

フロンティア理工学研究所

研 究 報 告

The Bulletin of Research Institute of Frontier Science and Technology

第 7 号

口 絵	1
赤司治夫：塩酸存在下で生じる $syn\text{-}[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Tp})_2]$ の構造変化	3
小佐野芳寿・中谷達行：スペクトルデータ工学に基づく DLC 膜データ駆動型最適化アプローチの 密着性評価への適用	11
畠山唯達：焼土から得られる高精度古地磁気方位データと岩石磁気的情報	17
佐藤成修・今山武志：北西インド Nidar オフィオライトの角閃石の過剰アルゴン年代	23
牧 祥・初田泰敏・今泉 忠：薬剤耐性緑膿菌に投与した抗生剤別交叉耐性率の 月次変動データの解析	27
矢山峻輔・吉鶴歩実・神吉けい太・岩井良輔：レスベラトロールが骨格筋細胞の凝集塊形成と 凝集塊中の生存率に及ぼす影響	31
猶原順・竹原優衣：高周波誘導結合プラズマ質量分析計による海産生物中の元素測定	35
矢城陽一郎：酵素リパーゼの鏡像体選択性の機構解明に向けた FMO 計算	41
奥田靖浩・佐藤拓磨・武部 蒼・藤本真世・森 まつり・石塚彩水・折田明浩： ホスフィニルイナミンを用いた多環芳香族アミンの合成と光学特性の調査	45
岡山理科大学フロンティア理工学研究所について 構成員・研究所規定	50
第 7 回 OUS フロンティアセミナー 「データサイエンスの基礎から応用展開 ～はじめてますか？使えますか？～」	53
OUS フロンティアセミナー開催記録	54
The 5th International OUS Frontier Symposium	56
学術論文・著者，学会発表，特許，受賞および社会貢献活動	61

岡 山 理 科 大 学

2025 年 12 月

Okayama University of Science

Okayama, Japan

December, 2025

The Bulletin of Research Institute of Frontier Science and Technology

No.7

CONTENTS

Pictorial	1
Haruo AKASHI Structural Changes of syn-[Mo ₂ O ₃ S(Tp) ₂] under Hydrochloric Acid Conditions	3
Yoshihisa OSANO, Tatsuyuki NAKATANI Application of a Raman Spectral Data–Driven Optimization Approach to Adhesion Evaluation of DLC Films.	11
Tadahiro Hatakeyama High-resolution paleomagnetic data and rock magnetic information derived from baked earth	17
Akinori SATO, Takeshi IMAYAMA Excess ⁴⁰ Ar ages of amphibole from the Nidar ophiolite, NW India	23
Syou Maki, Yasutoshi Hatsuda, Tadashi Imaizumi Analysis of monthly data on cross-resistance rates by antibiotics administered to drug-resistant <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	25
Syunsuke Yayama, Ayumi Yoshitsuru, Keita Kanki, and Ryosuke Iwai Effects of resveratrol on aggregate formation and internal cell viability in skeletal muscle cells	31
Jun NAOHARA and Yui TAKEHARA Elemental Analysis of Marine Organisms by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS)	35
Yoichiro YAGI FMO Calculation toward the Mechanism Elucidation of Enzyme Lipases Enantioselectivity.	41
Yasuhiro OKUDA, Takuma SATO, Sou TAKEBE, Mayo FUJIMOT, Matsuri MORI, Ami ISHIZUKA Synthesis of Polycyclic Aromatic Amines with Phosphinyl Ynamines and Investigation of Their Optical Properties	45
About IFST, OUS	50
The 7th OUS Frontier seminar	53
Record of the OUS Frontier seminar	54
The 5th International OUS Frontier Symposium	56
List of publications, Presentations, awards and social activity	61

Okayama University of Science

Okayama, Japan

December, 2025



ダイヤモンドライクカーボン薄膜の成膜に用いるプラズマ

プラズマは自然界にも広く存在し、代表例としてオーロラが知られている。気体がイオンと電子に分かれて自由に運動する状態であることから、プラズマは「物質の第4の状態」と呼ばれる。この状態では、導電性や高い反応性、電磁場への応答性に加え、発光といった特性が現れる。人工的にプラズマを生成すれば、これらの特性を工業的に活用できる。身近な例としては蛍光灯の発光が挙げられる。写真は、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)薄膜の成膜に用いる人工プラズマの様子を撮影したものである。高真空のチャンバー内に所定のガスを導入し、高周波等の電場を印加することでプラズマを発生させる。そこで生成したイオンやラジカルなどの活性種を利用して、成膜が進行する。

(写真・文 中谷達行)

塩酸存在下で生じる $\text{syn-}[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Tp})_2]$ の構造変化

赤司 治夫*

岡山理科大学フロンティア理工学研究所

* 責任著者

2025 年 12 月 31 日受理

ヒドロトリスピラゾリルボレート配位子とする硫黄、酸素架橋オキソモリブデン複核錯体、 $\text{syn-}[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Tp})_2] \cdot 2\text{CH}_2\text{Cl}_2$ を、希塩酸エタノール溶液中で攪拌した後、約一晩静置することで、 $\{[\text{MoOCl}(\text{Tp})_2]\text{O}\} \cdot 2\text{CH}_3\text{CN}$ の黒色結晶を得ることに成功した。この単結晶を用いて、X線結晶構造解析を行った。結晶学的データは次の通り：crystal system monoclinic, space group $P2_1/c$ (#14), Lattice parameters; $a = 7.77982(3)$ Å, $b = 13.0768(5)$ Å, $c = 15.3299(5)$ Å, $\beta = 97.0572(14)^\circ$, $V = 1551.43(10)$ Å³, $Z = 2$, $R_I = 0.075$, $wR = 0.199$.

X線結晶構造解析の結果、各モリブデン原子には、末端の酸素原子、架橋酸素原子、塩化物イオンが1つずつ配位しているほか、ヒドロトリスピラゾリルメタンが1分子ずつ配位している構造であることが明らかになった。

1. Introduction

我々は、カルコゲニド架橋モリブデンおよびタングステン多核錯体の構造と物性に関する研究を行ってきた。¹⁾しかし、その研究のほとんどは、酸性水溶液中での錯体の物性についての報告であった。²⁾我々は、研究を非水溶媒系にも広げて展開することを目的として、スコルピオネート³⁾と呼ばれる一群の複素環三座配位子である、ヒドロトリスピラゾリルボレートとその誘導体を配位子として用いた研究を行った。⁴⁾ヒドロトリスピラゾリルボレートとその誘導体を配位子とする硫黄、および酸素架橋オキソモリブデン複核錯体の構造と性質についての研究の過程で、 $\text{syn-}[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Tp})_2] \cdot 2\text{CH}_2\text{Cl}_2$ が、塩酸酸性下で放置すると時間の経過とともに溶液の色が変化することを発見した。

今回、ヒドロトリスピラゾリルボレートを配位子とする硫黄、酸素架橋オキソモリブデン複核錯体、 $\text{syn-}[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Tp})_2] \cdot 2\text{CH}_2\text{Cl}_2$ の塩酸酸性下で構造が変化した生成物を単離して、CHN 元素分析、¹H NMR スペクトル測定、および、単結晶を用いた X 線結晶構造解析を行った。

2. Experimental

Synthesis

$\{[\text{MoOCl}(\text{Tp})_2]\text{O}\} \cdot 2\text{CH}_3\text{CN}$
 $\text{syn-}[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Tp})_2] \cdot 2\text{CH}_2\text{Cl}_2$ (100 mg, 0.14 mmol) を CH_2Cl_2 に溶かし、その溶液に 0.1M $\text{HCl}(\text{EtOH soln.},$

