敬博, 太田 仁, 高橋

- 一志 若手フロンティア研究会 2024 2024 年 12 月 日本語 ポスター発表 神戸大学百年記念館 国内
7. ハロゲン置換鉄(III)錯体の磁気挙動と分子間相互作用 広田 舞,高橋 一志,櫻井 敬博,太田 仁 若手フロンティア研究会 2024 2024 年 12 月 日本語 ポスター発表 神戸大学百年記念館 国内
8. 酸化還元活性配位子を用いた中性混合原子価錯体 村上 陽平,持田 智行,櫻井 敬博,大久保 晋,太田 仁,高橋 一志 若手フロンティア研究会 2024 2024 年 12 月 日本語 ポスター発表 神戸大学百年記念館 国内
9. キノンアジン誘導体の合成と性質 木村 真佑里,高橋 一志 若手フロンティア研究会 2024 2024 年 12 月 日本語 ポスター発表 神戸大学百年記念館 国内
10. アニオン性スピントスオーバー鉄(III)錯体の分子間相互作用と転移挙動の相関 広田 舞,櫻井 敬博,太田 仁,高橋 一志 日本化学会第 105 春季年会 2025 年 3 月 日本語 口頭発表(一般) 関西大学千里山キャンパス 国内
11. シッフ塩基配位子を用いた中性混合原子価錯体の構造と物性 村上 陽平,持田 智行,櫻井 敬博,大久保 晋,太田 仁,高橋 一志 日本化学会第 105 春季年会 2025 年 3 月 日本語 口頭発表(一般) 関西大学千里山キャンパス 国内
12. 新規キノアジン誘導体の合成と酸化還元特性 木村 真佑里,高橋 一志 日本化学会第 105 春季年会 2025 年 3 月 日本語 口頭発表(一般) 関西大学千里山キャンパス 国内

2-2. 溶液化学

[11] 富永 圭介

課題:主に超短パルスレーザー分光を用いた液体中における化学反応と緩和過程の研究

メンバー:富永圭介、太田薫(分子フォトサイエンス研究センター、学術研究員)

研究テーマ 1. 非線形赤外分光による水溶液中における溶質分子の振動ダイナミクス

溶液中において、溶質分子の振動状態は周囲の溶媒との相互作用により絶えず変化する。サブピコ秒で変化する溶質の振動状態やその周囲の溶媒ダイナミクスを理解するためにフェムト秒パルスを用いた非線形赤外分光測定が行われ、水溶液中では水素結合の生成・開裂が振動エネルギー緩和や異方性減衰に影響を及ぼすことが知られている。特に、二次元赤外(2D-IR)分光法からは溶質分子の遷移振動数の揺らぎの時間相関関数(Frequency-frequency time correlation function; FFTCF)が得られ、FFTCFは指数関数や定数項の和として表現される。我々のグループでは、水溶液中における溶質分子の振動モードの遷移振動数の揺らぎに関して、実験的には、二次元赤外分光法による測定を行い、分子動力学(MD)シミュレーションもを行い、二次元分光法の測定結果の分子論的な解釈を議論してきた。これまで様々な水溶液中におけるイオン分子のFFTCFが調べられ、指数関数の減衰の時定数は溶質周囲の水素結合ネットワーク構造の揺らぎを反映し、約 1 ps になることが知られている。近年、水溶性の高分子を溶質とした系を調べている。これは小さな溶質分子と同様、振動プローブ周辺の水の揺らぎを見ることも目的としているが、高分子の骨格揺らぎに対する情報を得ることができないかという目標がある。

令和6年度では、温度応答性高分子を溶質とした水溶液について詳しく検討を行い、論文として発表した。ポリ *N,N*-ジエチルアクリルアミド(PdEA)は、水溶液中において約 32 °Cでその分子構造を変化させる。低温では分子鎖が伸びたコイル状態をとるが、高温になると凝縮したグロビュール状態になり、さらに凝縮体が凝集することで相分離が発生する。本研究ではPdEAとその単量体に相当する *N,N*-ジエチルプロピオンアミド(dEP)のCO

伸縮振動の揺らぎを観測し、揺らぎのダイナミクスの解明を目的とした。高分子鎖の構造変化により CO 基周辺の水和水による環境が変化するため、それによる CO 伸縮振動の揺らぎへの影響も検討した。揺らぎの時定数として、DEP では 1.4 ps と 0.86 ps、PdEA では 4.2 ps と 5.2 ps の時定数が、24°C 及び 36°C でそれぞれ得られた。dEP の結果は先行研究と同様に、集団的な水素結合の生成・開裂が反映されていることが示唆された。温度上昇による時定数の減少は熱運動による、水素結合ダイナミクスがより速くなることに由来すると考えた。一方、PdEA の場合は、排除体積効果により水和水の回転運動が遅くなること、および炭素骨格のねじれ運動に伴う遅い揺らぎを反映していることが MD 計算から示唆された。dEP とは異なり、カルボニル基周辺の水和水による微視的な環境は主鎖または側鎖からの束縛の影響を受けると考えられる。そのため、PdEA の時定数が高温で遅くなる理由として、グローブール状態への遷移により非常に遅い時間スケールで揺らぐ骨格の揺らぎが反映されているためであると考えられた。

研究テーマ 2. テラヘルツ波分光による分子集合体の低振動ダイナミクス

低振動スペクトルには、凝縮相、液体や溶液、高分子、特に生体高分子の分子間の相互作用や遅いダイナミクスに関する情報が存在することから、遠赤外領域に周波数を持つテラヘルツ電磁波を用いた分光実験を行っている。海外及び国内のテラヘルツ波を用いた研究が産業応用へ向かう中、我々は基礎的な分光実験に特化している。分子性結晶において観測されるテラヘルツ帯の振動バンドの詳細を、極低温における測定と固体状態密度汎関数法による計算から検討している。また、テラヘルツ帯の振動モードを解析し、分子間振動と分子内振動がどのように結合しているのか、明らかにする手法を開拓した。X線構造解析では困難な結晶構造の対称性の崩れを縮退している振動モードの分裂から調べる等、テラヘルツ振動分光の優位性を示してきた。この手法は、水素原子の位置を決めることができるため、X線、中性子、NMRに次ぐ第4の結晶学、THz結晶学を提唱している。

本年度は、以下の研究を主に行った。

令和6年度では、4-フルオロフェノール(4FP)のテラヘルツスペクトルの測定と理論計算に関する研究をまとめ論文とした。4FPは、結晶中でヒドロキシ基が六角形をなすように単位格子中に6個の分子が入っている。そのため、ヒドロキシ基の向きが右向きか、左向きかの問題がでてくる。報告されているX線のデータでは、水素原子の位置がわからないため、一方が報告されている。10Kにおける100cm⁻¹付近のバンドは数cm⁻¹の大きさで分裂している。この分裂は右向きと左向きが共存しているため、生じていると結論した。左向きと右向きでエネルギーが異なる理由は、4FP自身が対称な形をしていないために、六角形の中でO原子とF原子をつなぐ直線が対称な形に入っていないためである。すなわち、分子間の水素結合による結晶多型の問題である。このように結晶のわずかな構造の違いを検出することにTHz分光とDFT計算は有用であることが分かった。

【発表論文】 ※下記の順で記載

論文タイトル 著者名 誌名 巻(号) 頁 出版年月 記述言語 査読有無 種別

1. Where do the Fluorine Atoms Go in Inorganic-Oxide Fluorinations? A Fluorooxoborate Illustration under Terahertz Light. Chunjie Shen, Feng Zhang, Tetsuo Sasaki, Chaolu Eerdun, Michitoshi Hayashi, Houg-Wei Wang, Keisuke Tominaga, Miriding Mutailipu, Shilie Pan Angewandte Chemie (International ed. in English) 63(14) e202319121 Apr-24 英語 無 研究論文(学術雑誌)
2. Vibrational frequency fluctuations of poly(N,N-diethylacrylamide) in the vicinity of coil-to-globule transition studied by two-dimensional infrared spectroscopy and molecular dynamics simulations, Yuki Fujii, Hikaru Ioka, Chihiro Minamoto, Ikuo Kurisaki, Shigenori Tanaka, Kaoru Ohta, and Keisuke Tominaga *J. Chem. Phys.* 161, 064903

(2024) Aug-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)

3. Low-Frequency Vibrational Spectra of 4-Fluorophenol Studied by THz Spectroscopy and Solid-State Density Functional Theory Feng Zhang, Houg-Wei Wang, Tetsuo Sasaki, Michitoshi Hayashi, and Keisuke Tominaga *J. Phys. Chem. Lett.* 15, 9201-9207 (2024) Aug-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)

2-3. 状態解析化学

[12] 秋本 誠志

課題:光合成系における励起エネルギー緩和の観測と機能解明

研究テーマ:光合成色素タンパク質複合体における電子移動・エネルギー移動と環境応答

主にピコ秒時間分解蛍光分光法を用い、光合成初期過程の環境応答について光合成生物の進化や地球環境変化の観点から研究を進めている。本年度は昨年度に引き続き、シアノバクテリア *Acaryochloris marina*、シアノバクテリア *Hoalomicronema hongdechloris*、シアノバクテリア *Synechococcus leopoliensis*、紅藻 *Porphyridium aerugineum* の培養光質応答について、励起エネルギー移動・消光過程がどのように変化するか、特に様々な光環境下で光化学系Iと光化学系IIの間でどのようにエネルギーを配分するかについて精査した。さらに、シアノバクテリア *Synechococcus leopoliensis*、灰色藻 *Cyanophora paradoxa*、緑藻 *Chlorella valabilis* について、鉄イオン濃度と銅イオン濃度が光合成初期過程に与える影響を調べている。

寒帯圏にある冬季の常緑樹は、吸収した光エネルギーの大半を熱として放散し実質的に光合成を行っていないことは知られているが、そのメカニズムは明らかではなかった。このメカニズムの詳細を明らかにするために、夏・冬の強光・弱光下にある常緑樹イチイ (*Taxus cuspidata*) の葉(合計4条件)からチラコイド膜を精製し、エネルギー移動・消光過程をピコ秒時間分解蛍光分光法により測定した。冬の葉ではELIP (Early Light-Induced Proteins) とよばれるタンパク質が葉緑体に大量に蓄積され、光捕集アンテナタンパク質LHC (Light-Harvesting Chlorophyll-binding complex) の励起エネルギーを消光していることがわかった。

珪藻の光化学系の周辺部には数多くの光捕集アンテナタンパク質FCP (Fucoxanthin Chlorophyll *a/c*-binding Protein) が存在するが、個々の機能は不明である。珪藻 *Phaeodactylum tricoratum* のFCPを研究題材とし、FCPが会合することによるエネルギー移動・消光過程の変化を検討した。会合することにより様々なエキシトン状態が形成され、励起エネルギーがもっともエネルギーの低いサイトに流れていき、全体として励起状態が短くなることがわかった。また、珪藻 *Chectoceros gracilis* の様々なFCP欠損株のエネルギー移動・消光過程を測定し、個々のFCPの機能について解明を進めている。

研究テーマ:時間分解蛍光分光法の開発

一昨年度より、時間分解蛍光スペクトルの測定システムや解析方法について改良を行ってきた。測定時間を従来の5分の1程度にまで短縮すること、これまで2段階で解析していたところを1段階で解析し精度を上げることに成功している。現在、波長分解能の向上、測定・解析時間領域の拡張を図っている。ピコ秒からサブマイクロ秒領域の観測であれば、定常光源を使った測定と同程度の波長分解能での測定が可能となった。

【発表論文】 ※下記の順で記載

論文タイトル 著者名 誌名 巻(号) 頁 出版年月 記述言語 査読有無 種別

1. Revisiting the early light-induced protein hypothesis in the sustained thermal dissipation mechanism in yew leaves

Zihao Ye, Mina Sawada, Makiko Iwasa, Ryo Moriyama, Debayan Dey, Miyu Furutani, Mitsutoshi Kitao, Toshihiko Hara, Ayumi Tanaka, Junko Kishimoto, Makio Yokono, Seiji Akimoto, Atsushi Takabayashi, Ryouichi Tanaka Journal of Experimental Botany 76(2) 513-531 Oct-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)

2. Aggregation-Induced Excitation-Energy Quenching in Fucoxanthin Chlorophyll *a/c*-Binding Proteins from the Diatom *Phaeodactylum tricornutum* Yoshifumi Ueno, Ou-Yang Li, Jian-Ren Shen, Tatsuya Tomo, Seiji Akimoto, Ryo Nagao 責任著者 The Journal of Physical Chemistry B Mar-25 英語 有 研究論文(学術雑誌)

3. Carbazol-3-olate photosensitizers enable photocatalytic hydrodefluorination and Birch-type reduction reactions Huilong Kuang, Weibin Xie, Tatsushi Yabuta, Masaaki Fuki, Masahiro Higashi, Yasuhiro Kobori, Nozomi Sakai, Seiji Akimoto, Masahiko Hayashi, Ryosuke Matsubara 最終・責任著者 Organic Chemistry Frontiers Mar-25 英語 有 研究論文(学術雑誌)

【MISC】※下記の順で記載

タイトル 著者名 誌名 巻(号) 頁 出版年月 記述言語 査読有無 種別

1. Different functions of Lhcx isoforms in photoprotective mechanism in the marine diatom *Thalassiosira pseudonana* Mana Nakayasu, Seiji Akimoto, Kohei Yoneda, Soichiro Ikuta, Ginga Shimakawa, Yusuke Matsuda bioRxiv THE PREPRINT SERVER FOR BIOLOGY Apr-24 英語 無

【学会発表】※下記の順で記載

発表タイトル 講演者 会議名 発表年月 発表言語 発表形態 開催地 国内・国際区分

1. 好冷性紅色光合成細菌における光捕集 1 反応中心複合体の特性解析 稲田 一輝, 秋本 誠志, 竹中 慎治, Michael, T. Madigan, 大友 征宇, 木村 行宏 光合成セミナー2024 2024年6月 日本語 ポスター発表 龍谷大学 国内

2. 遠赤光に馴化させた *Ha lomicronem a hongdechloris* の単色光応答 王 一鵬, 王 哲, 篠田 稔行, 鞆 達也, 秋本 誠志 光合成セミナー2024 2024年6月 日本語 ポスター発表 龍谷大学 国内

3. シアノバクテリア *Synechococcus leopoliensis* の光合成初期過程に 鉄イオン濃度が与える影響 酒井 希, 藍川 晋平, 秋本 誠志 光合成セミナー2024 2024年6月 日本語 ポスター発表 龍谷大学 国内

4. シアノバクテリア *Synechococcus* と *Synechocystis* に見られる光質応答の違い 秋本 誠志 光合成セミナー2024 2024年6月 日本語 口頭発表(一般) 龍谷大学 国内

5. Characterization of FCP responding to light and CO₂ conditions in marinediatom *Chaetoceros gracilis* Midori Nakamura, Minoru Kumazawa, Ryo Nagao, Shoko Tsuji, Takehiro Suzuki, Noriko Ishikawa, Naoshi Dohmae, Seiji Akimoto, Kentaro Ifuku 2nd Asia-Oceania International Congress on Photosynthesis (AOICP) 2024年9月 英語 ポスター発表 神戸 国際

6. Characterization of the light-harvesting 1 reaction center complexes from psychrophilic purple nonsulfur bacteria Kazuki Inada, Seiji Akimoto, Shinji Takenaka, Michael T. Madigan, Zheng-Yu Wang-Otomo, Yukihiro Kimura 2nd Asia-Oceania International Congress on Photosynthesis (AOICP) 2024年9月 英語 ポスター発表 神戸 国際

7. Revisiting the early light-induced protein hypothesis in the sustained thermal dissipation mechanism in yew leaves Zihao Ye, Mina Sawada, Makiko Iwasa, Ryo Moriyama, Debayan Dey, Miyu Furutani, Mitsutoshi Kitao, Toshihiko Hara, Ayumi Tanaka, Junko Kishimoto, Makio Yokono, Seiji Akimoto, Atsushi Takabayashi, Ryouichi Tanaka 2nd Asia-Oceania International Congress on Photosynthesis (AOICP) 2024年9月 英語 ポスター発表 神戸 国際

8. Configuration of antenna assembly, electron transport, and excitation energy transfer within different FCPI-deficient strains of diatom *Chaetoceros gracilis* Jian Xing, Minoru Kumazawa, Seiji Akimoto, Shoko Tsuji, Noriko Ishikawa, Kentaro Ifuku 2nd Asia-Oceania International Congress on Photosynthesis (AOICP) 2024年9月 英語
ポスター発表 神戸 国際
9. 集光性色素タンパク質FCPにみられるエネルギー移動と光環境応答 秋本 誠志 光合成初期過程の高速ダイナミクスに関する研究会 2024年10月 日本語 口頭発表(招待)
10. Responses of light-harvesting and energy-transfer processes in typical cyanobacteria to light qualities Seiji Akimoto Photosynthesis and Hydrogen Energy Research for Sustainability - 2024 2024年10月 英語 口頭発表(招待) トルコ 国際
11. A Light-Harvesting Protein for Adaptation in Specific Light and CO₂ Conditions in the Marine Diatom *Chaetoceros Gracilis* Midori NAKAMURA, Minoru KUMAZAWA, Ryo NAGAO, Shoko TSUJI, Takehiro SUZUKI, Noriko ISHIKAWA, Naoshi DOHMAE, Seiji AKIMOTO, Kentaro IFUKU Photosynthesis and Hydrogen Energy Research for Sustainability - 2024 2024年10月 英語 ポスター発表 トルコ 国際
12. Biochemical and Spectroscopic Insights into the PSI-LHCI Supercomplex of the Diatom *Chaetoceros Gracilis* Lacking a Single LHCI Jian XING, Minoru KUMAZAWA, Seiji AKIMOTO, Shoko TSUJI, Noriko ISHIKAWA, Kentaro Ifuku Photosynthesis and Hydrogen Energy Research for Sustainability - 2024 2024年10月 英語 ポスター発表 トルコ 国際
13. Acclimation of white-light-adapted *Halomicronema hongdechloris* to different light qualities Zhe Wang, Toshiyuki Shinoda, Tatsuya Tomo, Seiji Akimoto The 66th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Physiologists 2025年3月 英語 ポスター発表 金沢大学 国内
14. Roles of Minor Red-Shifted Chlorophyll a in a Unicellular Green Alga *Neochloris* sp. Biwa 5-2 Fei Wang, Seiji Akimoto, Hideaki Miyashita The 66th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Physiologists 2025年3月 英語 口頭発表(一般) 金沢大学 国内
15. 鉄 / 銅欠乏条件が微細藻類の光合成初期過程に与える影響 酒井希, 古谷実佑, 藍川晋平, 秋本誠志 第66回日本植物生理学会年会 2025年3月 日本語 ポスター発表 金沢大学 国内
16. 鉄欠乏 / 過剰条件が微細藻類のエネルギー移動に与える影響に関する時間分解蛍光測定 酒井希, 古谷実佑, 藍川晋平, 秋本誠志 第66回日本植物生理学会年会 2025年3月 日本語 ポスター発表 金沢大学 国内
17. Physiological function and assembly of the large PSI-LHCI supercomplex in the diatom *Chaetoceros gracilis* Jian Xing, Minoru Kumazawa, Seiji Akimoto, Shoko Tsuji, Noriko Ishikawa, Kentaro Ifuku The 66th Annual Meeting of the Japanese Society of Plant Physiologists 2025年3月 英語 口頭発表(一般) 金沢大学 国内
18. ツノケイソウにおけるLhcxタンパク質を介した光防御と強光順化の統合 熊沢穰, 秋本誠志, 高林厚史, 辻祥子, 長谷川葉月, 櫻井敦, 今村壮輔, 石川規子, 井上, 菓子野, 名津子, 菓子野康浩, 伊福健太郎 第66回日本植物生理学会年会 2025年3月 日本語 口頭発表(一般) 金沢大学 国内
19. 海洋珪藻 *Chaetoceros gracilis* の光とCO₂ に応答した集光性色素タンパク質のリモデリング 中村翠, 熊沢穰, 長尾遼, 辻祥子, 鈴木健裕, 石川規子, 堂前直, 秋本誠志, 伊福健太郎 第66回日本植物生理学会年会 2025年3月 日本語 口頭発表(一般) 金沢大学 国内
20. シアノバクテリア *Synechococcus leopoliensis* のエネルギー移動における光質応答 倉地秀鷹, 酒井希, 藍川晋平, 秋本誠志 第66回日本植物生理学会年会 2025年3月 日本語 ポスター発表 金沢大学 国内

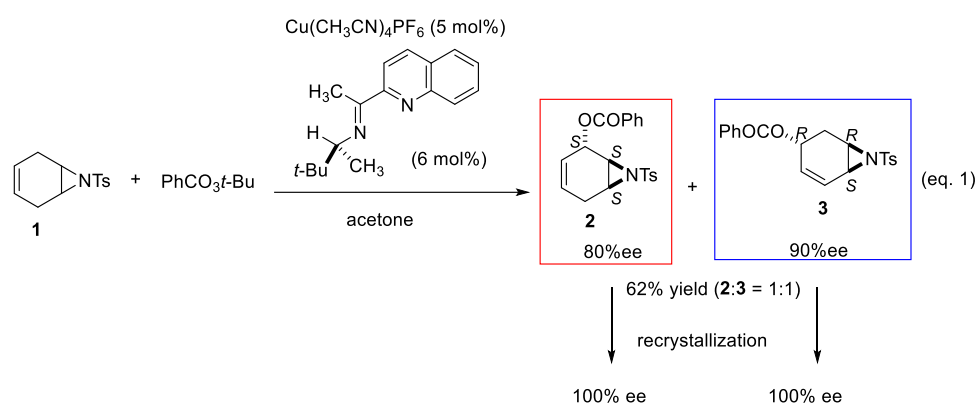
3. 有機化学講座

3-1. 有機反応化学

[13] 林 昌彦

Project Theme: Regiodivergent Desymmetrization of *meso*-4,5-Epoxycyclohex-1-ene

In 2021, we reported a new phenomenon named the "regiodivergent desymmetrization reaction (RDR)," in which the allylic oxidation of *meso*-azabicycloheptene with *tert*-butyl perbenzoate, using a single chiral copper catalyst, produced two enantioenriched structural isomers in high optical purity, as shown in Eq. 1.



Specifically, the reaction of 7-tosyl-7-azabicyclo[4.1.0]hept-3-ene (**1**) with *tert*-butyl perbenzoate in the presence of a catalytic amount of a chiral copper catalyst afforded a 1:1 mixture of (1*R*,2*R*,6*R*)-7-tosyl-7-azabicyclo[4.1.0]hept-3-en-2-yl benzoate (**2**) and (1*R*,3*R*,6*S*)-7-tosyl-7-azabicyclo[4.1.0]hept-4-en-3-yl benzoate (**3**) in 80% and 90% enantiomeric excess (ee), respectively, with an overall yield of 62%. The enantiomeric purities of compounds **2** and **3** were increased to 100% through recrystallization.

This phenomenon is similar to parallel kinetic resolution (PKR). In PKR, two enantioenriched structural isomers are also obtained. However, in PKR, the starting material is a racemic compound, a 1:1 mixture of enantiomers, whereas in RDR, the starting material is a *meso* compound, which is a single compound. This represents a significant difference between the two processes.

Encouraged by our initial findings (Eq. 1), we reinvestigated the reaction of *meso*-4,5-epoxycyclohex-1-ene. In previous reports on asymmetric allylic oxidation reactions, we carried out the asymmetric allylic oxidation of the substrate *meso*-4,5-epoxycyclohex-1-ene using *acetone* as the solvent. However, using acetone as the solvent resulted in the formation of undesired 1,3-dioxolane. Therefore, to avoid the formation of 1,3-dioxolane, we examined the reaction in CH₂Cl₂, CH₃CN, and benzene.

The absolute configuration of product was determined to be (1*S*,2*S*,6*S*) after derivatization to compound, which was analyzed by X-ray crystallography.

Thus, we have reported the second example of a regiodivergent desymmetrization reaction (RDR) in the reaction of *meso*-4,5-epoxycyclohex-1-ene with *tert*-butyl perbenzoate in the presence of a single chiral copper catalyst in CH₂Cl₂. This reaction afforded a 1:1 mixture of (1*S*,2*S*,6*S*)-7-oxabicyclo[4.1.0]hept-3-en-2-yl benzoate and (1*R*,3*R*,6*S*)-7-oxabicyclo[4.1.0]hept-4-en-3-yl benzoate with 81% and 89% enantioselectivity, respectively

【発表論文】 ※下記の順で記載

論文タイトル 著者名 誌名 巻(号) 頁 出版年月 記述言語 査読有無 種別

1. Synthesis of 2-(Pyridin-2-yl)phenols and 2-(Pyridin-2-yl)anilines Keigo Miki, Katsumi Maeda, Ryosuke Matsubara, Masahiko Hayashi The Journal of Organic Chemistry 89(8) 5797-5810 Apr-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
2. Facile Synthesis of 2- and 3-Substituted Indoles Using a Catalytic Amount of Pd/C and 1-Octene System Xu Dong, Ryosuke Matsubara, Masahiko Hayashi Synthesis 57 (4) 800-811 Nov-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
3. Triazolium-Catalyzed Metal-Free Photochemical Reduction of CO₂ into Formate Weibin Xie, Masaaki Fuki, Ayana Sukegawa, Kenji Okunaka, Masahiko Hayashi, Yasuhiro Kobori, Ryosuke Matsubara ACS Sustainable Chemistry & Engineering 12(47) 17328-17335 Nov-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
4. Regiodivergent Desymmetrization of *meso*-4,5-Epoxy cyclohex-1-ene Yiwei Wang, Miho Wakiya, Ryosuke Matsubara, Masahiko Hayashi The Journal of Organic Chemistry 90(1) 840-845 Dec-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
5. Non-aerobic and One-pot Synthesis of Carbazoles from Cyclohexanones and Arylhydrazines Keigo Miki, Ryosuke Matsubara, Masahiko Hayashi Synthesis 57 (9) 1599-1606 Jan-25 英語 有 研究論文(学術雑誌)

【学会発表】 ※下記の順で記載

発表タイトル 講演者 会議名 発表年月 発表言語 発表形態 開催地 国内・国際区分

1. 光増感剤および遷移金属を用いないベンズイミダゾリン型有機ヒドリドの光再生反応 原田竜大, 謝衛斌, 藪田達志, 許佳生, 林昌彦, 松原亮介 第44回有機合成若手セミナー「明日の有機合成を担う人のために」 2024年8月 日本語 ポスター発表 大阪 国内
2. ボラインデンの合成と物性評価 村上賢, 松原亮介, 林昌彦 第70回有機金属化学討論会 2024年9月 日本語 口頭発表(一般) 大阪公立大学 国内
3. ベンズイミダゾリウム触媒を用いて CO₂ をギ酸に還元する研究 許佳生, 謝衛斌, 原田竜大, 藪田達志, 林昌彦, 松原亮介 第40回有機合成化学セミナー 2024年9月 日本語 ポスター発表 新潟 国内
4. ヒドリド性C-H結合を持つ有機還元剤の環境調和的な光触媒化 原田竜大, 謝衛斌, 藪田達志, 許佳生, 林昌彦, 松原亮介 第40回有機合成化学セミナー 2024年9月 日本語 ポスター発表 新潟 国内
5. Pd/C-エチレン系を用いた2-ピリジルフェノールと2-ピリジリアニリンの合成 三木啓吾, 松原亮介, 林昌彦 第53回複素環化学討論会 2024年10月 日本語 口頭発表(一般) 山口 国内
6. Pd/C-エチレン系を用いたフェノール誘導体およびアニリン誘導体の合成 三木啓吾, 松原亮介, 林昌彦 第50回反応と合成の進歩シンポジウム 2024年10月 日本語 ポスター発表 神戸 国内

[14] 松原 亮介

当研究室では最近、遷移金属を用いることなく二酸化炭素をギ酸塩へと還元する光反応を開発した。この反応においていくつかの懸念点があった。一つは光増感剤の吸収波長が短く、可視光領域短波長側ぎりぎりであること、もう一つはアスコルビン酸を犠牲還元剤として用いている点である。昨年度、前者の課題に関してナフタレン骨格にカルバゾールを二つ置換した光増感剤の開発を行った。しかし、吸収波長を長波長化できた一方で

分子構造が大きくなることにより各種溶媒への溶解性が乏しくなり、反応の一般性を広げることが難しいという課題が生じた。そこで今年度は異なるアプローチによる吸収波長長波長化を検討した。

本研究では、カルバゾール骨格の 3 位にフェノール性水酸基を導入したカルバゾール-3-オール誘導体を新たに設計し、これを塩基存在下で脱プロトン化することで得られるアニオン種「カルバゾール-3-オレート」を光増感剤として用いることを試みた。従来のカルバゾール誘導体はその高い還元力と可視光吸収特性から注目されていたが、さらなる長波長吸収と反応性向上の両立は困難であった。本研究では、電子供与性を有するアニオン性置換基を導入することで、分子軌道のエネルギー準位を制御し、吸収波長の大幅な赤方シフト(約 70 nm)と、励起状態における還元電位の向上(-2.92 V vs SCE)を同時に達成することができた。

実際、開発したカルバゾール-3-オレート系光増感剤を用いて、4-フルオロアニソールの光還元的脱フッ素化およびナフタレンの Birch 型還元反応を可能とし、いずれも可視光(440–480 nm)照射下で良好な収率が得られた。これらの反応は遷移金属を全く使用せず、簡便に合成可能な有機分子のみからなる触媒系である点も特筆に値する。従来の類似反応では、重金属系光増感剤や高エネルギー光源が必要とされてきたが、本系はより温和な条件で同様の変換を実現するものである。

とりわけ Birch 型還元反応では、10 当量の水を加えても反応収率に大きな影響がみられなかったことから、アルカリ金属を用いる従来法と異なり、水存在下でも駆動可能な高い実用性を備えていることが示唆された。機構解析の結果、カルバゾール-3-オレートの励起状態から基質への電子移動が反応開始の鍵となることが明らかとなり、さらに水素原子移動や炭酸水素イオンからのプロトン移動を経て生成物が得られることが、重水素ラベル実験や蛍光消光実験から支持された。

これらの成果により、カルバゾール-3-オレートは、長波長可視光に応答し、強力な還元能と長寿命励起状態を併せ持つ新規有機光増感剤として位置づけられることを示すことができた。今後はさらなる分子設計の最適化により、より幅広い基質への応用や、連続フロー系への展開も期待される。

【特許出願】

1. 発明名称: 非公開 出願番号: 特願 2024-146543 出願日: 2024 年 8 月 28 日
2. 発明名称: 非公開 出願番号: 特願 2024-216345 出願日: 2024 年 12 月 11 日
3. 発明名称: 非公開 出願番号: 特願 2024-220581 出願日: 2024 年 12 月 17 日
4. 発明名称: 非公開 出願番号: 特願 2025-038384 出願日: 2025 年 3 月 11 日
5. 発明名称: 非公開 出願番号: 特願 2025-037544 出願日: 2025 年 3 月 11 日

【発表論文】 ※下記の順で記載

論文タイトル 著者名 誌名 巻(号)頁 出版年月 記述言語 査読有無 種別

1. Synthesis of 2-(Pyridin-2-yl)phenols and 2-(Pyridin-2-yl)anilines Keigo Miki, Katsumi Maeda, Ryosuke Matsubara, Masahiko Hayashi The Journal of Organic Chemistry 89(8) 5797-5810 Apr-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
2. Facile Synthesis of 2- and 3-Substituted Indoles Using a Catalytic Amount of Pd/C and 1-Octene System Xu Dong, Ryosuke Matsubara, Masahiko Hayashi Synthesis 57 800-811 Nov-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
3. Triazolium-Catalyzed Metal-Free Photochemical Reduction of CO₂ into Formate Weibin Xie, Masaaki Fuki, Ayana Sukegawa, Kenji Okunaka, Masahiko Hayashi, Yasuhiro Kobori, Ryosuke Matsubara 最終・責任著者 ACS Sustainable Chemistry & Engineering 12(47) 17328-17335 Nov-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)

4. Regiodivergent Desymmetrization of *meso*-4,5-Epoxy cyclohex-1-ene Yiwei Wang, Miho Wakiya, Ryosuke Matsubara, Masahiko Hayashi The Journal of Organic Chemistry 90(1) 840-845 Dec-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
5. Non-aerobic and One-pot Synthesis of Carbazoles from Cyclohexanones and Arylhydrazines Keigo Miki, Ryosuke Matsubara, Masahiko Hayashi Synthesis 57 1599-1606 Jan-25 英語 有 研究論文(学術雑誌)
6. Enhancing reaction efficiency in photochemical organic synthesis by controlling the dynamic effects of excitons Harunobu Mitsunuma, Ryosuke Matsubara 最終・責任著者 The Journal of Chemical Physics 162(10) 100902 Mar-25 英語 有 研究論文(学術雑誌)
7. Carbazol-3-olate photosensitizers enable photocatalytic hydrodefluorination and Birch-type reduction reactions Huilong Kuang, Weibin Xie, Tatsushi Yabuta, Masaaki Fuki, Masahiro Higashi, Yasuhiro Kobori, Nozomi Sakai, Seiji Akimoto, Masahiko Hayashi, Ryosuke Matsubara 最終・責任著者 Organic Chemistry Frontiers Mar-25 英語 有 研究論文(学術雑誌)

【学会発表】 ※下記の順で記載

発表タイトル 講演者 会議名 発表年月 発表言語 発表形態 開催地 国内・国際区分

1. Transition metal-free photoreduction of CO₂ using organohydride catalyst-recycling strategy Ryosuke Matsubara 19. 24th International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy International Conference on Artificial Photosynthesis-2024 (IPS-24/ICARP2024) 2024年7月 英語 口頭発表(招待) Hiroshima 国際
2. 光増感剤および遷移金属を用いないベンズイミダゾリン型有機ヒドリドの光再生反応 原田竜大, 謝衛斌, 藪田達志, 許佳生, 林昌彦, 松原亮介 第44回有機合成若手セミナー「明日の有機合成を担う人のために」 2024年8月 日本語 ポスター発表 大阪公立大学 国内
3. CO₂ 光還元を実現する有機分子触媒の開発 松原亮介 第44回有機合成若手セミナー「明日の有機合成を担う人のために」 2024年8月 日本語 口頭発表(招待) 大阪公立大学 国内
4. Putative neural mechanism for the repellent effect of a native ant's CHC: A novel approach to pest control of invasive ant Tatsuya Uebi, Ryosuke Matsubara, Satoko Nakajima, Shunya Habe, Shigetou Matsuyama, Mamiko Ozaki 2nd Non-Traditional Arthropod Model Systems 2024年8月 英語 ポスター発表 Tokyo 国際
5. 人工光合成への挑戦 ―光化学の基礎から最新研究まで― 松原亮介 田岡化学コロキウム 2024年8月 日本語 口頭発表(招待) 大阪 国内
6. PET分解酵素反応の単一粒子蛍光観測 毛利 明日香, 木村 哲就, 中川 雄斗, 村上 賢, 隈部 佳孝, 松原 亮介, 立川 貴士 2024年光化学討論会 2024年9月 日本語 ポスター発表 九州大学 国内
7. 有機触媒を用いる二酸化炭素のギ酸塩への光化学的変換 村松 渉, 謝 衛斌, 松原 亮介, 石ヶ谷 直樹, 井上文乃, 中村 俊也, 井部 将也 2024年光化学討論会 2024年9月 日本語 ポスター発表 九州大学 国内
8. ボラインデンの合成と物性評価 村上賢, 松原亮介, 林昌彦 第70回有機金属化学討論会 2024年9月 日本語 口頭発表(一般) 大阪公立大学 国内
9. ベンズイミダゾリウム触媒を用いて CO₂ をギ酸に還元する研究 許 佳生, 謝 衛斌, 原田 竜大, 藪田 達志, 林昌彦, 松原 亮介 第40回有機合成化学セミナー 2024年9月 日本語 ポスター発表 新潟 国内
10. ヒドリド性 C-H 結合を持つ有機還元剤の環境調和的な光触媒化 原田竜大, 謝衛斌, 藪田達志, 許佳生, 林昌彦, 松原亮介 第40回有機合成化学セミナー 2024年9月 日本語 ポスター発表 新潟 国内
11. Pd/C-エチレン系を用いた 2-ピリジルフェノールと 2-ピリジルアニリンの合成 三木啓吾, 松原亮介, 林昌彦