140 ml) を加え、1 晩攪拌した。攪拌後、その溶液を室温で静置すると、黒色結晶として $\{[\text{MoOCl}(\text{Tp})_2]\text{O}\} \cdot 2\text{CH}_3\text{CN}$ が析出した。Yield: 4.5 mg, (4.4 %). Anal. Calcd for $\{[\text{MoOCl}(\text{Tp})_2]\text{O}\} (\text{C}_{18}\text{H}_{20}\text{N}_2\text{B}_2\text{Cl}_2\text{Mo}_2\text{O}_3)$: C, 29.34; H, 2.74; N, 22.81 Found: C, 29.71; H, 2.32; N, 22.70. ¹H NMR(CDCl_3 , 268K): $\delta = 6.25$ (t, 1H), 6.39 (t, 1H), 6.42 (t, 1H), 7.62 (d, 1H), 7.76 (d, 1H), 7.80 (d, 1H), 8.12 (d, 1H), 8.45 (d, 1H), 8.63 (d, 1H)

Single-crystal X-ray structure analysis

$\{[\text{MoOCl}(\text{Tp})_2]\text{O}\} \cdot 2\text{CH}_3\text{CN}$ 結晶を、溶液中から取り出した後、素早くパラトン-N で保護して、Micro Mesh (25 ミクロン、0.3 mmφ, HAMPTON RESEARCH 社製) に固定した。それぞれの結晶の測定は Rigaku 社製、イメージングプレート単結晶自動 X 線構造解析装置 RAXIS-IV を用いて行った。測定中は吹付低温装置を用いて、結晶を -180.0°C に保った。

構造解析は直接法 (SHELX97)⁵⁾ を用いて初期構造を決定した後、Full matrix 最小二乗法と D 合成を繰り返し、結晶溶媒の水素原子を除くすべての原子位置を決定した。水素原子は、幾何学的計算 (C-H 0.95 Å) によりその位置を決定した後、riding model (水素原子が結合している炭素原子に対して、 $U_{\text{iso}}(\text{H})=1.2U_{\text{eq}}$) を用いて原子位置の精密化を行った。最終的に行った D 合成の結果から、化学的に意味のあるピークは発見されなかった。すべての計算は Program package Crystal Structure 4.0 を用いて行った。⁶⁾

3. Results and discussion

syn - $[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Tp})_2] \cdot 2\text{CH}_2\text{Cl}_2$ 塩酸酸性のエチルアルコール中で攪拌した後、静置することで黒色の、単結晶を合成することに成功した。この結晶を用いて単結晶 X 線構造解析を行った。

$[\{\text{MoOCl}(\text{Tp})\}_2\text{O}] \cdot 2\text{CH}_3\text{CN}$ の結晶学的パラメーターおよび構造精密化のパラメーターを Table 1 に示した。各原子の座標と等方性温度因子 (Atomic coordinates and $B_{\text{iso}} / B_{\text{eq}}$) を Table 2, 水素を除く各原子の異方性温度因子 (anisotropic displacement parameters) を Table 3, 各原子間の原子間距離 (Bond lengths (Å)), 結合角 (Bond angles (°)), をそれぞれ Table 4 と Table 5 に示している。

$[\{\text{MoOCl}(\text{Tp})\}_2\text{O}] \cdot 2\text{CH}_3\text{CN}$ の単結晶構造解析の結果より、直線型の $\text{Mo} - \text{O} - \text{Mo}$ 架橋構造をもったモリブデン (V) 複核錯体であることが明らかになった。 $[\{\text{MoOCl}(\text{Tp})\}_2\text{O}] \cdot 2\text{CH}_3\text{CN}$ の ORTEP 図を Figure 1 に示した。各モリブデン原子には、末端の酸素原子、架橋酸素原子、塩化物イオンが 1 つずつ配位しているほか、トリスピラゾリルメタンスルホネートが 1 分子ずつ配位している。また結晶溶媒として、二分子のアセトニトリルを含んでいることが明らかになった。本解析結果の中で、モリブデンと末端酸素原子間の距離が、1.838(6)Å と、一般的に報告されているモリブデンと末端酸素原子間の結合距離 (1.64 – 1.75Å) と比較して 0.1Å 以上長くなっている。この理由については現時点では明らかにできていない。

構造解析に用いた結晶を減圧下で数日間乾燥した後、CHN 元素分析を行ったところ、アセトニトリル分子を含まない $[\{\text{MoOCl}(\text{Tp})\}_2\text{O}]$ の組成に対応する計算値と実験値がよい一致を示した。

重クロロホルム中で、 ^1H NMR スペクトルの測定を行った結果、モリブデン原子に配位しているヒドロトリスピラゾリルメタンに対応する、3 本のトリプレットおよび 6 本のダブルットのシグナルが観測された。このことは、単結晶構造解析で確認した複核錯体の構造を溶液中でも保っていることを示している。

$[\{\text{MoOCl}(\text{Tp})\}_2\text{O}]$ はの合成は、 MoCl_5 とヒドロトリスピラゾリルボレートとの反応から単離する別ルートも報告されている。この報告では、反応の温度を管理することにより、幾何異性体の合成にも成功している。⁷⁾

4. References

- 1) a) T. Shibahara and H. Akashi, *Inorganic Syntheses* (1992), 29, 254-260. b) T. Shibahara and H. Akashi, *Inorganic Syntheses* (1992), 29, 260-269.
- 2) a) T. Yamauchi, H. Takagi, T. Shibahara H. Akashi, *Inorg. Chem.* **2006**, 45, 5429. b) K. Herbst, P. Zanello, M. Corsini, N. D'Amelio, L. Dahlenburg, M. Brorson, *Inorg. Chem.* **2003**, 42, 974.
- 3) a) S. Trofimenko, *Scorpionates; The Coordination Chemistry of Polypyrazolyl borate Ligands*, Imperial College Press, London, **1999**. b) S. Trofimenko, *SCORPIONATES II; CHELATING BORATE LIGANDS*, Imperial College Press, London, **2008**.
- 4) Yamauchi, T.; Akashi, H. and Shibahara, T., *Inorg. Chem.* **2006**, 45, 5429-5437.
- 5) Sheldrick, G. M., *Acta Cryst.*, **2015**, A71, 3-8.
- 6) CrystalStructure 4.0, *Rigaku Journal* 30(1) (2014).
- 7) S. Lincoln, S. A. Koch, *Inorg. Chem.* **1986**, 25, 1594-1602.

Table 1. Crystallographic data for [MoOCl(Tp)]₂O · 2CH₃CN

compound	[MoClO(Tp)] ₂ O · 2CH ₃ CN
empirical formula	C ₂₂ H ₂₆ N ₁₂ B ₂ Cl ₂ Mo ₂ O ₃
fw	818.95
cryst syst	monoclinic
<i>a</i> , Å	7.77982(3)
<i>b</i> , Å	13.0768(5)
<i>c</i> , Å	15.3299(5)
<i>β</i> , deg.	97.0572(14)
<i>V</i> , Å ³	1551.43(10)
<i>T</i> , K	93
space group	P2 ₁ /c(#14)
<i>Z</i>	2
μ (Mo Ka), cm ⁻¹	10.311
reflns collected	9878
unique reflns/ <i>R</i> _{int}	2732 (<i>R</i> _{int} = 0.043)
<i>R</i> ; <i>wR</i> ₂ (all data)	0.082, 0.199
<i>R</i> _{<i>I</i>} (<i>I</i> > 2.00σ(<i>I</i>))	0.075