第 53 回複素環化学討論会 2024 年 10 月 日本語 口頭発表(一般) 山口 国内

12. 炭酸塩由来 CO₂の光還元反応によるギ酸イオンのフロー合成 中川雄斗,謝衛斌,村上賢,林昌彦,松原亮介
第 13 回サイエンスフロンティア研究発表会 2024 年 10 月 日本語 ポスター発表 神戸大学 国内
13. Pd/C-エチレン系を用いたフェノール誘導体およびアニリン誘導体の合成 三木啓吾,松原亮介,林昌彦 第
50 回反応と合成の進歩シンポジウム 2024 年 10 月 日本語 ポスター発表 神戸 国内
14. ヒストンアセチル化レベルの振動形成を指向した光応答性リジンアセチル化触媒の開発 東屋勇都,上村 祐悟,
藪田 達志,長谷部 巴優,汾山 美衣,山次 健三,川島 茂裕,山梨 祐輝,松原 亮介,金井 求 第 17 回 有機触
媒シンポジウム 2024 年 11 月 日本語 ポスター発表 東京大学 国内
15. 高結晶性 h-BN ナノ結晶の低温合成 平尾 颯,瀬川 浩代,陳 君,松原 亮介,内野 隆司 2025 年第 72 回
応用物理学会春季学術講演会 2025 年 3 月 日本語 口頭発表(一般) 東京理科大学 国内
16. ヒストンアセチル化レベルの振動形成を指向した光応答性リジンアセチル化触媒の開発研究 東屋 勇都,上村
祐悟,藪田 達志,長谷部 巴優,汾山 美衣,山次 健三,川島 茂裕,山梨 祐輝,松原 亮介,金井 求 日本化学会
第105春季年会 2025 2025 年 3 月 英語 口頭発表(一般) 関西大学 国内
17. 次亜リン酸塩を電子供与体として用いる非遷移金属 CO₂ 光還元触媒系の開発 許 佳生,原田 竜大,村上
賢,Weibin Xie,中川 雄斗,林 昌彦,松原 亮介 日本化学会第105春季年会 2025 2025 年 3 月 日本語 口頭
発表(一般) 関西大学 国内
18. The development of carbazol-3-olate photosensitizers with extended wavelength and enhanced reducing ability
Huiling Kuang,Weibin Xie,Tatsushi Yabuta,Masaaki Fuki,Masahiro Higashi,Yasuhiro Kobori,Nozomi Sakai,Seiji
Akimoto,Masahiko Hayashi,Ryosuke Matsubara 日本化学会第105春季年会 2025 2025 年 3 月 英語 口頭
発表(一般) 関西大学 国内
19. PET 分解酵素の単一粒子蛍光解析 毛利 明日香,木村 哲就,中川 雄斗,村上 賢,隈部 佳孝,松原 亮介,立
川 貴士 日本化学会第105春季年会 2025 2025 年 3 月 日本語 ポスター発表 関西大学 国内
20. 遷移金属を用いない炭酸カリウム光還元反応の連続フロー法の開発 中川 雄斗,謝衛斌,村上賢,林昌彦,松原
亮介 日本化学会第105春季年会 2025 2025 年 3 月 日本語 口頭発表(一般) 関西大学 国内

【受賞】※下記の順で記載

賞名称 受賞者 受賞対象 授与機関名 受賞区分 受賞年月 国内国外区分

1. 全学共通教育ベストティーチャー賞特別表彰 松原 亮介 神戸大学 2024 年 10 月 国内
2. 令和 6 年度前期全学共通教育ベストティーチャー賞 松原 亮介 基礎有機化学 1,2 神戸大学 2024 年 10
月 国内

3-2. 生命分子化学

[15] 田村 厚夫

課題:ペプチド分子およびその集合体の人工デザイン

「人工設計したペプチド」を用いて、自在に「ナノ構造や機能をデザイン」する機能性ペプチドデザイン研究を進めている。これによって設計したペプチド分子およびそのナノ集合体を用いて、基礎科学の発展への寄与に加え、現代社会が抱える高齢化社会での医療や環境破壊などの諸問題の解決にもつながる新機能を創製する

ことを目指している。本年度行った研究を以下の(1)と(2)に、またその際に開発した構造安定性の解析方法をヒト由来タンパク質に適用し医薬品開発につながる研究を(3)として説明する。なお、成果として以前より行ってきた酵素機能を持つペプチド設計で2件の特許出願(うち 1 件は企業との共同出願)を完了した。さらに、下記(12)に相当するレアメタル結合ペプチドに関連し、JST 大学発新産業創出基金事業(KSAC GAP ファンド PMF)に採択され、2024 年 10 月より 2 年間のプロジェクトを開始した。

(1) レアメタル/レアアース結合能を持つペプチドの創製と微生物発現

近年の世界情勢の不安定化もあり、産業利用価値の高いレアメタルの供給が滞り、その価格の高騰およびそもそも入手困難になるなど、経済安全保障上の脅威となっている。この解決のため、特に資源の少ない我国では、ハイテク機器の産業廃棄物である都市鉱山からレアメタルをリサイクルすることの必要性が急速に増している。しかしながら、現状の手法では、効率性や環境負荷性で問題を抱えており、これを克服すべく、天然物であるペプチドを用いた手法を開発することとした。

標的金属としては、白金族レアメタル(Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt)、その他産業に不可欠なレアメタル(Au, Ni, Co など)、およびレアアース(Nd, Dy, Tb など)とし、選択的結合能を持つペプチドの創製を行うとともに、ペプチドを用いたリサイクル装置の開発を行うこととした。これまでに設計したペプチドに加え、新たにレアアースと選択的に結合するペプチドの開発に成功するとともに、学内共同研究でこれらペプチドの微生物発現方法の開発にも着手した。

(2) 小型ペプチドのナノ集合体形成機構

ペプチド分子を集合させてナノレベル構造体を作成することは、構造の安定化や高機能化に有効である。今年度は、その集合機構を解明するため、最も小さいペプチド(ジペプチド)から始めて、数アミノ酸からなるモデルペプチドを用いてナノファイバー構造を形成させた。これらシンプルなペプチドの構造を、X 線結晶回折、核磁気共鳴、顕微ラマン測定、偏光赤外分光測定などの物理化学的手法を駆使し、構造解析を行った。この結果、 β シート様の分子間水素結合ではない相互作用が寄与していることが判明した。また、ペプチドの種類によって、ナノファイバーは、液滴の周辺で形成する「コーヒーリング現象」が起きていることを見出した。

(3) 医薬創製に向けた天然タンパク質の構造解析および熱力学解析

(本学医学部との共同研究):ガンに関係するシグナルタンパク質 Ras およびそのエフェクターRaf に、医学部で開発した医薬品候補物質を作用した場合の、構造、安定性、および相互作用について、核磁気共鳴、赤外分光測定、質量分析(LC/MS を含む)、等温滴定型熱測定(ITC)、およびバイオレイヤー干渉法(BLI)などを用いた物理化学的な精密測定を行うとともに、結果の解析を当研究室で独自に開発したプログラムも用いて行った。この結果、医薬品として働く際の作用機構を明らかにした。

(自治医科大学との共同研究):神経系に関連し、アミロイドーシスを起こすタンパク質 Transthyretin について、超精密な熱測定解析を行った。この結果、野生型と比べ、アミロイドーシスを引き起こす変異体では、構造安定化機構に変化があることが判明した。

【特許出願】

1. 発明名称: 人工ペプチド及び人工ペプチドの応用製品 出願番号: 特願 2024-191602 出願日: 2024 年 10 月 31 日
2. 発明名称: 脂肪分解能を有する人工ペプチドおよびその利用 出願番号: 特願 2024-191620 出願日: 2024

年 10 月 31 日

【発表論文】 ※下記の順で記載

論文タイトル 著者名 誌名 巻(号) 頁 出版年月 記述言語 査読有無 種別

1. 人工設計 α ヘリックス型ペプチドナノファイバーの超耐熱性化と液晶性の獲得 黒川南, 田村厚夫 最終・責任著者 熱測定 51(2) 85-90 Apr-24 日本語 有 研究論文(学術雑誌)

【学会発表】 ※下記の順で記載

発表タイトル 講演者 会議名 発表年月 発表言語 発表形態 開催地 国内・国際区分

1. Regulated formation of Au nanoparticles by fiber-forming designed peptide (ファイバー形成能を持つデザインペプチドによる金ナノ粒子の形成制御) Chisato Yamawake, Atsuo Tamura IUPAB2024 第21回国際生物物理会議 2024年6月 英語 ポスター発表 京都府 国際
2. Structural transformation of a dipeptide Gly-Phe by coffee-ring effect (コーヒーリング効果で生じるジペプチドGly-Pheの構造転移) Ayaka Sako, Masaki Saito, Kazuo Eda, Atsuo Tamura IUPAB2024 第21回国際生物物理会議 2024年6月 英語 ポスター発表 京都府 国際
3. コンピュータ計算による金属結合ペプチドの設計 中川勝太, 田村厚夫 第13回サイエンスフロンティア研究発表会 2024年10月 日本語 ポスター発表 神戸大学 国内
4. Acquiring Hyper-thermostability and Liquid-Crystal Like Properties of Artificially Designed α -Helical Peptide Nanofibers Minami Kurokawa, Atsuo Tamura 第97回日本生化学会大会 2024年11月 英語 ポスター発表 神奈川県 国内
5. 蛍光特性を導入したレアアース結合ペプチドの設計 出口 弘汰, 田村厚夫 若手フロンティア研究会2024 2024年12月 日本語 ポスター発表 神戸大学 国内
6. AlphaFold2を用いた金属結合性ペプチドナノ構造体の設計 中川勝太, 田村厚夫 若手フロンティア研究会 2024 2024年12月 日本語 ポスター発表 神戸大学 国内

【受賞】 ※下記の順で記載

賞名称 受賞者 受賞対象 授与機関名 受賞区分 受賞年月 国内国外区分

1. 優秀賞 中川勝太, 田村厚夫 コンピュータ計算による金属結合ペプチドの設計 神戸大学 第13回サイエンスフロンティア研究発表会 2024年10月 国内

[16] 茶谷 絵理

課題: タンパク質の凝集機構の解明

生体内において、タンパク質は折りたたまれ生理機能を発揮するが、その工程に異常をきたすと凝集し、アルツハイマー病やプリオン病、ハンチントン病、透析アミロイドーシスのような疾病の発症につながる。本研究課題では、タンパク質凝集に関わる疾病群の発症機構をタンパク質分子の観点から化学的に理解し制御することを目的とし、タンパク質凝集体の一形態であるアミロイド線維の構造および形成プロセスに取り組んでいる。以下に本年度のおもな研究活動内容を示す。

1. アミロイド線維の核形成機構の解明

アミロイド核が生成するまでの初期段階の追跡と構造解析を行っている。最も単純な核形成は一段階で進行するタイプだが、多くのタンパク質では、オリゴマーやプロトフィブリルが生成することより、中間体を伴った複雑な経路を辿っていると予想される。そこで、これらの形成プロセスを明確にすることを目指している。

今年度は、トランスサイレチンのプロトフィブリルに注目した研究を進めた。まず、長く困難であったトランスサイレチンアミロイド線維形成の試験管内再現に取り組み、全長タンパク質とN末端が一部欠損したタンパク質の両方で観察することに成功した(大阪大との共同研究)。さらに、その初期相にはプロトフィブリルの生成が確認されたため、超遠心分析、小角X線散乱解析、透過型電子顕微鏡によるキャラクタリゼーションを進めた(自治医科大、京都大との共同研究)。さらに、当プロトフィブリルの線維化に対する関わり方、すなわち直接線維核になるのか、それとも一旦解離してから線維核を形成するのかを実験的に判定するためのFRET解析を計画し、準備を進めた。

さらに、プロトフィブリルが標的となるアミロイド線維形成阻害機構の解明にも取り組んでいる。生体内では、アミロイド線維の形成が無防に防がれているが、それに関わる分子として分子シャペロンが知られる。そこで、その一種である α Bクリスタリンによる阻害効果の解析を行ったところ、プロトフィブリルに結合しながらサイズ発達を顕著に抑制することが明らかになった。さらに、重水素化支援中性子散乱法を用いた解析を進めることで、複合体中での α Bクリスタリン分子の結合様式を明らかにするための実験を進めた(京都大、自治医科大、オーストラリア国立大との共同研究)。

2. タンパク質液滴からのアミロイド線維生成機構の解明

近年、タンパク質が細胞内で濃厚な液体状の集合体(液滴)を形成することが明らかになり、注目を集めている。この液滴は、多くの生理機能を担うが、その一方で異常をきたすと固体状態へと変化し、やがてその内部からアミロイド線維が生成する。そこで、液滴の性質や形成機構の解明、ならびに、液滴環境でのアミロイド線維の生成機構に注目し、研究を進めている。

今年度は、主に α シヌクレインとタウの液滴に取り組んだ。 α シヌクレインについては、近赤外レーザーを用いたレーザートラッピングにより、液滴の時空間的な形成制御に成功した。また、長時間のレーザー集光によって液滴が異常化することも見出し、一液滴レベルでのアミロイド線維形成プロセスの観察を行った(台湾国立陽明交通大学との共同研究)。レーザートラッピングは、既存の手法に比べて時空間的な制御に優れているため、この利点を活かした研究発展を目指したいと考えている。また、従来法であるポリエチレングリコールの添加により作製した液滴についても解析を進め、液滴が徐々に固体化するプロセスと α Bクリスタリンによる阻害効果を分光学的手法と顕微鏡観察を組み合わせ観察した(オーストラリア国立大との共同研究)。タウについては、分子内に持つシステイン残基が分子間ジスルフィド結合を形成することが液滴にもたらす影響を解析し、酸化ストレスと液滴の関係性の一端を明らかにした(学内、東京科学大、大阪大、鳥取大との共同研究)。さらに、生体内に存在するタウのアイソフォームに注目し、液滴内部からアミロイド線維が生成する際に違いが見られることを見つけた。また、液滴からのアミロイド線維核生成速度を精密に定量するための手法開発として、マイクロ流体を用いた共同研究を引き続き行った(東北大との共同研究)。

3. アミロイド線維構造の解析

アミロイド線維構造には多形が認められており、異なる線維構造が異なる病態や感染性を生み出しているという仮説が有力視されている。そのため、チオフラビンTの蛍光寿命を利用し、線維構造を鋭敏に識別するための方法開発を共同研究で行っている。今年度は、チオフラビンTの蛍光寿命の違いを生み出している構造的な根源

を明らかにするための解析に進み、クライオ電子顕微鏡によるアミロイド線維構造解析のための条件検討を進めた(浜松ホトニクス株式会社、自治医科大との共同研究)。

【発表論文】 ※下記の順で記載

論文タイトル 著者名 誌名 巻(号) 頁 出版年月 記述言語 査読有無 種別

1. Fusion of amyloid beta with ferritin yields an isolated oligomeric beta-sheet-rich aggregate inside the ferritin cage. Basudev Maity, Shiori Kameyama, Jiixin Tian, Thuc Toan Pham, Satoshi Abe, Eri Chatani, Kazuyoshi Murata, Takafumi Ueno Biomaterials science 12(9) 2408-2417 Apr-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)
2. Spatiotemporal formation of a single liquid-like condensate and amyloid fibrils of α -synuclein by optical trapping at solution surface Keisuke Yuzu, Ching-Yang Lin, Po-Wei Yi, Chih-Hao Huang, Hiroshi Masuhara, Eri Chatani 最終・責任著者 Proceedings of the National Academy of Sciences 121(39) e2402162121 Sep-24 英語 有 研究論文(学術雑誌)

【学会発表】 ※下記の順で記載

発表タイトル 講演者 会議名 発表年月 発表言語 発表形態 開催地 国内・国際区分

1. マイクロ水滴を用いたタンパク質濃縮相からのアミロイド核生成速度解析法の開発 川上純佳, 小澤 大樹, 丸山 洋子, 大橋 祐美子, 茶谷 絵理, 白木 賢太郎, 火原 彰秀, 福山 真央 日本分析化学会第 84 回分析化学討論会 2024 年 5 月 日本語 ポスター発表 京都 国内
2. Exploring the mechanism and dynamics of protein aggregation into amyloid fibrils: From basics to recent observations on amyloid formation from liquid-like condensates Eri Chatani Department of Applied Chemistry, NYCU Colloquium 2024 年 5 月 英語 公開講演 台湾新竹 国際
3. α B-crystallin prevents aging of α -synuclein droplets Kenji Fujitsuka, Keisuke Yuzu, Yuki Michiue, John A. Carver, Eri Chatani IUPAB2024 2024 年 6 月 英語 ポスター発表 京都 国際
4. Analysis of the aggregation characteristics of tau droplets under oxidizing and reducing conditions Yuki Michiue, Ayumi Masui, Keisuke Yuzu, Yumiko Ohhashi, Keiichi Yamaguchi, Yasushi Kawata, Eri Chatani IUPAB2024 2024 年 6 月 英語 ポスター発表 京都 国際
5. Spatiotemporal formation of a single liquid-like condensate of α -synuclein and subsequent aging by optical trapping Keisuke Yuzu, Ching-Yang Lin, Chih-Hao Huang, Po-Wei Yi, Hiroshi Masuhara, Eri Chatani IUPAB2024 2024 年 6 月 英語 口頭発表(招待) 京都 国際
6. Protein aggregation and diseases Motomasa Tanaka, Lukasz Joachimiak, Eri Chatani IUPAB2024 2024 年 6 月 英語 公開講演 京都 国際
7. Unveiling the mechanism of protein aggregation to form oligomers and protofibrils: A study using insulin as a model Eri Chatani, Keisuke Yuzu IUPAB2024 2024 年 6 月 英語 口頭発表(招待) 京都 国際
8. α B-クリスタリンによる α シヌクレイン液滴の老化阻害 藤塚健次, 柚佳祐, 道上祐希, John A. Carver, 茶谷絵理 第 23 回 日本蛋白質科学会年会 2024 年 6 月 日本語 ポスター発表 名古屋 国内
9. タウ液滴の凝集に対する酸化還元状態の影響の解析 道上祐希, 益井歩未, 柚佳祐, 大橋祐美子, 山口圭一, 河田康志, 茶谷絵理 第 23 回 日本蛋白質科学会年会 2024 年 6 月 日本語 ポスター発表 名古屋 国内
10. Spatiotemporal formation of a single liquid-like condensate of α -synuclein by optical trapping Keisuke Yuzu, Ching-Yang Lin, Po-Wei Yi, Chih-Hao Huang, Hiroshi Masuhara, Eri Chatani 第 24 回 日本蛋白質科学会年会 2024 年 6 月 英語 口頭発表(招待) 名古屋 国内

11. アミロイド線維の形成メカニズムープロトフィブリルの形成プロセスに着目してー 茶谷 絵理,山本 直樹
第 24 回 日本蛋白質科学会年会 2024 年 6 月 日本語 口頭発表(招待) 名古屋 国内
12. 光圧による α シヌクレイン液滴の時空間的な形成と老化の誘導 茶谷絵理,柚佳祐,Ching-Yang Lin,Po-Wei Yi,Chih-Hao Huang,増原宏 第 15 回 タンパク質の異常凝集とその防御・修復機構に関する研究会 2024 年 8 月 日本語 口頭発表(招待) Web 上での発表 国内
13. Optical trapping-induced spatiotemporal formation of a single liquid-like condensate of α -synuclein at solution surface Keisuke Yuzu,Ching-Yang Lin,Chih-Hao Huang,Po-Wei Yi,Hiroshi Masuhara,Eri Chatani 大阪大学蛋白質研究所セミナー・生物物理サブグループ・LLPS 研究会合同セミナー「Toward establishing LLPS research systems」 2024 年 9 月 英語 口頭発表(招待) 大阪 国際
14. 溶液表面における光圧捕捉による α シヌクレインの単一液滴の時空間的生成 柚佳祐,Ching-Yang Lin,Po-Wei Yi,Chih-Hao Huang,茶谷絵理,増原宏 第 85 回応用物理学会秋季学術講演会 2024 年 9 月 日本語 口頭発表(一般) 福岡 国内
15. 溶液表面における α シヌクレインの optically evolved assembling による単一液滴の時空間的生成 柚佳祐,Ching-Yang Lin,Po-Wei Yi,Chih-Hao Huang,茶谷絵理,増原宏 2024 年光化学討論会 2024 年 9 月 日本語 口頭発表(一般) 新潟 国内
16. アルファシヌクレイン濃縮相からのアミロイド核生成解析に向けた濃縮相の長時間測定 佐藤安里,柚佳祐,藤塚健次,茶谷絵理,丸山洋子,火原彰秀,福山真央 化学とマイクロ・ナノシステム学会第 50 回研究会 2024 年 11 月 日本語 ポスター発表 仙台 国内
17. 酸化ストレスがタウ液滴の凝集に及ぼす影響の解析 道上佑希,益井歩未,大橋祐美子,柚佳祐,岩崎哲史,山口圭一,河田康志,茶谷絵理 神戸大学研究基盤センター若手フロンティア研究会 2024 2024 年 12 月 日本語 ポスター発表 神戸 国内
18. α B-クリスタリンによる α シヌクレイン液滴の老化の阻害 藤塚健次,柚佳祐,道上祐希,John A. Carve,茶谷絵理 神戸大学研究基盤センター若手フロンティア研究会 2024 2024 年 12 月 日本語 ポスター発表 神戸 国内
19. レーザートラッピングを利用したタンパク質液滴の形成制御 茶谷絵理、柚佳祐、Ching-Yang Lin、Po-Wei Yi、Chih-Hao Huang、増原宏 神戸大学第 7 回広帯域極限電磁波生命理工連携研究会 2025 年 1 月 日本語 口頭発表(招待) 神戸 国内
20. マイクロ水滴を用いたアルファシヌクレイン凝集体形成の観察 佐藤 安里,柚 佳祐,藤塚 健次,茶谷 絵理,丸山 洋子,火原 彰秀,福山 真央 日本化学会第 105 春季年会 2025 年 3 月 日本語 ポスター発表 千葉 国内
21. Selective Formation of a Single Droplet and Aggregate of Protein Lysozyme by Optical Trapping at Solution Surface Yi-Sian Chien,Keisuke Yuzu,Shuichi Toyouchi,Henryk Witek,Eri Chatani,Hiroshi Masuhara 第 72 回応用物理学会春季学術講演会 2025 年 3 月 英語 ポスター発表 千葉 国内
22. 金ナノ粒子結合による溶液表面における光捕捉誘起 α シヌクレイン液滴形成の促進 柚佳祐,茶谷絵理,増原宏 第 72 回応用物理学会春季学術講演会 2025 年 3 月 日本語 口頭発表(一般) 千葉 国内

【受賞】 ※下記の順で記載

賞名称 受賞者 受賞対象 授与機関名 受賞区分 受賞年月 国内国外区分

1. 第 62 回日本生物物理学会 若手招待講演賞 柚 佳祐・茶谷 G Spatiotemporal formation of a single liquid-like condensate of α -synuclein and subsequent aging by optical trapping 日本生物物理学会 2024 年 6 月 国内

[17] 木村 哲就

タンパク質の機能発現機構・構造形成機構の化学的理解

代謝や成長、学習といった高次の生命現象について階層分けして、紐解いていくと、低次に位置する生体分子が起こす化学反応が連動・協奏・相互作用することによって起きている。そのため、高次の生体反応の究極的な理解は生体分子の反応機構の解明なくしては不可能である。当グループは化学状態変化や構造変化といった生体分子のダイナミクスを『実時間で』観察し、反応中間体や遷移状態の化学情報および構造情報を明らかにする研究を展開している。

(1) ABC トランスポーターの輸送機構の解明

タンパク質分子、あるいはドメインと呼ばれる分子部分が発現する固有の機能や情報が「連動」・「協奏」・「相互作用」することで、『生体分子システム』が構築されている。ABC (ATP-binding cassette; ATP 結合ドメインを持った) トランスポーターは ATP の結合・加水分解を利用することで、小分子の輸送を行う膜タンパク質であり、種々の化学反応の共役と、構造変化の連動によって輸送が実現される、生体分子システムの代表例である。X 線結晶構造解析から、ABC トランスポーターは小分子の輸送経路を形成する疎水的な 2 つの膜貫通ドメイン(TMD) と、ATP の結合・加水分解を行い、細胞に露出した 2 つのヌクレオチド結合ドメイン(NBD; ATP 分解ドメインとも呼ばれる)から構成されていることがわかっている。さらに、ペリプラズムタンパク質(PP)と呼ばれる水溶性タンパク質が TMD のペリプラズム側と結合し、輸送基質を ABC トランスポーターへと運びこむと考えられている。これらの結晶構造は、細胞の外側に開いた状態と細胞質側に開いた 2 つの異なる状態をとっていることから、PP との結合および ATP の結合・加水分解反応と共役する形で、小分子の輸送が起こるだろうという仮説が提案されてきた。しかし、X 線結晶構造解析で得られる構造はスナップショットであり、『ABC トランスポート』という高次機能の発現機構を明らかにするためには、反応の時間軸に沿ったダイナミクスを直接観察することが必要であると考えられる。特に、

- (i) 輸送基質の取り込み・輸送、ABC トランスポーターのコンフォメーション変化、ATP の結合・加水分解反応、PP と ABC トランスポーターの離合・集散が同期しているか？
- (ii) NBD の ATP 結合/加水分解に伴う構造変化と TMD の構造変化がどのように連動しているか？

といった疑問に答えるには、それぞれのダイナミクスを直接観察し、どのタイミングで、どの分子部分で、どの化学反応が起こっているかを反応軸にそって解析する必要がある。そこで、種々の分光装置(可視吸収、蛍光、蛍光寿命、赤外)を構築・利用し、マイクロ流路デバイスを組み込むことで、ABC トランスポーターを含む膜タンパク質に適用可能な時間分解計測系を開発した。

、2024 年度は、ヘムを輸送基質とする ABC トランスポーター BhuUV および、BhuUV にヘムを受け渡すペリプラズムタンパク質 BhuT の複合体形成がヘムの獲得を効率的にしているかどうかについて、2023 年度の紫外/可視吸収分光法を用いた、精密な滴定実験を引き続き行い、加えて、神戸大学研究基盤センターアイソトープ部門に設置されている Biolayer Interferometry (BLI) を用いた BhuUV と BhuT の親和性測定を行った。その結果、BhuT と BhuUV はヘムの有無に関わらず <10 nM の解離定数を示し、非常に強く結合することがわかっ

た。また、ペリプラズム側に結合した BhuT からヘムが放出され、そのヘムは BhuUV に ATP が結合することでチャンネル内で場所を変えることが示唆された。本結果に関しては、国際学会において 1 件のポスター講演、日本蛋白質科学会、生体分子科学討論会、生物無機化学セミナーにおいて各 1 件のポスター発表を行なった。その際、博士課程前期課程 1 年の中川開斗が生体分子科学討論会および生物無機化学セミナーでそれぞれ最優秀ポスター発表賞を獲得した。

また、輸送を行うためには BhuUV のコンフォメーション変化が必要であるというのが一般的な ABC トランスポーターの反応機構から推測されるが、どの ABC トランスポーターの反応過程に関しても推測の域を出ていない。そこで、小堀教授(分子フォトサイエンスセンター)との共同研究により、スピララベル ESR 測定を用いることで、反応過程における構造を決定する試みを継続して行なった。スピララベル化タンパク質を高純度・高効率で調製する方法の構築を進め、スピン共鳴が起こることを確認した。また、2022 年度に行った膜貫通ドメイン 5 つの異なる位置に加えて、膜貫通ドメインと核酸結合ドメインの境界にシステイン変異を導入し、発現・精製・スピララベルを行った上で、ATP, AMP-PNP, ホロ型 BhuT 等の共存下での CW-ESR を行い、段階的な反応過程における構造変化についての知見を得た。本結果に関しては、国内研究会において招待講演を行い、国際学会において 1 件のポスター講演を行い、加えて生体分子科学討論会において 1 件のポスター発表を行なった。

(2) 鉄誘引性細胞死に関わる CYB561D2 の鉄還元反応機構の解析

癌抑制遺伝子として同定された 101F6 は Cytochrome b_{561} ファミリーに属する膜タンパク質 CYB561D2 を発現し、内分泌小胞膜に存在する。CYB561D2 は 2 つの b -type ヘムをもち、細胞質側のヘム b_h がアスコルビン酸から電子を受け取り、小胞内側のヘム b_l へと電子伝達し、鉄結合サイトで鉄還元を行うことが明らかとされている。一方で、CYB561D2 を発現させた細胞では、鉄過剰かつ酸素存在下において、“フェロトーシス (Ferroptosis)” と呼ばれる脂質過酸化による細胞死が起きている可能性が示唆されている。そこで、CYB561D2 を不飽和脂肪酸で構成されるナノディスクに再構成し、還元型 CYB561D2 からの電子移動によって、ナノディスクを構成する脂質が過酸化されるかどうかを検討することを試みている。

2023 年度には CYB561D2 の大腸菌での発現系の構築を行い、融合タンパク質とすることで安定的な発現が見込める事を見出したことから、2024 年度にはさらに安定な発現を行えるように培養時間の最適化を行なった。加えて、詳細な速度論的実験を行い、鉄イオン存在下で、電子が鉄イオンに移動することを確認した。今後は鉄および酸素の存在/非存在下での過酸化を検討し、CYB561D2 による Ferroptosis 誘引の分子機構を明らかにする。

【学会発表】 ※下記の順で記載

発表タイトル 講演者 会議名 発表年月 発表言語 発表形態 開催地 国内・国際区分

1. UV/visible absorption spectroscopy of the early steps in heme transport of the ABC transporter; BhuUV-T Kaito Nakagawa, Yoshitsugu, Hiroshi Sugimoto, Tetsunari Kimura 第24回日本蛋白質科学会年会 2024年6月 英語 ポスター発表 北海道 国内
2. 部位特異的スピララベルによる ABC トランスポーター BhuUV-T の輸送機構の解明 炭田悠貴, 仲絢香, 原明穂, 小堀康博, 城宜嗣, 杉本宏, 木村 哲就 第50回生体分子科学討論会 2024年6月 日本語 ポスター発表 慶應義塾大学日吉キャンパス 国内
3. シトクロムb561D2の機能性評価に資する発現・精製系の構築 吉村悠, 鏑木基成, 杉本宏, 木村哲就 第50回生体分子科学討論会 2024年6月 日本語 ポスター発表 慶應義塾大学日吉キャンパス 国内

4. ABCトランスポーターBhuUV-Tのヘム輸送における初期段階の紫外・可視吸収分光解析 中川開斗,城宜嗣,杉本宏,木村哲就 第50回生体分子科学討論会 2024年6月 日本語 ポスター発表 慶應義塾大学日吉キャンパス 国内
5. Coupling of ATP reactions with allocrite transport in heme ABC transporter; BhuUV-T, revealed by time-resolved spectroscopy. Tetsunari Kimura,Ayaka Naka,Akiho Hara,Yasuhiro Kobori,Yoshitsugu Shiro,Hiroshi Sugimoto IUPAB2024 2024年6月 英語 ポスター発表 京都国際会議場 国際
6. ABCトランスポーターBhuUV-Tのヘム輸送解析 中川開斗,城宜嗣,杉本宏,木村哲就 第36回生物無機化学夏季セミナー第4回生命金属科学夏合宿合同大会 2024年9月 日本語 ポスター発表 佐賀県 国内
7. ABCトランスポーターにおける基質輸送の分光学的解析 木村哲就 第7回広帯域極限電磁波生命理工連携研究会「生命現象に関わる分子構造ダイナミクス解析の最新」 2025年1月 日本語 口頭発表(招待) 神戸大学 国内

3-3. 有機分子機能化学

[18] 津田 明彦

光オン・デマンド合成法の開発と社会実装

ホスゲン是有機合成における重要な C1 ビルディングブロックである一方で、高い毒性を持つことから、その製造および使用は、法的に厳しく監視・管理されている。工業的有用性が高く、世界で年間 1000 万トン生産され、消費されている。大部分のホスゲンは、それを必要とする場所で、必要な時に、必要な量だけオン・デマンド製造されている。当研究グループは、従来法とは全く異なった新たな方法として、クロロホルム(CHCl_3)と酸素から、ホスゲンの光オン・デマンド合成法の開発に成功した(特許第 5900920 号)。本反応は、従来のホスゲンを用いるほとんどの反応に適用することが可能であり、極めて工業的利用価値が高い。当グループは、当該反応を基礎として、新たな化学反応と、高機能・高付加価値材料の開発に取り組んでいる。当グループから生み出される化学と技術は、学術的にも工業的にも極めて価値が高く、有機合成に革新的イノベーションを生み出すことが期待されている。

2024 年度、神戸大学発スタートアップ「光オンデマンドケミカル株式会社」を創業し、これまでに得られた研究成果の社会実装に向けた活動に取り組んだ。上記の科学と技術の発展として、下水処理場の汚泥や家畜の糞尿から発生するバイオガス(メタン約 60%と CO_2 約 40 の混合ガス)を原料として、光オン・デマンド法によって、安全・安価・簡単・低環境負荷で様々な有用化学品が合成できることを実証した。神戸市、大阪市、尼崎市、泉南市、三田市、京都市、兵庫県、大阪府などの自治体、および 60 を超える企業との産学官金の連携によって、「光ものづくり」の社会実装が始まった。

【特許出願】

1. 発明名称: ハロゲン化カルボニルの製造方法
出願番号: PCT/JP2024/036434
出願日: 2024年10月11日

【特許取得】

1. フッ素化カーボネート誘導体の製造方法: 欧州 3626701 (2024年7月17日)

2. イソシアネート化合物の製造方法: 米国 12060312 (2024年8月13日), 欧州 3882235 (2025年1月22日) [イギリス 3626702]
3. ポリカーボネートの製造方法: シンガポール11202104285Q (2024年4月26日), 米国 12234321 (2025年2月25日)
4. カーボネート誘導体の製造方法: シンガポール 11202104284V (2024年4月23日), 大韓民国 10-2783978 (2025年3月14日)

【MISC】※下記の順で記載

タイトル 著者名 誌名 巻(号) 頁 出版年月 記述言語 査読有無 種別

1. 安全・安価・簡単・低環境負荷なフロー光オン・デマンドカーボネート合成 津田 明彦 筆頭著者 光アライアンス 10 31-34 Aug-24 日本語 無 記事・総説等

【学会発表】※下記の順で記載

発表タイトル 発表者名 会議名 開催場所 発表年月 国内・国際区分 発表形態 発表言語

1. バイオマス由来ジオールを原料とする非イソシアネートポリウレタンの合成 宮嶋 義規・竹之下 実結・鈴木 千登志・岡添 隆・津田 明彦 日本化学会第 105 回春季年会 関西大学 千里山キャンパス 2025 3/28 国内 ポスター発表日本語
2. 光ものづくり 津田 明彦 神戸インデペンデント×神戸大学 Catapult Pitch Vol.9 神戸大学 2025 3/25 国内 口頭発表 日本語
3. 光ものづくり 津田 明彦 KCCI Meet up×Catapult Pitch at Kobe University ～神戸大学のシーズや起業部の取り組みを知るミートアップ 神戸大学 2025 2/10 国内 口頭発表 日本語
4. 光ものづくり 津田 明彦 ECOSYSTEM INSIGHT Powered by KPMG 東京 2025 1/9 国内 口頭発表 日本語
5. 神戸大学発スタートアップ事例の紹介 光オンデマンドケミカル株式会社 津田 明彦 シンダイシンポ 2024 神戸大と産・官・民の共創～卓越基礎研究と社会実装で地域と世界を先導～ 神戸大 2024 11/30 国内 口頭発表 日本語
6. 光ものづくり 津田 明彦 Challenge 万博 2024 ー大学発シーズ・スタートアップがつくる未来社会ー 東京 2024 10/31 国内 口頭発表 日本語
7. 光オン・デマンド合成法によるセルロースの機能修飾 江利口 泉・津田 明彦 日本化学会秋季事業 第 14 回 CSJ 化学フェスタ 2024 東京 2024 10/22 国内 ポスター発表日本語
8. 光オンデマンド法の展開 津田 明彦 第 34 回フォトポリマー講習会 オンライン 2024 8/30 国内 口頭発表 日本語