Table 2. Atomic coordinates and $B_{\text{iso}}/B_{\text{eq}}$ and occupancy for $[\{\text{MoOCl}(\text{Tp})\}_2\text{O}]$

atom	x	y	z	Beq	occ
Mo1	-0.05440(9)	0.90143(5)	0.08026(4)	2.07(3)	1
Cl1	-0.3349(3)	0.8806(2)	0.0093(2)	2.83(4)	1
O1	0.0000	1.0000	0.0000	1.8(2)	1/2
O2	0.0416(6)	0.7846(4)	0.0406(3)	1.85(9)	1
N1	-0.1337(8)	0.8231(5)	0.1946(4)	1.6(1)	1
N2	-0.0918(9)	0.8566(5)	0.2792(4)	1.9(1)	1
N3	0.1795(8)	0.9354(5)	0.1702(4)	1.7(1)	1
N4	0.1782(8)	0.9525(5)	0.2579(4)	1.6(1)	1
N5	-0.1478(8)	1.0349(5)	0.1599(4)	1.9(1)	1
N6	-0.1056(8)	1.0432(5)	0.2476(4)	1.7(1)	1
N7	0.2896	0.4789	0.0355	13.72	1
C1	-0.220(1)	0.7351(6)	0.1998(6)	1.9(2)	1
C2	-0.236(1)	0.7109(7)	0.2860(6)	2.4(2)	1
C3	-0.153(1)	0.7904(6)	0.3350(6)	2.2(2)	1
C4	0.3455(9)	0.9337(6)	0.1560(5)	1.9(2)	1
C5	0.453(1)	0.9493(6)	0.2338(5)	2.1(2)	1
C6	0.341(1)	0.9617(6)	0.2964(5)	2.0(2)	1
C7	-0.246(1)	1.1161(6)	0.1332(6)	2.1(2)	1
C8	-0.263(1)	1.1778(6)	0.2054(6)	2.4(2)	1
C9	-0.172(1)	1.1304(6)	0.2762(6)	2.2(2)	1
C10	0.3313	0.5639	0.0305	6.77	1
C11	0.3831	0.6671	0.0170	4.51	1
B1	0.006(2)	0.9594(7)	0.2987(6)	1.8(2)	1
H1	-0.2634	0.6947	0.1506	2.33	1
H2	-0.2923	0.6531	0.3073	2.85	1
H3	-0.1413	0.7967	0.3972	2.66	1
H4	0.3842	0.9231	0.1003	2.32	1
H5	0.5757	0.9512	0.2422	2.52	1
H6	0.3740	0.9746	0.3571	2.36	1
H7	-0.2956	1.1292	0.0745	2.56	1
H8	-0.3259	1.2402	0.2057	2.91	1
H9	-0.1584	1.1546	0.3350	2.70	1

$$B_{\text{eq}} = \frac{8}{3} \pi^2 (U_{11}(a^*)^2 + U_{22}(b^*)^2 + U_{33}(c^*)^2 + 2U_{12}(a^*b^*)\cos \gamma + 2U_{13}(a^*c^*)\cos \beta + 2U_{23}(b^*c^*)\cos \alpha)$$

Table 3. Anisotropic displacement parameters for [MoOCl(Tp)₂O]

atom	U11	U22	U33	U12	U13	U23
Mo1	0.0350(5)	0.0240(5)	0.0192(4)	-0.0112(3)	0.0017(3)	-0.0003(3)
Cl1	0.030(1)	0.038(2)	0.040(2)	-0.0009(9)	0.0047(9)	0.0030(9)
O1	0.020(4)	0.024(4)	0.024(4)	0.003(3)	0.003(3)	-0.003(3)
O2	0.016(3)	0.035(3)	0.021(3)	0.008(3)	0.007(2)	0.020(3)
N1	0.022(3)	0.018(3)	0.021(3)	0.003(3)	0.001(3)	0.004(3)
N2	0.027(4)	0.024(4)	0.024(4)	0.001(3)	0.011(3)	0.000(3)
N3	0.026(3)	0.021(3)	0.018(3)	0.000(3)	0.004(3)	0.002(3)
N4	0.021(3)	0.020(3)	0.018(3)	0.000(3)	0.000(3)	-0.000(3)
N5	0.021(3)	0.027(4)	0.023(3)	-0.003(3)	0.004(3)	0.006(3)
N6	0.021(3)	0.022(4)	0.020(3)	-0.000(3)	0.004(3)	-0.003(3)
N7	0.09(1)	0.32(3)	0.11(1)	-0.11(2)	-0.040(9)	0.14(2)
C1	0.027(4)	0.016(4)	0.032(4)	-0.000(3)	0.005(3)	0.001(3)
C2	0.034(5)	0.026(4)	0.032(5)	-0.002(4)	0.011(4)	0.004(4)
C3	0.034(5)	0.025(4)	0.027(4)	0.001(4)	0.013(4)	0.005(4)
C4	0.017(4)	0.027(4)	0.030(4)	-0.000(3)	0.009(3)	0.004(4)
C5	0.023(4)	0.024(4)	0.033(5)	-0.001(3)	0.002(3)	0.009(4)
C6	0.026(4)	0.020(4)	0.028(4)	-0.005(3)	-0.001(3)	0.001(3)
C7	0.026(4)	0.025(4)	0.031(5)	0.001(3)	0.005(4)	0.005(4)
C8	0.031(5)	0.022(4)	0.041(5)	0.001(4)	0.013(4)	-0.000(4)
C9	0.027(4)	0.023(4)	0.037(5)	-0.003(4)	0.010(4)	-0.002(4)
C10	0.070(9)	0.14(2)	0.056(8)	-0.01(1)	0.024(7)	0.010(9)
C11	0.063(7)	0.032(6)	0.082(8)	0.002(5)	0.035(7)	-0.003(6)
B1	0.028(5)	0.019(4)	0.024(4)	-0.004(4)	0.007(4)	0.000(4)

The general temperature factor expression: $\exp(-2p2(a*2U11h2 + b*2U22k2 + c*2U33l2 + 2a*b*U12hk + 2a*c*U13hl + 2b*c*U23kl))$

Table 4. Bond lengths (Å) for $[\{\text{MoOCl}(\text{Tp})\}_2\text{O}]$

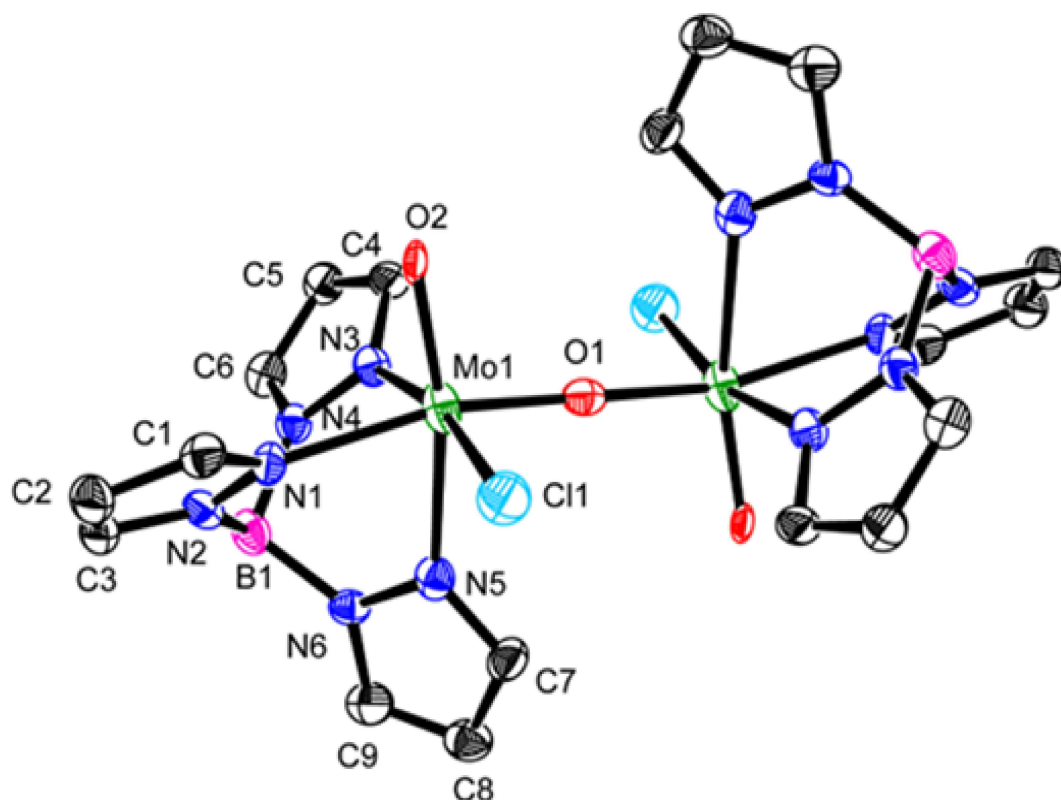
atom	atom	distance	atom	atom	distance
Mo1	Cl1	2.336(2)	Mo1	O1	1.8664(7)
Mo1	O2	1.838(6)	Mo1	N1	2.184(6)
Mo1	N3	2.193(6)	Mo1	N5	2.299(7)
N1	N2	1.370(9)	N1	C1	1.338(10)
N2	C3	1.344(11)	N2	B1	1.556(11)
N3	N4	1.364(9)	N3	C4	1.338(10)
N4	C6	1.336(10)	N4	B1	1.553(11)
N5	N6	1.349(9)	N5	C7	1.343(10)
N6	C9	1.349(11)	N6	B1	1.550(10)
N7	C10	1.16329(4)	C1	C2	1.381(12)
C2	C3	1.395(11)	C4	C5	1.386(11)
C5	C6	1.386(12)	C7	C8	1.391(12)
C8	C9	1.370(12)	C10	C11	1.43100(5)