【書籍等】※下記の順で記載

タイトル 担当区分 著者名 出版社・発行元 出版年月 記述言語 査読有無 種別

- 安全・安価・簡単・低環境負荷なフロー光オン・デマンドカーボネート合成, 津田 明彦, 光アライアンス, 10巻, 31-34 2024年6月, 日本語, 無, 著書

【受賞】※下記の順で記載

賞名称 受賞者 受賞対象 授与機関名 受賞区分 受賞年月 国内国外区分

1. 池田泉州銀行 第21回「イノベーション研究開発助成金」大賞 津田 明彦 再生可能エネルギーとバイオガスによる光ものづくり 池田泉州銀行 2025年3月
2. NEDO NEP躍進コース BizDev賞 津田 明彦 光オン・デマンド合成法による化学品合成と連続生産システム開発 2024年8月

2024年度 教育実績報告書

化学専攻

目次

1. 物理化学講座	
1-1. 分子動力学 (和田昭英, 笠原俊二)	1
1-2. 物性物理化学 (大西 洋, 木村建次郎, 枝 和男)	4
1-3. 反応物理化学 (小堀康博, 立川貴士)	7
2. 無機化学講座	
2-1. 固体化学 (持田智行, 内野隆司, 高橋一志)	9
2-2. 溶液化学 (富永圭介)	12
2-3. 状態解析化学 (秋本誠志)	13
3. 有機化学講座	
3-1. 有機反応化学 (林昌彦, 松原亮介)	14
3-2. 生命分子化学 (田村厚夫, 茶谷絵理, 木村哲就)	17
3-3. 有機分子機能 (津田明彦)	23
4. 連携講座	
4-1. 構造解析学 (小金澤智之, 上杉健太郎, 関澤央輝)	24
4-2. 理論生物化学 (中嶋隆人, 川嶋英佑, 水流翔太)	27
5. 非常勤講師	
5-1. 科学英語 (神前陽子)	30

担当授業科目等			
(全学共通)	基礎物理化学	第3Q	1コマ × 8回
(学部)	(1)量子化学 I-1・I-2	第1Q・第2Q	1コマ × 16回
	(2)量子化学 II-1・II-1	第3Q・第4Q	1コマ × 16回
	(3)分子分光光学 2	第4Q	1コマ × 8回
	(4)化学実験II (分担)	第3Q・第4Q	2コマ × 18回
	(5)特別研究		
	(※)化学実験入門	第4Q	1コマ × 8回
(博士前期)	(6)物性物理化学特論(分担)	前期	1コマ × 4回
	(7)物理化学 II(分担)	後期	1コマ × 4回
	(8)論文講究 I、II		
	(9)特定研究 I、II		
(博士後期)	無し		
授業内容と自己評価			
<ul style="list-style-type: none"> ・ 基礎物理化学 本講義は、理学部1年生を対象として開講されたものであり、物理化学、特に熱力学分野への関心を高めることを主な目的とした。そのため、学生が学問の全体像を把握しやすくなるよう、図やアニメーションを多用した視覚的な教材を取り入れ、講義内容の理解を促進する工夫を行った。また、熱力学の概念をより身近に感じてもらうために、日常生活に則した具体的な事例を取り上げた。たとえば、「冬場の暖房においてエアコンと電気ストーブのどちらが効率的か」といったテーマを通じて、熱力学の理論が実際の生活にどのように応用されるかを示し、実感を伴った理解を促した。提出されたレポートの内容から判断すると、学生は講義内容に対して一定の理解と関心を示しており、講義の目標は概ね達成されたと考えられる。 ・ 量子化学I, II 本講義「量子化学 I・II」では、例年と同様に『アトキンス 物理化学 (構造の部分：量子力学の導入～等核二原子分子まで)』を教科書として用い、加えて、参考書として『マッカーリー・サイモン 物理化学』を随時参照しながら授業を進めた。今年度は、学生の予習および復習をより積極的に促すことを目的として、演習問題の数を前年よりも増加させた。講義中は、数式の背後にある物理的意味を直感的に理解させることを重視し、黒板上に図やグラフを積極的に示すよう努めた。また、中間試験および期末試験においては、効率的な復習と理解の定着を狙い、学生が自作した覚書 (A4サイズ、1～2枚) の持ち込みを認めた。さらに、各回の講義において簡単な演習課題を課し、その場で提出させることで、学生の理解度や講義内容に対する反応を把握するようになった。これらの取り組みの結果、演習課題の出来具合と学期末の成績との間には、明確ではないものの一定の相関が見られ、講義内容の理解度評価として有効であったと考えられる。 ・ 化学実験II (分担) 本実習では、ラマン散乱を利用した振動スペクトル測定の原理について理解を深めるとともに、基準振動の概念、分光システムの構築手法、ならびに測定誤差の考え方とその取り扱いについて学習させることを目的とした。実習は1テーマあたり5～6名の小グループで構成し、さらに各グループを2班に分けることで、全員が実験作業に能動的に参加できる環境を整備した。これにより、学生がただ見ているだけの受動的な立場にとどまらないよう配慮した。実習の前半では、連成振子の振動 			

周期を実際に測定させ、基準振動の物理的意義やデータ処理の方法、特に誤差の評価と扱いについて実践的に学ばせた。後半では、学生自身にラマンスペクトルを測定するための光学系を構築させた後、実際のスペクトル測定を行わせることで、より応用的な分光測定技術に対する理解を深めさせた。また、実習中は学生同士の発言や議論を積極的に促すよう努め、主体的な学びの姿勢を引き出すよう心がけた。

・ 分子分光学 2

本講義では、分光学の基礎となる「光と分子の相互作用」について、時間依存の摂動論を用いながら高次の相互作用にまで踏み込んで解説を行った。分光学は量子論を基盤とする学問であるため、抽象的かつ概念的な内容が多く、学生にとって理解の難しい分野である。そのため、「学生にどのようにイメージを持たせ、興味を引き出すか」が、講義の理解度や関心度を左右する重要な要素であると考えた。そこで、本講義では学生に視覚的なイメージと興味を持たせることを目的として、図やグラフを多用した視覚的な説明に加え、レーザーポインタを用いた簡易な実演や、定規およびCDを回折格子として利用する実験的アプローチを取り入れた。これにより、講義内容と実際の物理現象との結びつきを体感させ、理解の促進を図った。本講義の構成により、学生が分光学の基本概念をより直感的に捉えやすくなり、講義への関心向上につながったものと考えられる。

・ 物理化学 II (分担)

本講義では、統計熱力学の基礎について解説を行った。特に、次の3点に重点を置いて講義を構成した：(1) 熱力学と統計熱力学の関係、(2) ボルツマンの原理、(3) アンサンブルの概念。まず、熱力学と統計力学の視点の違いについて概説した上で、ボルツマンの原理に基づいた統計力学による熱力学の再構築の意義について詳述した。さらに、熱平衡状態における系の振る舞いを理解するために、ボルツマン分布の導出とその物理的意味について解説した。加えて、マックスウェル・ボルツマン分布則に関しては、分布関数の理解において見落とされがちな「縮退」の概念や、量子効果による修正の必要性についても言及し、古典統計と量子統計のつながりを意識した説明を行った。本講義を通じて、統計熱力学の基本的な枠組みと熱力学との関係性について、学生に広い視野から理解を深めさせることを目指した。

・ 物性物理化学特論 (分担)

本講義では、分光学において観測される非日常的な現象として、多光子過程およびコヒーレント相互作用を取り上げ、解説を行った。特に今回は、これらの物理現象をより深く理解させることを目的として、第2量子化の概念にまで踏み込んだ内容を盛り込んだ。そのため、講義の進行がやや駆け足となり、学生にとって内容が難解であった可能性がある。補足的な学習の一環として、レポート課題を課し、「多光子過程」または「コヒーレント相互作用」を利用した研究論文を各自に選ばせたうえで、その概要と自身の意見をまとめさせる形式とした。提出されたレポート内容を総合的に評価すると、学生の理解は一定の水準に達しており、当初設定した講義の目標は概ね達成されたと判断される。

・ 化学実験入門

この科目は2021年度から導入された科目で、学部1年生になるべく早く化学実験に触れてもらうこと、そして研究室で実際に大学院生に混じって実験やデータ解析を行うことで実際の実験研究を経験してもらうことを目的としている。単位はつかない。今年は光化学反応とその計測システムについて、その原理からシステム構築、測定、解析までを経験させた。

その他の特記事項

担当授業科目等				
(全学共通)	(1) 基礎物理化学 2	4Q	1 コマ	× 16 回
(学部)	(2) 量子化学Ⅲ (分担)	後期	1 コマ	× 8 回
	(3) 量子化学Ⅳ	前期	1 コマ	× 16 回
	(4) 量子化学Ⅴ-1	3Q	1 コマ	× 8 回
(博士前期)	(5) 化学実験Ⅱ (分担)	後期	2 コマ	× 18 回
	(6) 特別研究			
	(7) 物理化学Ⅰ (分担)	前期	1 コマ	× 5 回
(博士後期)	(8) 論文講究Ⅰ,Ⅱ			
	(9) 特定研究Ⅰ,Ⅱ			
	(10) 物理化学特論Ⅰ (分担)	前期	1 コマ	× 3 回
	(11) 特定研究			
授業内容と自己評価				
<p>(1) ミクロな視点から分子を理解することを目的に、量子化学の基本的な考え方を紹介して、何が分子を形成するのか、何が分子の性質を発現させるのかを解説した。対象学生は物理・生物・惑星学科のため、それぞれの分野のトピックスを入れて量子化学が利用されていることを実感できるように工夫した。</p> <p>(2) 後半部分を担当した。量子化学Ⅰ,Ⅱの内容についての演習を中心に、毎回小テストまたはレポートを課し、添削して返却・解説した。具体的な数値問題も入れた演習により量子の世界を身近に感じられるよう工夫した。また、講義では省略されがちな部分を数学的に証明して理解を深めることも目的とした。初回の小テスト実施時に学生からの質問を書かせて、その質問に答える時間を設けたことは好評であった。次年度も、双方向の授業を目指したい。</p> <p>(3) (4) 量子化学Ⅰ,Ⅱで理論的に構成したエネルギー準位を、観測される現象すなわち光学遷移も加えて講義した。(2)では電子遷移と振動遷移、(3)では回転遷移とイオン化、について分子のエネルギー準位構造・対称性・遷移選択則を解説した。演習も加えてより深く理解させるよう工夫した。スライド(式)を表示する時間が短いと苦情があった場合は講義後にその部分のファイルを公開した。</p> <p>(5) 分子スペクトルの測定原理を理解することを目的に基礎的な分光実験を行った。(3) (4)の講義で示したスペクトルを実際に観測・解析することで、スペクトルから分子構造を決定できることを理解してもらえたと思う。</p> <p>(7) 博士前期課程の学生に対して、後期に開講した。学部での量子化学の復習から始まり、摂動論をエネルギー準位間の相互作用として具体例を挙げつつ講義した。角運動量の合成、磁場や電場による相互作用を中心に解説した。</p> <p>(10) 博士後期課程の学生に対して、高分解能分光に関する講義を行うとともに、学生の研究テーマについて議論を行い、双方向の授業を行った。</p> <p>(6) (8) (9) (11) 学部生2名、博士前期課程2名、博士後期課程1名の教育・研究指導を行った。毎週英語のテキストまたは論文等の輪読を行い理解を深めた。</p>				
その他の特記事項				

担当授業科目等		
(全学共通)	(1) 化学実験 2 (副担当) 3Q	4Q 2コマ × 4回
(学部)	(2) 物理化学基礎	1Q 1コマ × 8回
	(3) 表面化学 1	3Q 1コマ × 8回
	(4) 化学熱力学Ⅳ (後半)	2Q 1コマ × 8回
	(5) 化学実験Ⅱ (分担)	3-4Q 2コマ × 24回
	(6) 地球化学特論 (分担)	前期 1コマ × 8回
	(7) 特別研究	
	(博士前期)	(8) 物理化学Ⅱ (分担)
(9) 物性物理化学特論		前期 1コマ × 4回
(10) 先端融合科学特論 (分担)		前期 1コマ × 3回
(11) 地球化学特論 (分担)		前期 1コマ × 8回
(12) 論文講究Ⅰ、Ⅱ		
(博士後期)	(13) 特定研究Ⅰ、Ⅱ	
	(14) 地球化学特論 (分担)	前期 1コマ × 8回
	(15) 特定研究	
授業内容と自己評価		
<ul style="list-style-type: none"> ●全学共通 (1) 生物学科と化学科1年生の学生実験を担当した。 ●学部 (2) 高校理数系科目と大学の化学をつなぐための科目である。(3) 固体表面を化学することのおもしろさと難しさを伝えることが目的の選択科目である。この授業は実社会と化学の関わりについて時間を割いて説明している。一昨年「英語で講義し日本語の配布物を配る」形式にあらためた。受講生の成績および授業振り返りアンケートによると、日本語使用を禁止しない範囲で英語を優先使用した授業形態は受講生に受け入れられている。(4) 一昨年度から担当をはじめた科目である。化学熱力学(マクロ)と量子化学(ミクロ)を接合しようとする統計力学の基礎を具体的に理解させるために宿題と小テストを頻発する形式をとった。(5) 昨年までと同様に熱測定と誘電率測定を担当した。レポートをオンライン提出(BEEF+利用)としたことで、受取と返却にかかる手間を減らすことができた。 ●博士前期 (8) サイコロとPCを使った統計力学の卓上実験を受講生にやらせた。(9) マクロの機械振動共振とミクロの分子振動緩和を結びつけることを目的とした。(10) 英語で化学することの手ほどきとして英語で講義しレポートを書かせた。 ●研究指導 (7) (12) (13) 博士前期3名・学部2名を主任指導した。どのくらい失敗させることが学生本人の能力向上にとって適切であるかの判断が例年むずかしい。(15) 指導教員変更を希望した博士後期1名の研究指導を3月から引き受けた。 ●学部 (6) 博士前期 (11) 博士後期 (14) 石橋純一郎(本学海洋底探査センター教授)を主担当者とする集中講義を昨年度から設営した。環境化学をテーマとする科目を化学科・化学専攻のカリキュラムに取り入れることができた。 		
その他の特記事項		

担当授業科目等			
(全学共通)			
(学部)	(1) 量子化学Ⅲ(分担)	後期	1 コマ× 8 回
	(2) 計算機化学実験	後期	2 コマ× 8 回
	(3) 量子化学 V-2	第 4Q	1 コマ× 8 回
	(4) 物理学科化学概論(分担)	後期	1 コマ× 5 回
	(4) 惑星学科化学概論(分担)	後期	1 コマ× 5 回
	(4) 生物学科化学概論(分担)	後期	1 コマ× 5 回
	(5) 特別研究		
(博士前期)	(6) 物理化学Ⅱ(分担)	前期	1 コマ× 4 回
	(7) 物性物理化学特論	前期	1 コマ× 4 回
(博士後期)	(8) 特定研究		
授業内容と自己評価			
<p>(1) 本講義では、力学の基礎から前期量子論、特に古典力学との接続に注意して指導した。量子力学と古典力学を独立して学ぶ学生が多いため、その接続関係に特に注意して行った。</p> <p>(2) 計算機化学実験では、プログラミングの基礎から分子動力学の基礎となるアルゴリズムに関して指導するとともにプログラムの作成を行った。基本的には、このプログラムを多体問題に適用することができる。学生にとっては大いに有用であったと理解している。</p> <p>(3) 本講義では、DLVO 理論とロンドンファンデルワールス理論の話をした。更に、その表面力に関して、外部から有識者を招き基礎理論と実社会における化学問題との接合を行った。学生にとっては、かなり先進的な内容だったと思われるが、有意であったと理解している。</p> <p>(4) 本講義は他学科向けの教職科目のため、最初に理解度を確認してから講義を行った。対面での授業後、復習用に講義動画を公開し、学習環境を整えた。</p> <p>(6) 物理化学Ⅱでは、統計物理学の指導を行った。統計物理学の基礎となる統計力学、その基礎となる古典力学の基礎から Liouville の定理、ギブス分布、フェルミ分布等議論を進め、統計物理学の基礎を固めた。</p> <p>(7) 大学院では、理論物理学の基礎からフェルミ理論、密度汎関数理論の説明を行い、近代物質科学の基礎を教えた。</p> <p>(5)(8) 学士、博士の指導において、 「円筒座標系での磁気映像化理論の研究 ダイナミックレンジ解析を踏まえて」、 「高次元磁気映像化理論の研究」、 「電波を利用する液体中のイメージングについて理論と方法を探究する」、 「誘電磁場を用いた表面下可視化法に関する研究」等を研究課題として取り組んだ。</p>			
その他の特記事項			

担当授業科目等				
(学部)	(1)	高度教養セミナー理学部第 1 クォーター	1 コマ	× 8 回
	(2)	化学熱力学 I-1 第 3 クォーター	1 コマ	× 8 回
	(3)	化学熱力学 I-1 第 4 クォーター	1 コマ	× 8 回
	(4)	化学熱力学演習 (分担)	後期 1 コマ	× 8 回
	(5)	化学概論 (分担)	後期 1 コマ	× 5 回
	(6)	化学実験 II (分担)	後期 2 コマ	× 24 回
	(7)	化学実験 (分担)	後期 2 コマ	× 5 回
	(8)	特別研究		
(博士前期)	(9)	物性物理化学特論 (分担)	前期 1 コマ	× 4 回
	(10)	物理化学 II (分担)	前期 1 コマ	× 4 回
	(11)	論文講究 I, II		
	(12)	特定研究 I, II		
授業内容と自己評価				
<p>(1) 将来役に立つテーマを選び、学習を進めた。</p> <p>(2), (3) 化学現象の理解の基礎となる物理化学の基本概念である内部エネルギーやエンタルピーについて講義した。映像を用いて、理解が深まるよう工夫した。学生授業評価総合判断の平均それぞれ 4.48 と 4.48 であった。</p> <p>(4) 自由エネルギー、化学平衡などの解説を行い、小テストに向けた自習学習を促した。成績は小テストとまとめテストを併用して評価した。</p> <p>(5) 物質の性質を理解するための事象を掘り下げ、概念の理解と将来的な応用に繋がるように工夫して講義を行った。</p> <p>(6) 粉末 X 線回折を題材に回折パターンの指数付けソフトや構造解析ソフトを利用し、X 線回折パターンから結晶構造を調べる方法を体験させるとともに、固溶に伴う単位胞のサイズの変化などについての議論を例に教育を行った。</p> <p>(7) 分からないことを何時でも相談できるように配慮し、許される範囲で面接を行い、実験結果を学生と議論する機会を設け、学習効果の向上を図る工夫を行った。</p> <p>(8) B4 生 1 人の教育・研究指導を行った。単位取得の関係で卒業させることはできなかったが、特別研究をまとめさせ、卒業研究としてしっかり発表させることができた。</p> <p>(9) 熱量測定の原理と測定で得られるデータについて講義を行い、実際のデータを用いた課題を課し、学生が自分で取り組むことによって授業内容への理解度が向上するとともにそれらを利用した実際の研究への応用も可能であるよう工夫した。</p> <p>(10) X 線の散乱現象に関わる基礎を直感的な理解も進むように講義するとともに、構造解析に必要な知識とその利用法を授業および課題を通して教育を行った。</p> <p>(11) 将来を見据えたテーマを選び、教育を行った。</p> <p>(12) M2 生 2 名の教育・研究指導を行った。1 名は精神面の問題で修学が進まず、学位を取得させることができなかったが、1 名はしっかりと研究を進めさせ、修了させることができた。</p>				
その他の特記事項				

担当授業科目等			
(全学共通) (学部)	(1) 化学 B (分担)	第 3 Q	1 コマ × 4 回
	(2) 化学反応論 I	第 1 Q	1 コマ × 8 回
	(3) 化学熱力学 II-1	第 1 Q	1 コマ × 8 回
	(4) 化学熱力学 IV-1 (分担)	第 1 Q	1 コマ × 8 回
	(5) 化学熱力学 II-2	第 2 Q	1 コマ × 8 回
	(6) 化学実験 II (分担)	後期	2 コマ × 6 回
	(7) 特別研究		
(博士前期)	(8) 物理化学 I (分担) I	後期	1 コマ × 5 回
	(9) 反応化学特論 I (分担)	前期	1 コマ × 5 回
	(10) 論文講究 I、II		
(博士後期)	(11) 特定研究 I、II		
	(博士後期) 開講なし		
授業内容と自己評価			
<p>(1) 生活の化学に関連する基礎的事項を講義した。レポート課題を課した。</p> <p>(2) 化学反応の速度論的な取り扱いについて授業を行った。レポート提出を4回程度課した。中間試験にて理解度をみて総合成績を評価した。授業に対する満足度と学習内容の理解度が高い。試験の結果もおおむね良好であった。</p> <p>(3) 2年次を対象にエントロピーの復習を丹念に行い、ギブズ自由エネルギーや、相平衡、平衡についての熱力学的事項の講義を行った。エントロピー効果が、相転移や、混合平衡、化学平衡に重要な役割を果たすことを丁寧に説明した。さらにこの概念を量子論に基づく分子論的描像に結びつけ、分配関数を用いる統計論的描像への橋渡しを行った。小テストの集計と期末考査の点数で成績評価した。</p> <p>(4) 統計力学の導入により、様々なマクロ量である熱力学性質とミクロな量子力学的エネルギー準位をつなげるための基礎的な事項について、丁寧に説明した。分配関数を用いる統計論的描像を導入し、内部エネルギーとエントロピーの概念を理解させた。小テストの集計と期末考査の点数で成績評価した。</p> <p>(5) 2年次を対象に相図、混合物と活量、化学平衡について講義を行った。小テストの集計と期末考査の点数で成績評価した。</p> <p>(6) 蛍光寿命測定による振動子強度の決定を学生実験室にて行った。光の吸収と放出の量子論的性質について、および遷移双極子モーメントと電子軌道との関連について、レポートにまとめさせた。理解度はおおむね良好であった。</p> <p>(9, 10) 学部生2名、博士前期課程4名を主任指導した。研究相談会・雑誌会を毎週行い、随時測定や解析など研究活動について指導に当たった。</p> <p>(7) 大学院生向けに、磁気共鳴分光法の原理を修得させスペクトルの持つ情報を理解することを目指し、量子化学に基づく講義と演習を行った。</p> <p>(8) 大学院生向けに、速度論的な化学反応の理解をさらに深めるため、反応の動力学的側面として電子移動反応理論と電子的相互作用について概説した。</p>			
その他の特記事項			
<p>講義は対面・オンラインハイブリッド型で行い、その動画をBeefにアップし、学生の自習活動による復習に活用してもらった。</p>			

担当授業科目等				
(学部)	(1) 高度教養セミナー理学部	第1Q	1コマ	× 8回
	(2) 初年次セミナー	第1Q	1コマ	× 1回
	(3) 高度教養セミナー理学部化学入門	後期	1コマ	× 1回
	(4) 化学反応論2	第2Q	1コマ	× 8回
	(5) 化学実験 II (分担)	後期	2コマ	× 24回
	(6) 化学熱力学 III	後期	1コマ	× 8回
	(7) 特別研究			
(博士前期)	(8) 物理化学 I (分担)	後期	1コマ	× 5回
	(9) 論文講究 I, II			
	(10) 特定研究 I, II			
授業内容と自己評価				
<p>(1) 単一分子蛍光法に関する外国語教科書を教材として用い、関連する光物理および光化学に関する基礎的な理解を深めることを目的に、解説と討論を行った。重要な概念や原理について補足説明を加えるとともに、学生同士の活発な議論を促すことで、理解の深化と主体的な学びを支援した。</p> <p>(2,3) 光エネルギー変換など、研究室での研究テーマ等に関する紹介を行った。</p> <p>(4) 拡散律速・活性化律速反応、遷移状態理論、光化学反応、触媒反応に関する基礎的事項について対面で講義した。出席状況、小テストにて理解度をみて総合成績を評価した。学生の受講態度は良好であった。</p> <p>(5) 電気化学的手法を用いた電子移動反応の観測および解析を行った。測定原理と電子移動反応理論についての解説を行ったあと、実験を行った。学生の意欲、理解度はともに良好であった。</p> <p>(6) 化学熱力学の講義を対面で行った。講義内容の理解を深めるため、授業中に演習問題を取り入れ、学生一人ひとりの理解度をその場で確認しながら、適宜補足説明を行った。加えて、毎回小テストを行うことで、学生のつまづきやすい箇所を早期に解消するよう努めた。扱った内容は気体の分子運動論、エンタルピー、エントロピーなどである。学生の受講態度、理解度は概ね良好であった。</p> <p>(7,9,10) 学部学生2名、大学院修士学生5名、博士学生2名を主任指導した。研究報告会および雑誌会を毎週開催し、研究の進捗や最新の知見について議論を深めるとともに、測定や解析といった日常的な研究活動に対しても随時指導を行った。これに加え、学会発表にも積極的に取り組む姿勢が見られ、発表準備を通じて論理的思考力やプレゼンテーション能力が大きく向上した。</p> <p>(8) 分子の光吸収および蛍光、励起分子の反応と緩和、光化学反応などに関して理解を深めるための授業を対面で行った。試験にて理解度をみて成績を評価した。学生の受講態度、試験の結果はともに良好であった。</p>				
その他の特記事項				

担当授業科目等					
(全学共通)	(1)	化学実験 1 (分担)	第 3Q	2 コマ ×	3 回
(学部)	(2)	無機化学 I-1, I-2	第 3Q, 4Q	1 コマ ×	1 5 回
	(3)	分析化学 II-2 (分担)	第 3Q, 4Q	1 コマ ×	3 回
	(4)	無機化学 VI-1 (分担)	第 3Q	1 コマ ×	2 回
	(5)	無機化学基礎 2 (分担)	第 1Q	1 コマ ×	5.5 回
	(6)	化学実験 I (分担)	第 1Q	2 コマ ×	2 4 回
	(7)	特別研究			
(博士前期)	(8)	無機化学 I (分担)	前期	1 コマ ×	7.5 回
	(9)	論文講究 I, II			
	(10)	特定研究 I, II			
授業内容と自己評価					
<p>(1) 化学実験 1 (分担) : 定性分析等の実験を、安全に十分配慮しつつ指導した。</p> <p>(2) 無機化学 I-1, I-2 : 指定教科書に沿って無機化学の基礎 (原子、電子配置、結合、固体) について計画的に講義を行った。演習課題をまじえつつ講義を進め、定着率、学習意欲はかなり良好だった。</p> <p>(3) 分析化学 II-2 (分担) : 機器分析のうち、主に磁気測定および熱測定について講義を行った。学習状況も良好であり、教育効果は高かったものとする。</p> <p>(4) 無機化学 VI-1 (分担) : 金属錯体の構造・物性およびイオン液体等の性質に関して講義した。履修者の学習状況は、ほぼ例年通りであった。</p> <p>(5) 無機化学基礎 2 (分担) : 分析化学に関する基礎的事項について、演習課題をまじえつつ解説した。提出された課題等からみて、学生の理解度も概ね高く、良好な講義ができたと思う。</p> <p>(6) 化学実験 I (分担) : 合成実験に加え、測定実験として、磁化率およびソルバトクロミズムの実験を担当した。学生の取り組み状況には個人差がみられたが、教育効果は概ね良好だったと思う。ただし、今年度も事前予習・予習課題への取り組みを行っていない学生が比較的多かった。この点は課題であり、次年度は事前確認等の対策を行うことが必要と思われる。</p> <p>(8) 無機化学 I : 遷移金属各論および有機金属の基礎について、指定教科書を利用しながら講義した。広範な題材を扱ったが、課題等の状況も概ね良く、教育効果も良好と考えられる。</p> <p>(9) 論文講究 I, II : 最新の研究トピックスに関する論文の読解を行った。全員が月に 1 回程度担当するよう計画的に進行し、有意義な内容とすることができた。</p> <p>(7, 10) 特別研究・特定研究 : B4(1 名)、M1(1 名)、M2(2 名)の研究指導を行った。研究への取り組み状況にも問題はなく、良好な指導が行えた。</p>					
その他の特記事項					
<p>以上に加え、初年次セミナーおよび高度教養セミナー理学部化学入門を分担した。このほかに、「化学実験入門」を開講し、1 年生 4 名を受け入れ、イオン液体の基礎と応用に関する実験を指導した。しかしながら、昨年とは異なり、学生の取り組み状況が必ずしも良好ではなかったことから、実施方法の検討が必要と考えている。</p>					

担当授業科目等				
(全学共通)	(1)	基礎無機化学 1, 2	1Q, 2Q	1コマ × 15回
(学部)	(2)	化学実験 I (分担)	前期	2コマ × 24回
	(3)	固体化学	前期	2コマ × 15回
	(4)	分析化学 II-1 (分担)	後期	1コマ × 3回
	(5)	特別研究		
(博士前期)	(6)	無機・分析化学特論 1	3Q	1コマ × 7回
	(7)	論文講究 I, II		
	(8)	特定研究 I, II		
授業内容と自己評価				
<p>(1) 基礎無機化学 1, 2: 無機化学の基礎について、理学部の化学科以外の学生向けに講義を行った。受講者が多様な学科に属していることを鑑み、化学の他分野の研究との関連についても意識しながら講義を行った。</p> <p>(2) 化学実験 I (分担): これまで、無機化学合成実験は、各自が計画を立てて合成を行う方法を採用していたが、昨年度から、確実に期限内の終わらせるために、その日その日の合成手順を指定して合成を行わせるようにした。予備日も設定し、余裕をもってスケジュールを組んだことにより、おおむね順調に合成実験が完了したと思われる。</p> <p>(3) 固体化学: 固体中の電子状態の計算手法 (自由電子近似と強束縛近似) の基礎を講義した。本講義の目的は、フェルミ粒子の統計力学についての基礎知識を得ることであるが、理解の手助けのため、古典的粒子の統計力学的考えについても講義した。特に、フェルミ分布関数を導出する際には、その過程がよくわかるよう丁寧に講義するよう心がけた。講義の後半では、強束縛近似およびブロッホの定理を用いて、半導体中の電子状態を計算する手法に浮いてについて詳しく講義した。また、p-n 接合によるダイオードの発現機構についても説明した。</p> <p>(4) 分析化学 II-1 (分担): 本講義では、X線の回折現象を逆格子空間の観点から説明した。演習であることを考慮して、学生自身に作図の課題を多く課した。</p> <p>(5) 特別研究: 2名の研究指導を行った。1名は廃プラスチックから黒鉛を製造する手法を開発する研究、もう1名は窒化ホウ素の合成とその触媒活性に関する研究を行った。</p> <p>(6) 無機・分析化学特論 1: 光と物質の相互作用について講義した。英文の原著 (Laudon, The Quantum Theory of Light) を購読する形で講義を進めた。テキスト購読だけでは理解しにくい点に関しては、詳しく説明するように心がけた。履修学生の意識は高く、十分な教育効果は得られたと思う。</p> <p>(7) 特定研究 I, II: M1 (2名), M2 (2名) の研究指導を行った。M2 の2名のうち、1名は黒鉛の化学剥離手法とその剥離膜の構造に関する研究、もう1名は窒化ホウ素の合成とその発光特性に関する研究を行った。M1 の2名のうち、1名は活性炭から黒鉛を製造する手法を開発する研究、もう1名は高結晶性窒化ホウ素の合成とその触媒活性に関する研究を行った。</p> <p>(8) 論文講究 I, II: 最近の原著論文や英文の教科書を M1 (2名), M2 (2名) とともに輪読形式で講究した。英文の教科書として、H. Ibach&H. Luth 著の <i>Solid State Physics: An Introduction to Principles of Materials Science</i> を選び、特に固体の熱的性質、力学的性質の章に焦点をあてて輪読を行った。原著論文購読は一人当たり5報程度の論文紹介を課した。</p>				
その他の特記事項				

担当授業科目等		
(全学共通)	(1) 化学実験 1・2 (分担)	3Q, 4Q 2コマ×10回
(学部)	(2) 無機化学基礎 1	1Q 1コマ×7.5回
	(3) 無機化学III-1・2	3Q, 4Q 1コマ×15回
	(4) 分析化学 II (分担)	後期 1コマ×3回
	(5) 無機機能化学 1 (分担)	3Q 1コマ×6回
	(6) 化学実験 I (分担)	前期 2コマ×10回
	(7) 特別研究	
	(博士前期)	(8) 無機化学 I (分担)
	(9) 論文考究 I、II	
	(10) 特定研究 I、II	
授業内容と自己評価		
<p>(1) 例年通りの実験内容をすべて対面で実施した。実験ノートとレポートの書き方について初回に説明し、今年度初めて実験後のノートチェックを実施するようにした。時間はかかるものの、レポートを見る限り、教育効果があると感じた。</p> <p>(2) 原子の構成から、原子軌道、分子軌道、錯体の性質について、電子の振る舞いとエネルギーの概念で説明されることを講義した。学生自身に作図や計算をってもらう課題を毎回課し、次の講義で解説するようにした。学生の理解度を高めるよう内容を更新し、学生の理解は向上しているように感じている。</p> <p>(3) III-1 では結晶の対称性と X線構造解析、III-2 では固体の構造と熱力学的取り扱い、強束縛近似によるバンド構造の基礎を講義した。BEEF 上で小テストを課し、授業内容を確認できるように工夫した。この形式は学生にも好評である。</p> <p>(4) 走査型電子顕微鏡、X線の発生、X線蛍光スペクトル、X線吸収スペクトルの原理に関する講義を行った。化学実験 1 の内容ではないが、取り扱われる実験との関連を示しながら講義を行った。</p> <p>(5) 固体物質の示す機能性 (伝導性、磁性、誘電性) の基礎とそれぞれの関連に関して対面講義を行った。具体的な研究例、応用例、またノーベル賞との関連などを数多く取り上げ、内容も更新した。基礎的な事項を毎回小テストで確認した。</p> <p>(6) 錯体の合成と ESR を担当した。実験手順それぞれで何が起きているか自ら考え予想しながら操作することの重要性を指導した。ESR については基礎的な原理を中心に解説した。</p> <p>(7) : B4 (2名) の単結晶 X線構造解析に関する英語テキストの輪読、研究指導・論文講読を行った。</p> <p>(8) 単結晶 X線構造解析の原理、固体バンド構造とバンド構造から得られるパラメータの導出、磁性の導出について講義した。関連原著論文を理解できるよう具体例を盛り込むよう工夫した。</p> <p>(9) (10) : M1 (2名) と M2 (2名) の研究指導・論文講読を行った。学会で4件の口頭発表、2件のポスター発表につながった。研究を自ら深堀していくことを指導していく必要性を感じている。</p>		
その他の特記事項 :		