Table 5. Bond angles (°) for [MoOCl(Tp)₂O]

atom	atom	atom	angle	atom	atom	atom	angle
C11	Mo1	O1	92.83(6)	C11	Mo1	O2	98.37(16)
C11	Mo1	N1	88.72(16)	C11	Mo1	N3	167.27(18)
C11	Mo1	N5	89.78(16)	O1	Mo1	O2	102.80(17)
O1	Mo1	N1	164.29(16)	O1	Mo1	N3	92.03(17)
O1	Mo1	N5	86.45(16)	O2	Mo1	N1	92.4(3)
O2	Mo1	N3	92.0(3)	O2	Mo1	N5	167.3(2)
N1	Mo1	N3	83.5(3)	N1	Mo1	N5	77.9(3)
N3	Mo1	N5	78.8(3)	Mo1	O1	Mo11	180.00(4)
Mo1	N1	N2	123.5(5)	Mo1	N1	C1	130.1(5)
N2	N1	C1	106.3(6)	N1	N2	C3	109.5(6)
N1	N2	B1	120.8(6)	C3	N2	B1	129.6(7)
Mo1	N3	N4	123.1(5)	Mo1	N3	C4	129.9(5)
N4	N3	C4	106.7(6)	N3	N4	C6	109.2(6)
N3	N4	B1	121.2(6)	C6	N4	B1	129.6(7)
Mo1	N5	N6	122.4(5)	Mo1	N5	C7	130.1(5)
N6	N5	C7	107.5(7)	N5	N6	C9	109.6(6)
N5	N6	B1	120.0(6)	C9	N6	B1	130.4(7)
N1	C1	C2	111.2(7)	C1	C2	C3	104.5(7)
N2	C3	C2	108.4(7)	N3	C4	C5	110.7(7)
C4	C5	C6	104.2(7)	N4	C6	C5	109.2(7)
N5	C7	C8	108.9(7)	C7	C8	C9	106.0(7)
N6	C9	C8	108.0(8)	N7	C10	C11	175.4
N2	B1	N4	107.5(6)	N2	B1	N6	106.4(6)
N4	B1	N6	107.3(6)				

Symmetry Operators:

(1) -X,-Y+2,-Z

Figure 1. ORTEP diagram of $[\{\text{MoOCl}(\text{Tp})\}_2\text{O}]$

Structural Changes of *syn*- $[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Tp})_2]$ under Hydrochloric Acid Conditions

Haruo Akashi*

¹⁾ Institute of Frontier Science and Technology, Okayama University of Science,
1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama, 700-0005, Japan

*Corresponding author

A sulfur- and oxygen-bridged oxomolybdenum dinuclear complex bearing hydrotris(pyrazolyl)borate ligands, *syn*- $[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Tp})_2] \cdot 2\text{CH}_2\text{Cl}_2$, was stirred in a dilute hydrochloric acid–ethanol solution and then allowed to stand for approximately one night. As a result, black crystals of $[\{\text{MoOCl}(\text{Tp})\}_2\text{O}] \cdot 2\text{CH}_3\text{CN}$ were successfully obtained. Single-crystal X-ray diffraction analysis was carried out using these crystals. The crystallographic data are as follows: monoclinic crystal system, space group $P2_1/c$ (#14), lattice parameters $a = 7.77982(3) \text{ \AA}$, $b = 13.0768(5) \text{ \AA}$, $c = 15.3299(5) \text{ \AA}$, $\beta = 97.0572(14)^\circ$, $V = 1551.43(10) \text{ \AA}^3$, $Z = 2$, $R1 = 0.075$, $wR = 0.199$.

The X-ray crystal structure analysis revealed that each molybdenum atom is coordinated by one terminal oxo ligand, one bridging oxo ligand, and one chloride ion, together with one hydrotris(pyrazolyl)borate ligand.

スペクトルデータ工学に基づく DLC 膜データ駆動型 最適化アプローチの密着性評価への適用

小佐野 芳寿^{1,2)}・中谷 達行³⁾*

1) 岡山理科大学大学院 理工学研究科博士課程システム科学専攻

2) 三菱鉛筆株式会社

3) 岡山理科大学 フロンティア理工学研究所

* 責任著者

2025 年 12 月 31 日受理

1. 緒言

ダイヤモンドライクカーボン(Diamond-Like Carbon; DLC)膜は、 sp^3 C-C 結合と sp^2 C=C 結合を併せ持つアモルファス炭素膜の総称である¹⁾。DLC 膜は、卓越した耐摩耗性、低摩擦性、生体親和性、ガスバリア性などを有する高機能性薄膜として、切削工具、自動車部品、医療用デバイス、飲料容器などの幅広い産業領域で活用されており、今後も応用の拡大が期待されている²⁻⁵⁾。一方で、DLC 膜の高機能化や膜設計、成膜方法の進化に伴い、成膜条件の組合せは膨大となり、最適化に多大な時間とコストを要する。このような課題に対し、データ駆動で効率的に材料設計やプロセス最適化を行うアプローチの重要性が高まっている。

ラマン分光法は、DLC 膜の炭素結合情報を非破壊かつ迅速に取得できるため、DLC 膜の有力な評価手段となっている⁶⁻⁸⁾。著者らはこれまでに、DLC 膜のラマンスペクトルの 5 ピーク分離解析⁹⁻¹¹⁾を中核とするスペクトルデータ工学的アプローチにより、DLC 膜の物性予測および炭素構造解析を通じた成膜条件最適化の有効性を示してきた。特に、Chemometrics¹²⁾を適用したラマンスペクトルの 5 ピーク分離解析^{13,14)}と部分的最小二乗(Partial Least Squares; PLS)回帰¹⁵⁻¹⁷⁾を組み合わせることで、膜密度を少数サンプル条件下においても高精度に予測できることを報告した¹⁸⁾。このアプローチは、プロセス開発初期における成膜条件最適化と高い親和性を有する。

一方、膜密度は、膜内部の平均的な炭素構造と密接に結び付いた物性であり、ラマンスペクトル情報に基づく予測対象として比較的直接的に炭素構造と関連づけやすい特性に位置づけられる。したがって、前報で確立したスペクトルデータ工学的アプローチを、より複雑な膜特性へ適用できるかどうかを検証することが、次の課題となっていた。

DLC 膜の信頼性を左右する重要特性のひとつとして、膜の密着性が挙げられる。密着性は、スクラッチ試験における臨界剥離荷重などを用いて評価されるが、臨

界剥離荷重は膜内部の炭素構造に加え、界面状態やスクラッチ試験における圧子との接触挙動など、複数の因子が複雑に関与するため、成膜条件との関係を体系的に整理することは容易ではない¹⁹⁾。

そこで本研究では、スペクトルデータ工学に基づく最適化アプローチを、DLC 膜の臨界剥離荷重評価に適用し、その有効性を検討した。本研究の目的は、単一の最適成膜条件を決定することではなく、剥離モードを考慮した上で、ラマンスペクトル情報に基づく最適化アプローチが有効に機能する条件領域を明確にすることにある。

2. 実験方法

本研究では、RF-CVD(Radio Frequency Chemical Vapor Deposition)法により試料を作製した。RF-CVD法の模式図を図1に、主な成膜条件を表1に示す。

密着性評価の再現性を確保するため、表面を鏡面研磨した超硬合金平板を基板として用いた。基板には、成膜前にアセトン中で 15 min の超音波洗浄を施した。さらに、基板表面の清浄化および表面活性化を目的として、Ar ボンバード処理を行った(RF 出力 60 W, 圧力 1.5 Pa, 処理時間 15 min)。続いて、テトラメチルシラ

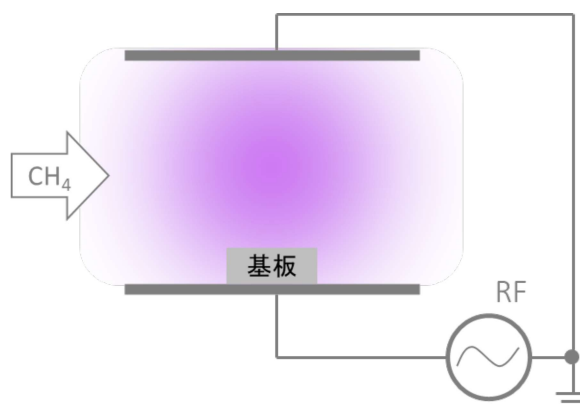


図1 RF-CVD法の模式図

表1 成膜条件

Process step	Condition	
Ar bombardment	RF power	60 W
	Pressure	1.5 Pa
	Gas flow rate	8 sccm
	Time	15 min.
Interlayer deposition	Precursor	TMS
	RF power	70 W
	Pressure	1.2 Pa
	Gas flow rate	5 sccm
DLC deposition	Precursor gas	CH ₄
	RF power	30–110 W
	Pressure	0.5–5 Pa
	Gas flow rate	5 sccm
	Time	15–38 min.

ン(Tetramethylsilane; TMS) を原料とした中間層を成膜した(RF出力 70 W, 圧力 1.2 Pa, 成膜時間 1 min). その後, DLC 膜を成膜した. DLC 膜の成膜条件は, 圧力 0.5 ~ 5 Pa, RF出力 30 ~ 110 W, CH₄ 流量 5 sccm とした. 成膜時間は, 膜厚が約 380 nm となるように成膜条件毎に調整し 15 ~ 38 min とした.

DLC 膜のラマンスペクトルは, 顕微ラマン分光装置(Nicolet Omega XR, Thermo Fisher Scientific) を用い, 励起波長 532 nm で取得した. また, 臨界剥離荷重の測定にはマイクロスクラッチ試験機(CSR5100, Rhesca) を用いた. マイクロスクラッチ試験は, ダイヤモンド触針を用いて漸増荷重をかけながら試料の表面をスクラッチし, 被膜の剥離や破壊が発生する荷重を評価する. 触針の励振運動を伴うスクラッチにより, 摩擦応力およびせん断応力が被膜および界面に繰り返し付与される²⁰⁾. スクラッチ条件は, 励振周波数 45 Hz, 励振振幅 50 μm , スクラッチ速度 10 $\mu\text{m}/\text{s}$ とした. ダイヤモンド触針の先端半径 R は, 5, 10, 15 μm の 3 種類とし, 評価結果の先端半径への依存性を考慮した. マイクロスクラッチ試験後には, 被膜剥離挙動を観察するため, 走査電子顕微鏡(Scanning Electron Microscopy; SEM) を用いて剥離箇所の観察を行った. SEM 観察には二次

電子像を用いた.

取得したラマンスペクトルは, 独自に開発した Python プログラムを用いて 5 ピーク分離解析を行い, N, D, G^-, G^+, D' バンドのピーク位置, 強度, FWHM(Full Width at Half Maximum), 面積比を算出した¹⁴⁾. その後, 各解析パラメータと臨界剥離荷重との相関係数を算出し, 炭素構造との密着性との関連を分析した.

臨界剥離荷重の予測モデル構築には, PLS 回帰を用いた. なお, 本研究における PLS 回帰の目的は高精度な汎用モデルの構築ではなく, ラマンスペクトル情報が臨界剥離荷重の変動をどの程度記述可能かを検証することにある. 全 26 本のラマンスペクトルデータのうち, 20 本を学習用, 6 本を検証用として使用した. すべてのラマンスペクトルデータには, 前処理として平滑化, バックグラウンド除去, 正規化および標準化を施した. PLS 回帰には NIPALS アルゴリズムを用い, K-分割交差検証によりモデルの汎化性能を評価した¹²⁾. なお, 予測精度向上を目的として, 回帰モデルに用いる説明変数は各ラマンバンドの FWHM に基づいて選択した¹⁸⁾.

以上のラマンスペクトル解析結果および臨界剥離荷重予測モデルの精度をもとに, ラマンスペクトル情報を基にした成膜条件最適化手法の応用可能性について考察した.

3. 実験結果と考察

3-1. 臨界剥離荷重と剥離挙動

図 2(a, b, c) に, ダイヤモンド触針の先端半径 R が 5, 10, 15 μm の場合における臨界剥離荷重の測定結果をそれぞれ示す. ここでは, 臨界剥離荷重を成膜条件に対するヒートマップとして表示した. 横軸は RF 出力, 縦軸は成膜時の圧力である. 図中の RF 出力 90 ~ 110 W, 圧力 0.5 ~ 1 Pa の領域では正常な成膜が得られず, データを取得できなかったため, グレーで示している. いずれの触針先端半径においても, RF 出力および成膜圧力が高い条件領域において臨界剥離荷重が高

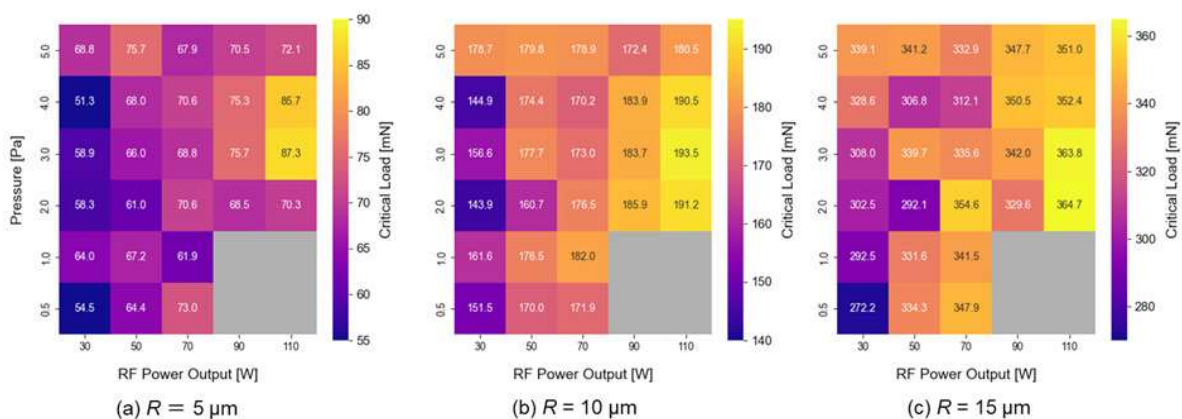


図2 臨界剥離荷重の成膜条件に対する分布

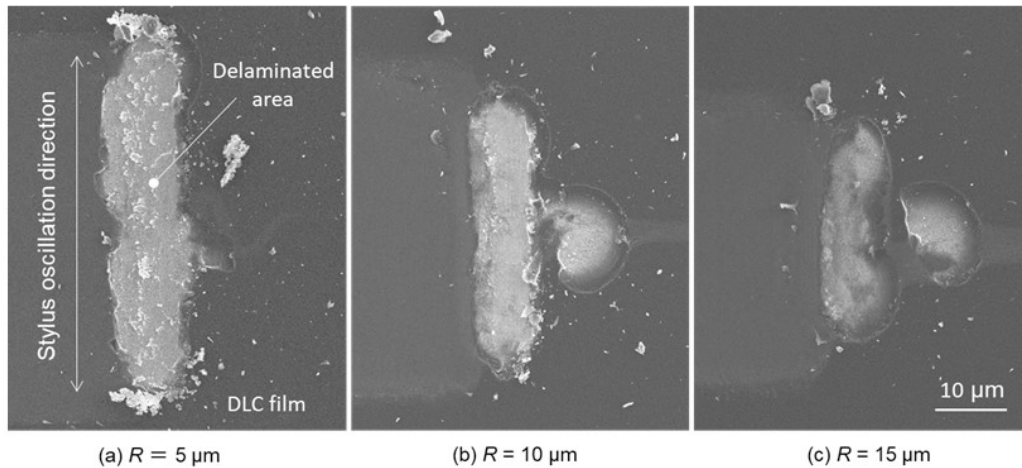


図3 被膜の剥離モードのSEM観察結果 (DLC成膜条件; RF出力70 W, 圧力3 Pa)