担当授業科目等	
(全学共通)	(1) 化学 D 後期 1 コマ × 7. 5 回
(学部)	(2) 化学実験 I (分担) 前期 2 コマ × 2 4 回
	(3) 溶液化学-1, -2 前期 1 コマ × 1 5 回
	(4) 分析化学 II (分担) 後期 1 コマ × 3 回
	(5) 惑星科学科化学概論 後期 1 コマ × 5 回
	(6) 特別研究
(博士前期)	(7) 無機化学 II (分担) 後期 1 コマ × 7. 5 回
	(8) 溶液化学特論 (分担) 前期 1 コマ × 7. 5 回
	(9) 論文講究 I、II
	(10) 特定研究 I、II
授業内容と自己評価	
<p>(1) 化学 D 内容はほぼ例年通り行った。1. 化学だけでなく広く 20 世紀の科学の発展と今後近未来の進展について講義した。2. 水の異常性について講義した。3. 光と分子の相互作用に関する話題を講義した。ほぼ、毎回、小レポートの課題を出して、各自で調べまとめるようにしている。マイクロプラスチック、メタンハイドレート、植物工場など、化学に関する時事問題を取りあげ、化学の視点から議論を行うという課題を出している。コロナウイルスと関係のある話題も提供した。</p> <p>(2) 化学実験 I : 担当している「dd 吸収」は、これまで期間中 5 班で行っていたが、2022 年度からそれを 3 班にした。そのため、1 班が 6~7 名から、11~12 名と増えた。これにより化学実験の時間中に測定したスペクトルの解析 (定規を用いて吸収極大波長とモル吸光係数を求める) を行うことができ、その結果を全員が共有した。そのため、レポートの作成にあたっては、考察により多くの時間を割くことができるようになった。一方、実際に吸光光度計を操作する機会が減ってしまったため、TA が配慮し、全員が装置の操作を実施できるようにした。</p> <p>(3) 溶液化学-1, -2 : 講義内容は、例年通り行なった。演習、宿題は毎年、新しいものをたすようにしている。</p> <p>(4) 分析化学 II : ほぼ例年通り行なった。</p> <p>(5) 惑星科学科化学概論 : 二回目の講義であり、溶液内反応を中心に講義を行っているが、酸塩基反応、酸化還元反応に加えて沈殿反応についても講義を行った。</p> <p>(6) 特別研究 : ほぼ例年通り行なった。</p> <p>(7) 無機化学 II : 対面で行った。ほぼ例年通り行なった。</p> <p>(8) 溶液化学特論 : 液体の統計力学と液体の動力学、反応動力学について講義した。特に反応動力学については電子移動について触れ、実際の電子移動の研究を紹介した。</p> <p>(9) 論文講究 I、II、(10) 特定研究 I、II : ほぼ例年通り行った。</p>	
その他の特記事項	
<p>上記講義の他に、大学院生向けの学部生・大学院生向けのプレミアムプログラムレクチャーについても、外国人講師への依頼、シラバスの入力、日程調整、成績入力などを行った。人間発達環境学研究科と行っているプログラム教育コース「環境・化学プログラム教育コース」について理学研究科側の世話人を担当している。</p>	

担当授業科目等	
(全学共通)	(1) 化学実験 1 (分担) 3 Q 2 コマ × 3 回
(学部)	(2) 無機化学 II-1, II-2 前期 1 コマ × 1 5 回
	(3) 化学実験 I (分担) 前期 2 コマ × 2 4 回
	(4) 分析化学 II (分担) 3 Q 1 コマ × 3 回
	(5) 無機化学 IV-2 4 Q 1 コマ × 7. 5 回
	(6) 特別研究
(博士前期)	(7) 先端融合科学特論 (分担) 前期 1 コマ × 2 回
	(8) 無機化学 II (分担) 後期 1 コマ × 7. 5 回
	(9) 論文講究 I, II
	(10) 特定研究 I, II
(博士後期)	(11) 特定研究
授業内容と自己評価	
<p>(1) 化学実験 1 : 入学後、早めの時期 (1 年次後期、等) に実験を体験する方が効果的であるように思われる。</p> <p>(2) 無機化学 II-1, II-2 : シュライバー&アトキンス著・無機化学第 4 版の第 2 章 (分子構造と結合), 7 章 (分子の対称性), 19 章 (d 金属錯体) についての講義を行った。予習・復習について具体的に指示をした。</p> <p>(3) 化学実験 I : 特に、金属錯体の吸収スペクトル測定および解析を担当した。解析には各自のコンピューターを用いた。不慣れな学生も多かったが、SA と TA の協力により、コンピューターを使った解析方法について学生の理解度を高めることができた。希望者に対して、提出されたレポートについて個別にコメント・議論をする日を設けた。参加者に好評であったため、次年度も実施する予定である。</p> <p>(4) 分析化学 II : 電子スペクトル、光電子スペクトルを担当した。無機化学 II-1, II-2 (2 年次前期) と化学実験 I (3 年次前期) の内容を補完し、理解を深めることができた。</p> <p>(5) 無機化学 IV-2 : 生物無機化学の基礎について、光合成反応を題材にして講義を行った。各自のコンピューターを使い、色素タンパク質複合体の構造と金属の配置を確認させた。立体構造の理解が必要な内容について、配布資料のみの講義よりも理解が深まったように思われる。</p> <p>(6) 特別研究 : 研究室配属された 4 回生に対し研究指導を行った。</p> <p>(7) 先端融合科学特論 : 様々な超高速過蛍光分光法について紹介をした後、測定例をもとに生体系で見られる超高速エネルギー移動について解説を行った。</p> <p>(8) 無機化学 II : シュライバー・アトキンス・無機化学第 6 版第 26 章 (生物無機化学) についての講義を行った。各受講生に質問を与えながら講義を進め、理解を深めた。</p> <p>(9) 論文講究 I, II : 論文を選び詳細に内容を報告させる他に、年月を指定しその期間中に公開された、研究室に関連する論文を調査し概要を報告させた。</p> <p>(10) 特定研究 I, II : ほぼ例年通りに研究指導を行った。</p> <p>(11) 特定研究 : 留学生 1 名を指導した。</p>	

担当授業科目等			
(学部)	(1) 化学実験 (分担)	前期	2コマ × 4回
	(2) 特別研究	通年	
(博士前期)	(3) 有機化学 I	前期	1コマ × 15回
	(4) 隔年有機化学	後期	1コマ × 5回
	(5) 論文講究 I、II		
	(6) 特定研究 I、II		
授業内容と自己評価			
<p>(1) 学生実験は新型コロナ以前のカリキュラムに戻した。</p> <p>(2) 特別研究は卒研究生 (2名) の研究指導を行った。特別研究のタイトルは 1,2-エポキシ-3,6-ジメチリデンシクロヘキサンの合成およびインドール前駆体ニトロンをを用いた 1,3-双極子環化付加反応による三環式化合物の合成、であった。</p> <p>(3) 遷移金属錯体を触媒に用いた有機合成反応を中心に講義を行った。留学生が複数受講したため、資料は基本的に英語、使用言語も基本英語で行った。</p> <p>(4) 隔年開講の有機化学 Woodward, Kish らによる全合成研究を扱った。</p> <p>(5)(6) M1 (2名: 内1名は留学生)、M2 (2名: 内1名は留学生) の研究指導を行った。論文講究はすべて対面で行なった。成績評価基準もあらかじめ明示し、その基準に基づいて厳格な成績をつけた。教務学生係に成績を提出する前に、学生個々人に成績を開示し、不服申し立ての期間も設け、納得した上で成績を提出した。実際には不服申し立てはなかった。特定研究のタイトルは、Regiodivergent desymmetrization of meso-epoxycyclohexene and asymmetric synthesis of catechins および Pd/C-エチレン系を用いたピリジルフェノール、ピリジルアニリンおよびカルバゾールの合成、であった。</p>			
その他の特記事項			

担当授業科目等		
(全学共通) (学部)	(1) 基礎有機化学 1, 2	第 1、2 Q 1 コマ × 1 5 回
	(2) 化学実験 I (分担)	前期 2 コマ × 1 3 回
	(3) 有機化学基礎 1, 2	第 1、2 Q 1 コマ × 1 5 回
	(4) 有機化学演習	前期 1 コマ × 1 5 回
	(5) 有機化学 I-1, I-2	第 3、4 Q 1 コマ × 1 5 回
	(6) 初年次セミナー (分担)	第 1 Q 0.3 コマ × 1 回
	(7) 高度教養セミナー理学部化学入門	第 3 Q 0.3 コマ × 1 回
	(8) 高度教養セミナー理学部 (化学)	前期 1 コマ × 1 5 回
	(9) 特別研究	
(博士前期)	(10) 論文講究 I、II	
	(11) 特定研究 I、II	
(博士後期)	(12) 有機化学特論 (分担)	後期 1 コマ × 5 回
	(13) 特定研究	
	(14) 有機化学特論 I	前期 1 コマ × 1 5 回
授業内容と自己評価		
<p>(1) 有機化学を理解するに当たり、基本的となる知識を講義した。教科書を指定し、パワーポイントを用いた講義を行った。また、昨年度と同様、重要な部分をより詳しくし、教科書を読めば理解できる部分は講義中にその都度ページ番号を指定することで講義時間に無駄が生じないようにメリハリをつけた。学生から高い評価を受けベストティーチャー賞を授与されており、現状で授業方法に特段問題はないと考えている。</p> <p>(2) 有機化学の実験操作の基礎となる、合成、単離、同定などを詳しく説明した。実験ノートの書き方も詳しく指導し学生に研究者としての基礎を学習させた。</p> <p>(3) 有機化学を学ぶ上で重要な分子軌道の考え方、酸性度、異性体に関する箇所を重点的に講義した。酸性度に関しては酸塩基反応に限らず今後の有機反応全般の理解に関わってくるので、覚えるのではなく理解するように指導した。残念ながら単位を落とす学生が予想以上に多かった。学習範囲が広くとまどった学生が多かったと考えている。次年度では日々の学習を大切にしよう伝えていく。</p> <p>(4) 今年度も昨年度と同様、前半に NMR 分光法の基礎と解析練習を行い、後半では簡単な分子の逆合成解析の方法を説明した。NMR 分光法に関しては例年通り多くの学生が理解を深め、簡便な NMR スペクトルであれば化合物を同定できるに至った。逆合成解析では、反応機構よりも方法論の理解に重点を置いて説明したため、有機合成の魅力を伝達できたと考えている。本講義では 2 年生までの有機化学の講義内容が基盤となるため早めに復習を促す必要があると考えている。</p> <p>(5) 昨年度と同様に、有機化学の基礎となる求核置換反応などが授業内容であった。内容が非常に多く、駆け足的に授業を進めざるを得ない講義であるが、大事な点を重点的に指導しシラバスの内容は網羅できたと考えている。授業評価アンケートの総合評価は 4.70 であったが、有機化学基礎の講義と同様、単位を</p>		

落とす学生が多かった。各講義の終了時、その日に教科書の中でどの範囲を扱ったかを丁寧に説明したほうがよいかもしれない。

- (6) 教員持ち回りのオムニバス形式の講義であった。最先端の研究について講義した。
- (7) 教員持ち回りのオムニバス形式で研究室の最先端研究について講義した。
- (8) 研究室の学生1名に対して、英語で記述された論文を読みそれに対して議論または発表を行う講義を行った。
- (9), (10), (11), (13) 卒研究生 1名、M1 2名、M2 2名、D1 2名、D2 1名、D3 1名の研究指導を行った。セミナーは、学生に研究に対して幅広い興味を与えることを目指した。研究活動に関して、目標はほぼ達成することができた。学生に英語の文献を積極的に読解させ、有機化学の最先端を学ばせるように努めた。
- (12) 有機化学において重要となる構造解析手法についてパワーポイントのスライドを用いて講義を行った。普段使用している装置を完全に理解しないで使用している学生が見られたためそのような内容の講義を行うこととした。結果的に深い理解を与えることができたと思われ、普段の研究の質の向上にもつながったと考えている。
- (14) 全合成の論文を用い、中間体や反応機構を問う問題を出題し、それに対する解答の添削と関連事項の講義を行った。反応機構に関する問は知識を問うものではなく、理論的に考えることで解答が導き出せる出題を行った。二名の学生が受講したが、学生自身の研究にも生かせる知見を与えることができたと考えている。

その他の特記事項

担当授業科目等	
(全学共通)	(1) 化学C (教養原論・分担) 3Q 1コマ × 4回
(学部)	(2) 生物化学Ⅱ 前期 1コマ × 15回
	(3) 化学実験Ⅱ (生物化学分野・分担) 後期 2コマ × 15回
	(4) 初年次セミナー (分担) 1Q 0.3コマ × 1回
	(5) 高度教養セミナー理学部化学入門(分担) 3Q 0.3コマ × 1回
	(6) 高度教養セミナー理学部(化学) 前期 1コマ × 15回
	(7) 特別研究
(博士前期)	(8) 有機化学Ⅱ (分担) 後期 1コマ × 5回
	(9) 論文講究Ⅰ、Ⅱ
	(10) 特定研究Ⅰ、Ⅱ
(博士後期)	(11) 特定研究
授業内容と自己評価	
<p>(1) 全学共通・すべて対面で授業を行った。文科系学部の学生が履修し、内容はDNAからタンパク質に至るまでの生物化学分野の基本を講義したものである。毎回小レポートと質問を課し、次授業で丁寧に回答解説する工夫をした。元々興味を持つ学生が少ない中、アンケートの総合判断の平均は5.0であり、昨年度の3.6、一昨年度の4.0、二年前の3.3より向上したが、回答者が1名のみであり、統計的にその解釈は困難である。</p> <p>(2) セメスター制で、前半はタンパク質の構造、後半では機能および酵素反応についての講義を行った。教科書ヴォート「基礎生化学」の該当部分を中心に、構造および酵素については教科書よりも詳細でレベルの高い内容も取り入れた。アンケートの「総合評価」は、は4.89であり、昨年度の4.89と同一、一昨年度の4.67、二年前の4.52からは向上しており、引き続き好評であった(回等者9名)。アンケートの記述で「黒板の板書が見にくい」とのコメントがあり、赤と青の使い方に工夫が必要であったようだ。成績評価は、毎回BEEFで出題している授業後の復習課題、および期末テストで行った。</p> <p>(3) 未知の生体分子試料を多数渡し、生化学的実験および物理化学的測定によって、どの分子であるか推測して当てるという「生体分子クイズ」形式で実験を行っている。今年も一部の測定実験をyoutube動画で配信し、実験データを渡して解析してもらったこととした。未知の発見という興味を引き立てるテーマであり、意欲的なレポートも散見された。</p> <p>(4) 初年次セミナーにおいて、新入生対象に研究紹介を行った。</p> <p>(5) 3回生対象に、研究室紹介を行うとともに、関連して2024年ノーベル化学賞を受賞した、AIを用いたタンパク質構造予測プログラムについての紹介を行った。</p> <p>(6) 学術誌の英語論文の輪読会を開催し、読み方と内容の議論を行った。</p> <p>(7) 4回生2名の研究指導を行った。</p> <p>(8) 核磁気共鳴(NMR)法の原理とタンパク質構造研究への応用について担当した。大学院の講義は興味のある学生が主体となるため、高いレベルの講義を行っているが、それでも理解できている学生が相当数いた。アンケートの総合評価で4.67(回答</p>	

者9名)であった。

(9) 英語による学術論文を選び、学生が紹介発表する際に、内容の論理的理解、英文の解釈法などを個々に懇切丁寧に指導した。

(10) M1 (2名)、M22名)の研究指導を行い、修士2名が学位を得て卒業に至った。各人の興味を生かしてタンパク質デザインに関する研究テーマを設定し、詳細な測定解析と併せて研究を進展させた。

(11) 博士後期課程の学生1名について研究指導を行い、機能性ペプチドのデザインについての指導を行った。

その他の特記事項：

担当授業科目等		
(全学共通)	(1) 化学実験2 (分担)	4Q 2コマ × 4回
(学部)	(2) 初年次セミナー (分担)	1Q 0.3 コマ × 1 回
	(3) 生物化学 I-1	3Q 1 コマ × 7.5 回
	(4) 生物化学 III-2	4Q 1 コマ × 7.5 回
	(5) 化学実験 II (分担)	後期 2 コマ × 15 回
	(6) 理学グローバルチャレンジプロ グラム UPLB コース)	4Q 2 コマ × 5 回 +7 日間帯同
	(7) 高度教養セミナー理学部化学入門 (分担)	3Q 0.3 コマ × 1 回
	(8) 高度教養セミナー理学部 (化学)	前期 1 コマ × 15 回
	(9) 特別研究	
(博士前期)	(10) 有機化学 II (分担)	後期 1 コマ × 5 回
	(11) 論文講究 I, II	
	(12) 特定研究 I, II	
授業内容と自己評価		
<p>(1) 錯塩の合成、中和滴定、pH滴定を担当した。例年と同様に、冒頭に原理や基本操作の説明を行うことで、実験入門を安全かつスムーズに行えるようにした。また近年、教科書の電子化のためか実験ノートを書く習慣が定着していない傾向がある。そこで担当教員が事前に協議し、紙媒体の実験ノートを取るよう指導し、ノートチェックを行った。</p> <p>(2) 研究テーマとして注目しているタンパク質の自己集合反応について身近な例を交えながら説明し、実際に研究室で行っている研究内容の紹介を行った。</p> <p>(3) 「ヴォート基礎生化学第5版」を教科書に用いており、アミノ酸、タンパク質、脂質、小分子の膜輸送、糖を扱った。2024年度も演習形式の確認と数回の課題提供を行ったほか、課題提出時に受けた質問には個別に回答し、最終回に、期末試験を行うことで理解度を確認した。</p> <p>(4) 「ヴォート基礎生化学第5版」を教科書に用いており、転写、翻訳、翻訳後修飾、遺伝子発現の調節を扱った。生物化学I-1と同様に、途中で数回の課題と質問の受け付けを行い、最終回に期末試験を行うことで理解度を確認した。</p> <p>(5) HRP活性測定、Mb実験、PCR実験を実施し、生物化学分野で用いる基礎操作の習得をはかった。TA、SAの協力を得ることで効率的かつ目の行き届いた実験を実施することができた。出席状況とレポートの提出状況は良かったが、一部にデータに関する論述が未熟なレポートが見られたため、来年度は執筆方法の指導を行いたい。</p> <p>(6) グローバルチャレンジ実習（理学UPLBコース）は、農学部と合同の形で実施している。理学部からは3名の参加者があり、農学部の参加者27名と共に実施した。事前学修4回で準備を整え、フィリピン大学ロスバニョス校での現地実習を3週間実施し（教員が分担して帯同）、その後事後学修1回で振り返りを行った。授業に加え、授業後の現地の大学生との交流、さらに夕食後のセッションを通して英語でのプレゼンやコミュニケーション力向上を促進した。また、植物園やUPLB内の研究室、マニラ観光などを通して海外でのキャンパスライフや歴史文化にも触れる機会も持てる充実したプログラム内容となった。</p> <p>(7) 研究室配属に先立ち、研究室で行う研究の目的や概要の紹介を行った。</p> <p>(8) 4回生2名とともに輪読会を開催し、英語論文の読み方と研究室内で行われている研究に関する基礎事項の解説を行った。</p> <p>(9) 4回生2名の研究指導を行った。1年間にわたり実験指導を行い、最終成果を特別研究発表会で発表した。日常的な打合せをベースに、週に1回のグループ内ミーティングと1回の合同ゼミも行き、グループ内ミーティングでは、定期的にレジメを作成しプレゼンすることで研究の目的や内容をまとめ、共有する力を養うこ</p>		