くなる傾向が認められる。触針先端半径の違いにより臨界剥離荷重の絶対値には差が見られるものの、成膜条件に対する分布傾向は共通しており、DLC膜の密着性が成膜条件に強く依存していることが示唆される。

図3(a, b, c)に、RF出力70 W, 圧力3 Paで成膜したDLC膜を例に、被膜の剥離挙動をSEM観察した結果を示す。 $R=5\ \mu\text{m}$ の場合、触針の励振方向に反って細かく連続的な破壊形態が観察された。これらの亀裂は、スクラッチ負荷に伴う繰り返しせん断応力が膜表面および膜内部に集中した結果、DLC膜の内部破壊が支配的となったものと考えられる。

$R=10\ \mu\text{m}$ の場合、円形状の剥離痕が局所的に観察された。この円形剥離は、スクラッチ負荷によって形成された応力場が膜内部に加えて界面近傍まで到達し、界面に沿った強いせん断応力が作用した結果として発生したものと考えられる。本条件ではDLC膜内部の亀裂進展に加えて、界面剥離が局所的に混在する遷移的な剥離モードが支配的であり、応力場がやや深部まで広がった状態にあったと考えられる。

$R=15\ \mu\text{m}$ の場合には、円形状の剥離痕が明瞭に観察され、基板界面剥離が支配的であることが確認された。本条件では中間層を含めた系全体の力学応答が顕在化し、DLC膜内部構造よりも中間層/基板界面の強度が剥離挙動を支配する状態へと遷移したと考えられる。

3-2. 炭素構造解析に基づく臨界剥離荷重の解釈

ラマンスペクトルの5ピーク分離解析結果を基に、各解析パラメータと臨界剥離荷重との相関係数を算出した。その結果、相関係数の絶対値が比較的大きいパラメータとして、 G^+ バンド強度、 D バンド強度、および G^-/G^+ バンド面積比が抽出された。各触針先端半径における相関係数を表2に示す。また、代表例として $R=10\ \mu\text{m}$ の場合におけるこれらのパラメータの成膜条件に

対する分布を図4(a, b, c)に示す。

G^+ バンド強度および D バンド強度は、いずれの触針先端半径においても臨界剥離荷重と正の相関を示した。 G^+ バンドは、比較的秩序だったグラファイト様 $sp^2\ \text{C}=\text{C}$ クラスターの発達度を反映する指標である⁹⁻¹¹⁾。このような歪の少ない $sp^2\ \text{C}=\text{C}$ クラスターは、せん断変形を受けやすい構造を有することから、スクラッチ負荷下における接触界面での摩擦応力の緩和に寄与すると考えられる²¹⁾。

G^-/G^+ バンド面積比は臨界剥離荷重と負の相関を示した。 G^-/G^+ バンド面積比は、 $sp^2\ \text{C}=\text{C}$ クラスターに内在する微視的な歪の程度を反映する指標であり、比が小さいほど歪の少ない $sp^2\ \text{C}=\text{C}$ クラスターが形成されていることを示す^{9-11,13)}。この結果は、 G^+ バンド強度の増加と整合しており、歪の少ない $sp^2\ \text{C}=\text{C}$ クラスターの発達が密着性向上に寄与していることを示唆している。また、 D バンド強度は臨界剥離荷重と中程度の正の相関を示した。 D バンドは、炭素結合構造中の不均一性や欠陥の存在により活性化されて現れることが知られている。本研究において D バンド強度が正の相関を示したことは、適度な構造不均一性の存在が、スクラッチ負荷下における局所的な応力集中の緩和に関与している可能性を示唆している。

以上の結果は、本研究で成膜したDLC膜において、歪の少ない $sp^2\ \text{C}=\text{C}$ クラスターの発達と、適度な構造不均一性の共存により、せん断変形を介した応力緩和

表2 ラマンスペクトルの5ピーク分離解析パラメータと臨界剥離荷重との相関係数

Raman parameter	Stylus radius		
	5 μm	10 μm	15 μm
G^+ band intensity	0.68	0.77	0.77
D band intensity	0.53	0.60	0.54
G^-/G^+ band area ratio	-0.63	-0.72	-0.77

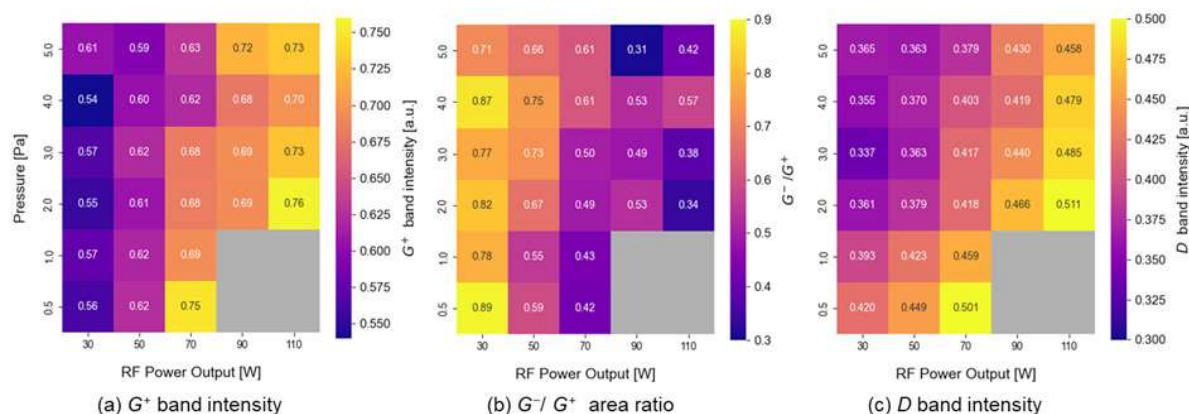


図4 ラマンスpekトルの5ピーク分離解析パラメータの成膜条件に対する分布(触針半径 $R = 10 \mu\text{m}$)

が促進され、結果として臨界剥離荷重が増加したことを示唆している。

以上のように、Chemometrics を適用して解析精度および効率を高めたラマンスpekトルの5ピーク分離解析は、DLC 膜の膜構造と密着性との関係を理解する上でも有効に機能した。密着性を評価対象にした場合においても、成膜条件との対比や後述の物性予測と組み合わせることで、最適化プロセスの効率化に寄与することが期待できる。

3-3. ラマンスpekトルからの臨界剥離荷重予測

図5(a, b, c)に、 $R=5, 10, 15 \mu\text{m}$ の場合における、PLS 回帰モデルによる臨界剥離荷重の予測値と実測値の関係をそれぞれ示す。 $R=5, 10 \mu\text{m}$ の場合には、検証データが概ね予測値=実測値の直線近傍に分布しており、ラマンスpekトル情報に基づいて臨界剥離荷重を一定の精度で予測できていることがわかる。一方で、 $R = 15 \mu\text{m}$ の場合には、予測値が実測値の変化に十分に追従せず、予測値=実測値の直線に対して平坦に分布する傾向が認められた。

この触針先端半径依存性は、前節で示した SEM 観

察による剥離挙動の違いと良く整合している。 $R=5 \mu\text{m}$ の条件では、DLC 膜内部における破壊が支配的であった。この場合、DLC 膜の炭素結合状態を反映するラマンスpekトル情報に基づく PLS 回帰が有効に機能したものと考えられる。 $R=10 \mu\text{m}$ の条件では、DLC 膜の内部破壊と界面剥離が混在する遷移的な剥離モードが支配的であった。この条件では、中間層 / 基板界面の寄与も含まれ始めていると考えられるが、剥離挙動は依然として DLC 膜内部構造および DLC / 中間層界面の影響を強く受けている。その結果として、ラマンスpekトルを用いた PLS 回帰による予測は、一定の精度を保ったまま成立したものと解釈される。一方、 $R=15 \mu\text{m}$ の条件では、臨界剥離荷重を決定する主要因が DLC 膜内部構造から中間層 / 基板界面の強度へと実質的に遷移する。ラマンスpekトルは主として DLC 膜内部の炭素結合構造を反映する情報であるため、基板界面の強度が支配的となる条件では、ラマンスpekトル情報のみを入力とした PLS 回帰モデルによる予測には限界が生じたものと考えられる。このような条件では、中間層の力学特性や基板界面状態など、界面特性を反映する追加の説明変数を導入することで、予測精度の向上が期待

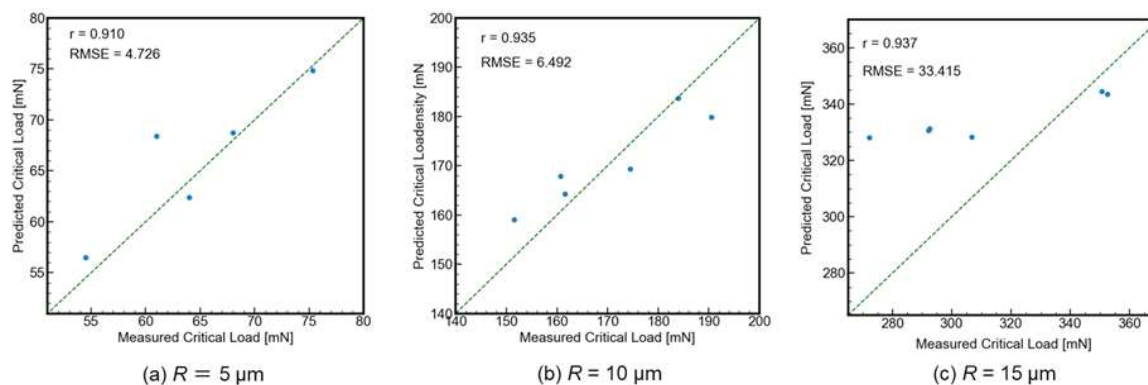


図5 臨界剥離荷重予測モデルの精度検証結果

される。

なお、 $R=15\mu\text{m}$ の条件においても、 G^+ バンド強度や G^-/G^+ バンド面積比など、DLC 膜の炭素構造に由来するラマンパラメータと臨界剥離荷重との間には一定の相関が認められた。これは、基板界面剥離が支配的な条件においても、DLC 膜の炭素構造が剥離挙動に間接的に影響していることを示唆している。しかしながら、この領域ではラマンスペクトル情報のみでは臨界剥離荷重を十分に記述できず、予測モデルの構築に際しては、中間層特性や基板界面状態など界面特性を反映する説明変数を新たに導入する必要があると考えられる。

以上の結果から、ラマンスペクトルに基づく最適化アプローチは、剥離モードを適切に把握した上で適用することにより有効に機能することが示された。特に、プロセス開発初期段階においてスクラッチ条件を適切に選定することで、DLC 膜内部構造および DLC/ 中間層界面が支配的な剥離モードを意図的に抽出できる点は重要である。このような条件下では、限られたデータ数であっても、ラマンスペクトルが反映する炭素構造情報を用いて、成膜条件最適化を効率的に進めることが可能となる。

4. 結言

本研究では、ラマンスペクトルに基づく最適化アプローチを、DLC 膜の密着性へと展開し、その適用可能性を検討した。その結果、本手法が DLC 膜の密着性評価に対しても有効に機能し得ることが示された。

マイクロスクラッチ試験における剥離挙動については、ラマンスペクトルの 5 ピーク分離解析を適用することで、臨界剥離荷重と DLC 膜の炭素構造との関係を捉えることが可能であり、剥離モードの違いを炭素結合構造の観点から解釈するための有用な洞察が得られることが示された。

さらに、部分的最小二乗(PLS) 回帰を用いた臨界剥離荷重の予測においては、剥離モードを適切に制御した条件下、すなわち DLC 膜内部構造および DLC/ 中間層界面の強度が支配的な剥離モードにおいて、ラマンスペクトル情報に基づく予測が有効に機能することが明らかとなった。一方で、剥離モードが中間層 / 基板界面へと遷移し、界面特性が臨界剥離荷重を支配する条件では、界面特性を反映する説明変数の導入により予測精度向上が期待できると考えられた。

本研究は、ラマンスペクトルに基づく最適化アプローチが有効に機能する剥離モード領域を明確にした点に意義がある。一方で、剥離モードが中間層 / 基板界面

へと遷移し、界面特性が臨界剥離荷重を支配する条件では、本手法単独では限界があり、今後は界面情報を組み合わせた拡張が必要である。

参考文献

- 1) J. Robertson, *Materials Science and Engineering: R: Reports*, **37**, (2002), pp. 129-281.
- 2) T. Nakatani *et al.*, *Journal of Photopolymer Science and Technology*, **20**, (2007), pp. 221-228.
- 3) Y. Mabuchi *et al.*, *SAE Technical Paper*, 2007-01-1752, (2007).
- 4) M. Nakaya *et al.*, *Coatings*, **5**, (2015), pp.987-1001.
- 5) D.K.Rajak, *et al.*, *Applied Science*, **11**, (2021), 4445.
- 6) A. C. Ferrari, *Diamond and Related Materials*, **11**, (2002), pp. 1053-1061.
- 7) C. Casiraghi *et al.*, *Diamond and Related Materials*, **14**, (2005), pp. 1098-1102.
- 8) F. C. Tai *et al.*, *Journal of Raman Spectroscopy*, **40**, (2009), pp. 1055-1059.
- 9) S. Takabayashi *et al.*, *Surface and Coatings Technology*, **330**, (2017), pp. 26-33.
- 10) S. Takabayashi *et al.*, *Diamond and Related Materials*, **81**, (2018), pp. 16-26.
- 11) S. Takabayashi *et al.*, *Surface and Interface Analysis*, **50**, (2018), pp. 441-447.
- 12) S. Wold, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, **30**, (1995), pp.109-115.
- 13) H. Fukue *et al.*, *Diamond and Related Materials*, **142** (2024) 110768.
- 14) Y. Osano *et al.*, *Journal of Photopolymer Science and Technology*, **37**, (2024), pp. 391-396.
- 15) H. Wold, *Journal of Applied Probability*, **12**, (1975), pp.117-142.
- 16) S. Wold *et al.*, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, **58**, (2001), pp.109-130.
- 17) S. Wold *et al.*, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, **58**, (2001), pp.131-150.
- 18) Y. Osano *et al.*, *Journal of Photopolymer Science and Technology*, **38**, (2025), pp. 57-63.
- 19) A. Bird *et al.*, *Wear*, **530-531**, (2023), 205034.
- 20) M. Takeuchi *et al.*, *Journal of Material Testing Research Association of Japan*, **68**, (2023), pp.94-101. (in Japanese)
- 21) T. Ishikawa *et al.*, *Diamond and Related Materials*, **89**, (2018), pp.94-100.

Application of a Raman Spectral Data–Driven Optimization Approach to Adhesion Evaluation of DLC Films.