<p>とを目指した。合同ゼミは、木村准教授のグループと行い、自身の研究テーマのみならず、タンパク質研究に関する話題に幅広く触れられるようにした。</p> <p>(10)生体内の混雑環境、さらにそこで進行するタンパク質の凝集を回避しながらのフォールディング、さらに凝集が起きた場合の品質管理機構について解説し、タンパク質に関連した専門的かつ時事的な知識や概念を共有した。</p> <p>(11)木村准教授のグループとの合同ゼミ形式で定期的な文献紹介を行った。タンパク質研究の動向や解析技術に関する最新情報を共有するだけでなく、研究室を超えた議論を重視しながら進めた。学生同士の議論も多くなされており、研究の目的やデータの質や意義などを含めた確に捉える訓練にもなったと考えている。</p> <p>(12)個別の実験指導に加え、グループ内ミーティングで毎週進捗状況の共有と議論をしながら研究を進めた。その途中には共同研究も行い、他グループの研究者との交流も行った。学会にも参加し、2023年度は、国内学会で計6件の発表を行った。このほか、M1の学生1名が研究経過発表会での発表を行い、M2の学生1名が最終成果を2月に修士論文としてまとめ発表した。</p>
<p>その他の特記事項</p>

担当授業科目等				
(全学共通) (学部)	(1) 初年次セミナー (分担)	1 Q	0.3コマ × 1回	
	(2) 分析化学 I-1, I-2	3, 4 Q		
	(3) 生物化学 I-2	4 Q	1コマ × 8回	
	(4) 生物化学III-1	3 Q	1コマ × 8回	
	(5) 化学実験II (分担)	後期	2コマ × 15回	
	(6) 高度教養セミナー理学部化学入門 (分担)	3 Q	0.3コマ × 1回	
	(7) 高度教養セミナー理学部 (化学)	前期	1コマ × 15回	
	(8) 特別研究			
	(※) 化学実験入門	前期	1コマ × 8回	
	(博士前期)	(9) 有機化学II (分担)	後期	1コマ × 5回
		(10) 先端融合科学特論A(化学) (分担)	1 Q	1コマ × 2回
		(11) 論文講究 I, II		
(博士後期)	(12) 特定研究 I, II			
	開講無し			
授業内容と自己評価				
<p>(1) 対面形式で研究紹介を担当し、生体高分子のダイナミクス研究に関する重要性和実際の研究方法について述べ、現在遂行している研究についての紹介を行った。</p> <p>(2) ハイブリッド形式で講義を行い、I-1とI-2ともに試験による成績評価を行なった。前年度までと同様の内容(化学平衡、酸化還元反応、沈殿生成、データの統計学的取り扱い等)について、単なる式変形だけではなく、化学における変数の持つ意味について理解されたと期待される。</p> <p>(3) ハイブリッド形式で行なった。「ヴォート基礎生化学第5版」を教科書に用いて、第14章/代謝～第19章/光合成を担当した。教科書の内容を理解すると同時に、酵素反応を熱力学に基づいて理解できるように心がけた。7割強の学生が有益であったと判断しており、生命分子化学における物理化学の重要性について理解されたと考えられる。</p> <p>(4) 「ヴォート基礎生化学第5(もしくは4)版」を教科書に用いて、第24章/DNAの構造と第25章/DNAの修復を担当した。教科書の内容を理解すると同時に、最先端の内容も盛り込むことで生物化学の進歩を理解できるように心がけた。また、スライドの図を英語で作成することで、英語と日本語両方を抵抗なく学習できるようにした。8割以上の学生が理解を深め、有益だったと判断しており、生命分子化学の先端研究に関する紹介も含めた発展的授業を進めていきたい。</p> <p>(5) 3年生に生物化学分野の学生実験を行い、脱水素酵素による基質の酸化反応についての速度論的解析を行った。詳細な実験マニュアルを作成し、実験結果の生データを履修学生に配布した。この実験は生物化学的に重要なミカエリス・メンテン型の速度論的解析について習熟できるように実験課題を作成したものであり、紫外・可視吸収分光器およびマイクロプレートリーダーを用いて実験を行い、各測定結果を比較できるようにした。また理解を深めるために、理想的な測定データも同時に提供することで、演習形式の解析課題を設定し、実験レポートの一部として提出させた。また、イオン交換クロマトグラフィーを用いたタンパク質精製について実験を行った。表面電荷の異なる3種類以上のタンパク質の混合溶液を陽イオン交換カラムにアプライし、溶媒のイオン濃度を変化させることで段階的に溶出させ、紫外・可視吸収スペクトル測定によって同定させた。用いるタンパク質を補欠分子族あるいは蛍光発色団を持つものとするすることで、目視でも分離を確認できるよう、学生が興味を持って実験できるように工夫を行った。</p> <p>(6) 4年生進級時の配属希望研究室を選定する際の情報提供を行うため、現在グループで行われている研究の背景と実際の結果についての紹介を行った。</p>				

(7) 英語論文を参考文献として、現在研究グループで行われている研究の背景を解説するとともに、論文の読み方や参考文献の参照方法を説明するために4年生2名と他の研究室構成員 (M1:2名, M2:2名) を含めた輪読会を開催した。それに際して、全員に一週間で読んだ論文の中から一つを選択し、さらに重要な図を抜粋してその重要性を1分程度で説明するようにすることで、論文を読む習慣を身につけ、また著者の提案を裏付ける研究結果を理解するよう促した。

(8), (11), (12) B4:2名, M1:2名, M2:2名の研究指導を行った。グループメンバー全員参加の形式で、研究発表と論文紹介に加え実験の進捗状況報告をグループ内で毎週1-1.5コマ相当行うことで実験結果と実験方針について議論する場を持ち、他の構成員の研究内容についても把握できるように努めた。加えて、週1回のラボセミナーは、茶谷教授のグループと合同で行い、タンパク質研究あるいは種々の分光学的測定に関する幅広い分野に関する知識を習得する機会を提供した。学生間での議論、セミナー等での積極的な発言を促すように心がけた。

(9) 生体分子のみならず分子同士の結合における、平衡定数 (解離定数) および実験的に観察される速度定数の算出方法についての講義 (5回) を行った。式変形だけでなく、実際の実験におけるパラメーターの導出に至るまでの話をするすることで、より実践的な講義になるように心がけた。試験を行うことで理解度について計った。

(10) 最先端の時間分解測定法と原子分解能解析法についての講義を行い、先端科学によって明らかにされる分子間相互作用について学生が理解できるように心がけた。レポートによって、各自の行う研究に対してこれらの測定法がどのような波及効果を持つかについて考察させることで、理解度をはかった。また、COVID-19に関するウイルスの増殖機構と、その原因ウイルスであるSARS-CoV2のスパイクタンパク質やヒト受容体であるACE2受容体についての最新研究を紹介し、ウイルスの感染機構についての生物化学的研究に興味を持てるように心がけた。

その他の特記事項

担当授業科目等	
(学部)	(1) 化学実験 I (分担) 前期 2コマ × 6回 (2) 有機化学 II-1, II-2 前期 1コマ × 16回 (3) 有機化学 III-1, III-2 後期 1コマ × 16回 (4) 有機化学 V 前期 1コマ × 16回 (5) 特別研究
(博士前期)	(6) 特定研究 I、II (7) 論文講究 I、II (8) 有機化学特論 (分担) 後期 1コマ × 5回
(博士後期)	(9) 特定研究 (10) 有機化学特論 I (分担)
授業内容と自己評価	
<p>(1) 化学実験 I：有機化学における物質の合成、精製、同定に関する基本操作の習得を目指した。それぞれの実験で生じる現象を、化学反応から理解できるように説明を行った。</p> <p>(2) 有機化学 II：ボルハルトショアー（上・下）の 14, 15, 16, 22 章の解説を実例を交えて行った。PPT によるスライド形式での講義メリットを活かし、より多くの演習問題を取り入れて、習熟度の向上を図った。</p> <p>(3) 有機化学 III：ボルハルトショアー（下）の 17, 18, 19, 20, 21, 23 章の解説を実例を交えて行った。PPT によるスライド形式での講義メリットを活かし、より多くの演習問題を取り入れて、習熟度の向上を図った。</p> <p>(4) 有機化学 V：(1) 有機工業化学を教科書として、有機化学の原料（石油、天然ガス、石炭）とアウトプット（有機化学産業）について講義を行った。(2) 基礎高分子科学を教科書として、基礎的な高分子化学を解説した。最近の化学産業に関する新聞記事などを取り上げ、日本を代表する化学企業の主力製品について理学的な視点から解説を加えた資料を作成して、動画や写真などを多用して解説を行った。</p> <p>(5)(6)(9) 特別研究：B4（2名）、特定研究：M1（2名）、M2（2名）、D2（1名）の研究指導を行った。当グループと複数の化学系企業との産学共同研究に学生を参画させることによって、基礎研究に加えて、社会における実践的な基礎研究と応用研究、そして国際的および経済的な視点からの研究経験が身につくように教育を行った。当グループが推し進める産学官金共同研究および国際共同研究は、学生の研究能力と学習意欲を向上させ、視野を大きく広げることができ、また研究室に最先端の機器や安全装置などを導入できるメリットがある。また、経済的に研究・教育活動の支援を可能とするため、学生のアクティビティを向上させる効果が観られている。次年度以降もこの方針で教育活動を行う。</p> <p>(7) 論文講究 I、II：定期的な文献紹介を行い、当該研究分野の動向に関する情報共有や議論を行った。また、研究に関連する最近の論文紹介を適宜行い、研究動向の把握を促した。</p> <p>(8) 有機化学特論：分子間力に関する講義とそれに関する実験テクニック、および機器分析の原理と解析について、詳しい説明を交えて講義した。</p> <p>(10) 有機化学特論 I：受講者の研究課題について、本学の他の研究グループとの共同研究の可能性を検討するように促す課題を与えた。</p>	

担当授業科目等			
(全学共通)	無し		
(学部)	無し		
(博士前期)	構造解析学 (分担)	前期 1 コマ	× 5 回
(博士後期)	構造解析学特論 (分担)	前期 1 コマ	× 5 回
授業内容と自己評価			
<p>・結晶学、X線回折法による原理、測定及び構造解析、放射光 X線回折による精密構造解析手法について解説した。また、シンクロトロン放射光の高輝度、高エネルギー X線を用いた精密構造解析により解明された新奇・機能性物質の実例についても解説した。本年度の座学の講義は全て Zoom による遠隔授業であったが、現地授業として SPring-8 の見学を実施することによって、授業で説明した研究に用いた装置を実際に身近に観ることができ、学生も満足していると思われる。</p>			
その他の特記事項			

担当授業科目等			
(全学共通)	無し		
(学部)	無し		
(博士前期)	構造解析学 (分担)	前期 1 コマ	× 5 回
(博士後期)	構造解析学特論 (分担)	前期 1 コマ	× 5 回
授業内容と自己評価			
<p>・構造解析学および構造解析学特論の講義では、放射光発生の考え方や X 線イメージングに関する基本的な説明を行った。上杉が担当する講義は全て Zoom による遠隔授業であったが、受講者からチャットで寄せられる質問に対して、その場で検討し回答をすることで、臨場感のある状態を作り出せたのではないかと考える。受講者からはいくつか質問が寄せられており、講義内容に興味を持ってもらえたと考える。</p> <p>SPring-8 で行った現地授業はビームラインをはじめとした装置見学とその解説に重点を置き実施した。物珍しさもあるせいか、受講者からは多くの質問が出た。現地授業はおおむね成功したのではないかと考える。</p>			
その他の特記事項			

担当授業科目等			
(全学共通)	無し		
(学部)	無し		
(博士前期)	構造解析学 (分担)	前期 1 コマ	× 5 回
(博士後期)	構造解析学特論 (分担)	前期 1 コマ	× 5 回
授業内容と自己評価			
<p>・ X 線吸収分光法、蛍光 X 線分析、X 線顕微鏡について、原理、測定方法および構造解析手法について解説した。また、シンクロトロン放射光の高輝度、高エネルギー X 線を用いた X 線顕微分光法 (X 線吸収分光と X 線顕微鏡の組み合わせ) の最新の研究成果についても解説した。講義ごとに演習問題を用意し、講義内容の理解を深めた。本年度の座学の講義は全て Zoom による遠隔授業であったが、現地授業として大型放射光施設 SPring-8/SACLA の見学も行い、授業で説明した研究に用いた装置を実際に身近に観ることができて、学生も満足していると思われる。</p>			
その他の特記事項			

担当授業科目等			
(全学共通)	無し		
(学部)	無し		
(博士前期)	理論生物化学	前期	1コマ × 11回
(博士後期)	理論生物化学特論	前期	1コマ × 11回
授業内容と自己評価			
<p>・物質科学や生命科学の基礎をなす学問であり材料設計や創薬に重要な役割を果たす量子化学とそのシミュレーションについて講義した。特に、量子化学計算の中心的な役割を担っている分子軌道法を中心に添えて、基本から理解できるように説明した。また、最近の量子化学の計算方法や理論についても講義を行い、実験が主流の化学において量子化学の先端研究がどのように役立つかを学生に伝えることに重点を置き、学生にも理解してもらえたと思う。また、計算科学技術の最先端に触れることを目的に、スーパーコンピュータ「富岳」の施設見学を行った。</p>			
その他の特記事項			

担当授業科目等	
(全学共通)	無し
(学部)	無し
(博士前期)	理論生物化学 前期 1コマ × 2 回
(博士後期)	理論生物化学特論 前期 1コマ × 2 回
授業内容と自己評価	
<p>授業ではまず量子化学の手法 (Hartree-Fock, 密度汎関数法 (DFT), Møller-Plesse t 摂動法など) の計算量と精度のトレードオフについて概説した. 富岳における高並列計算は気相のため, Hartree-Fock-Roothaan 方程式とガウス型基底関数について説明した.</p> <p>次に計算科学について講義した. 量子化学計算ソフトウェアがどのように実装されているかについて, プログラミング言語や数値型 (浮動小数点数) の内部表現, 丸め誤差, オーバーフローなどについて解説した. 量子化学計算は究極的には行列の対角化のため, 線形代数とライブラリー-BLAS/LAPACK, さらに疎行列表現について説明した.</p> <p>最後に富岳における最新の研究, シリコン量子ドットの DFT 計算のベンチマーク, について紹介した.</p> <p>神戸大学化学専攻のカリキュラムについて詳細を把握していないが, 計算科学についてあまり履修していないとのことだったので, その点に重点を置いた. 履修状況や授業アンケートなどのフィードバックがあれば内容を改善できると思われる.</p>	
その他の特記事項	

担当授業科目等			
(全学共通)	無し		
(学部)	無し		
(博士前期)	理論生物化学	前期	1コマ × 2回
(博士後期)	理論生物化学特論	前期	1コマ × 2回
授業内容と自己評価			
<p>当該非常勤講師は1コマ目の冒頭に、自らの研究が究極には化学反応のシミュレーションそして化学反応の設計と制御を目指していることを、そのために電子状態計算方法におけるジレンマを克服せねばならないことを述べた。その上で現行の電子状態計算方法の俯瞰図を示し、その事実上の原点であるハートリー=フォック理論(Hartree-Fock Theory)より順次特徴と問題点を説明した。そして当該非常勤講師が取り組んでいる結合クラスター法(Coupled Cluster Method)の改良によるジレンマ克服の方向性を示した。さらに、量子化学の研究分野の細分化が進んだための難しさを指摘して、基礎研究に携わるにも出口を常に思い描きながら小分野を横断する姿勢が重要との私見を示して1コマ目を終えた。</p> <p>2コマ目ではフェムト秒の時間分解能で化学反応を追跡する実験方法を紹介して、現行の理論と実験の組み合わせでなされている化学反応の素過程の解明の現状を示した。現在は、星間物質で起こっているような小さな孤立分子の光化学反応はおおむねシミュレーションも実験も可能なこと、現実のほとんどの化学反応が行われる溶液系への理論と実験技術の拡張が最先端であることを述べて2コマ目の本題を終えた。残り時間では当該非常勤講師自らの経験をいかして海外研究留学を望む者に向けてノウハウを説明した。</p> <p>量子化学の最先端の研究はそれを専門としない大学院生にとって理解が難しいと思われるが、当該非常勤講師は自らの実験家との共同研究の経験をいかして少なくとも応用研究とのつながりがわかるように講義できたと思われる。また最後の余談は、仮に海外研究留学の望む者が出席者のうちにいれば有用であったと思われる。</p>			
その他の特記事項			

(全学共通)	無し			
(学部)	無し			
(博士前期)	科学英語1,2 (化学専攻)	後期	1コマ	× 15回
	科学英語1,2 (生物学専攻)	後期	1コマ	× 15回
(博士後期)	科学英語1,2 (生物学専攻)	後期	1コマ	× 15回
授業内容と自己評価				
<p>本講義で学生が以下①～⑥を身につけられるように、科学論文というジャンルの語学的側面から捉えるように講義を行った。さらに学生に気付きを促し、気付きから得たことが論文執筆、プレゼンテーションのような課題に実際に適用できるよう指導した。コースが終了するころには大部分の学生が目標を達成しており、学生の本科目におけるモチベーションは高かったようだ。</p> <p>①英語で書かれた資料のサーチ・スキルを身につける。 ②学術論文の定型構成要素を習得する。 ③各自の用途に合った語学データベースが作ることができる。 ④定型構成要素の知識を踏まえ、データベースを用いて論文の執筆、推敲ができる。 ⑤英語で学術プレゼンテーションができる。 ⑥他の学生が書いた英作文を建設的に批判し、また、他の学生からの批判を有効利用できるようになる。</p>				
その他の特記事項				
授業は対面で実施した。				