Yoshihisa OSANO^{1,2)}, Tatsuyuki NAKATANI^{3)*}

¹⁾Graduate School of Science and Engineering - Systems Science Doctoral Program, Okayama University of Science, 1-1, Ridai-cho, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan

²⁾Mitsubishi Pencil Co., Ltd.,

5-23-37, Higashiooi, Shinagawa-ku, Tokyo 140-8537, Japan

³⁾Institute of Frontier Science and Technology, Okayama University of Science, 1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan*Corresponding author

*Corresponding author

A Raman spectral data–driven optimization approach was applied to the adhesion properties of diamond-like carbon (DLC) films, and its applicability was examined. The results demonstrate that this approach can also function effectively for adhesion evaluation. Five-peak decomposition analysis of Raman spectra provided insights into the relationship between the critical load obtained from microscratch testing and the carbon structure of the DLC films. Furthermore, prediction of the critical load using partial least squares (PLS) regression was effective under conditions where delamination was governed by the internal structure of the DLC film and the DLC/interlayer interface. In contrast, when the dominant delamination mode shifted to the interlayer/substrate interface, accurate prediction required the incorporation of additional descriptors representing interface properties. These findings indicate that the proposed approach is particularly useful for efficiently optimizing deposition conditions in the early stage of process development, provided that the dominant delamination mode is appropriately considered.

Keywords: diamond-like carbon; Raman spectroscopy; adhesion; chemometrics; data-driven optimization

焼土から得られる高精度古地磁気方位データと岩石磁気的情報

畠山唯達*

岡山理科大学フロンティア理工学研究所

* 責任著者

2025年12月31日受理

7基の須恵器窯から採取した床面焼土に対して詳細な古地磁気測定とデータ解析を行い、精度の高い古地磁気データを得た。従前に解析した古地磁気方位では外れ値に対する中途半端な扱いをしたため、一部の窯ではばらつきが大きな解析結果となったが、今回再解析を行うことで、信頼性が高く精度も高い結果を得た。この古地磁気方位を解釈することで、当時の地磁気永年変化の様子、および、窯の操業順と時間間隙に関する情報を得ることができる。また、詳細な岩石磁気測定により古地磁気方位がまとまらない窯の床面が、低温酸化にて生じる磁性鉱物の影響を受けていることがわかった。

1. はじめに

地球の磁場は地球内部にある外核（半径は3500kmで内側に半径1200kmの内核がある）で電磁流体現象（ダイナモ作用）によって生成される。そのため、地磁気の変動の時間スケールはダイナモ作用の時間スケールに依存するが、地表で観測される変動の最短周期はマントルによるシールド効果で下限が制約される。実際に地表の各点で観測される地磁気の方角の変化は100年で数度程度である。

現在の地磁気は、方位磁石や磁力計と言った機器で観測されるが、過去の地磁気も岩石等に残留磁化という形で記録されている（古地磁気）。とくに、岩石が鉄酸化物などの強磁性鉱物を含む場合は、そのキュリー点より高温から冷却されたときに熱残留磁化という安定で強い古地磁気記録を保持する。

強磁性鉱物を含み高温から冷却した履歴を持つ研究対象のひとつとして、土器などの考古資料があげられる。とくに、窯跡や炉跡といった焼土は、方位付けをしてサンプルを採取することができるため、古地磁気方位研究に適している。日本では、この分野（考古地磁気学）は戦後より始まり、1970年代までに一連の研究がまとめられて標準曲線ともよべる年代-地磁気方位の曲線が作成された（広岡, 1971, 1977）。その後は、標準曲線と未知の時代の焼土の古地磁気方位を対応させ年代を推定する古地磁気年代測定が広く行われてきた。

一方、過去の地磁気の方角・強度を復元するための古地磁気学的測定と組み合わせて、岩石が含む磁性鉱物の種類や性質、量を測定する岩石磁気学に関して、考古学・文化財科学方面への適用は、初磁化

率（帯磁率）の測定など一部の簡便な手法を除いて行われてこなかった。しかし、近年になって、焼土・土器などに含まれる鉄酸化物（総じて磁性鉱物である）の特徴から温度・圧力などの焼成環境が推定できるようになり、『考古岩石磁気学』と呼ばれる新たな分野が急速に進展しつつある。

本稿では、福岡県八女市黒木町にて発掘調査された、田本大念塚窯跡群の7基の須恵器窯について行われた古地磁気・岩石磁気学的測定の報告（畠山ほか, 2025）をもとに、データの再解析と一部の追加測定を交えて再考察を行う。田本大念塚窯跡群は、発掘調査当初は2基と推定されていたが調査とともに発見が相次ぎ、最終的に7基の窯跡が極めて近い距離に隣接するという平安時代の稀有な須恵器窯跡である（八女市教育委員会, 2025）。我々は古地磁気方位を用いて年代を推定することを目的に、2020年3月に7基すべての焼成部床面より約70ブロックのサンプルを採取した。定方位され石膏で周囲を補強されたこぶし大のサンプルを実験室へ持ち帰り、定方位面を含む表層部分から1.5cm角の試料を切り出して、古地磁気方位を行った（畠山ほか, 2016）。また、表層部分より焼土をとりだし、粉末上にしていくつかの岩石磁気学的な測定を行った。

2. 古地磁気方位の精緻化

田本大念塚7窯跡の床面から採取したサンプルが示す古地磁気記録は、焼土としては残留磁化強度が強く、同一窯内の複数試料の古地磁気方位が非常によく集中しているという特徴がある。図1に各窯の古地磁気方位を示す。

各窯内で、いくつかのサンプルは「分布」と呼べる範囲から大きく外れた方位を示す。同一の窯は同一のタイミングで最後に焼成し冷却した瞬間の周囲の磁場の影響で熱残留磁化を獲得する。つまり、一つの窯の床面から採取した磁化の方位は同じくあるべきである。実際には誤差に相当するある程度のばらつきを持ち（その誤差の標準偏差と関連するものが集中度パラメータである）、データの統計的処理を施し平均方位の推定値とその信頼限界を求める（フィッシャー統計: Fisher, 1953）。誤差の評価として「角標準偏差 (Angular Standard Deviation)」は

$$ASD \cong \frac{81}{\sqrt{\kappa}} [\text{度}]$$

となり、Fisher分布（球面上の2次元正規分布）に従う非系統的で当局的な誤差を含むデータの約63%は真の方位からこの角度の範囲内に入る。誤差を表すモデルから大きくはずれたデータを限られたサンプリングの中で取得することは確率論的に難しい、というのが外れ値を見つけて外す統計的な検定の根幹である。理学的にはこれに加えて如何なる原因で外れ値が生まれたか、を議論することも求められることが多い。報告者はこれまで、後者の理由が推測できるときにのみ、古地磁気測定データから平均値を求める際に外れ値の除去するようにしてきた。本報告ではYKT2-04b, 3-08aの2つは「測定中に動いてしまった」などの理由を挙げて除去している。しかし、先人たちがこれまでに報告してきた考古地磁気

方位測定では前者の統計的優位性のみをもって外れ値の除去を行っている。今回は、残されたデータから“明らかな”外れ値の除去を試行して平均方位の再構成を行う。

外れ値の候補として、各データの方位(偏角・伏角)と元の平均方位(値を外さない)とのなす角 Δ がASDの何倍であるかであるかを計算し、 $\Delta/ASD \geq 3$ となるものを除去する。今回の7つの窯では、4、5、6号窯よりYKT4-02a($\Delta/ASD \geq 3.3$, 外れ値除去後の値), YKT5-02a($\Delta/ASD \geq 10.7$), YKT6-02a($\Delta/ASD \geq 4.0$)の3試料が外れ値の基準に該当した。いずれも3ASD以上で明らかに外れているのが分かる。一方、1号窯(YKT1-02a, 03a)、7号窯(YKT7-01a, 05a) 図1上では外れているように見え、実際、他の研究ではこの程度のデータを除去する例も見られるが、今回の基準には該当しないので除去しない。

3つの窯(4, 5, 6号)ともに、外れ値を取り除いた分布に関する κ (大きいほど良い集中)と α_{95} (平均方位推定の95%信頼角で小さいほど良い)はそれぞれ大きく・小さくなり、データの統計は改善した。ただし、2号窯については、全体的なばらつきは大きい、遠く離れた外れ値と呼べるデータはなく、改善の対象とならなかった。2号窯の平均方位は他のものと比べて低いが、大きな差異はない(島山ほか, 2025の表2)。そのため、試料の磁気モーメントが弱くシグナル/ノイズ比が低いこと誤差円が大きくなったとは言えない。他の理由については次項で考察する。

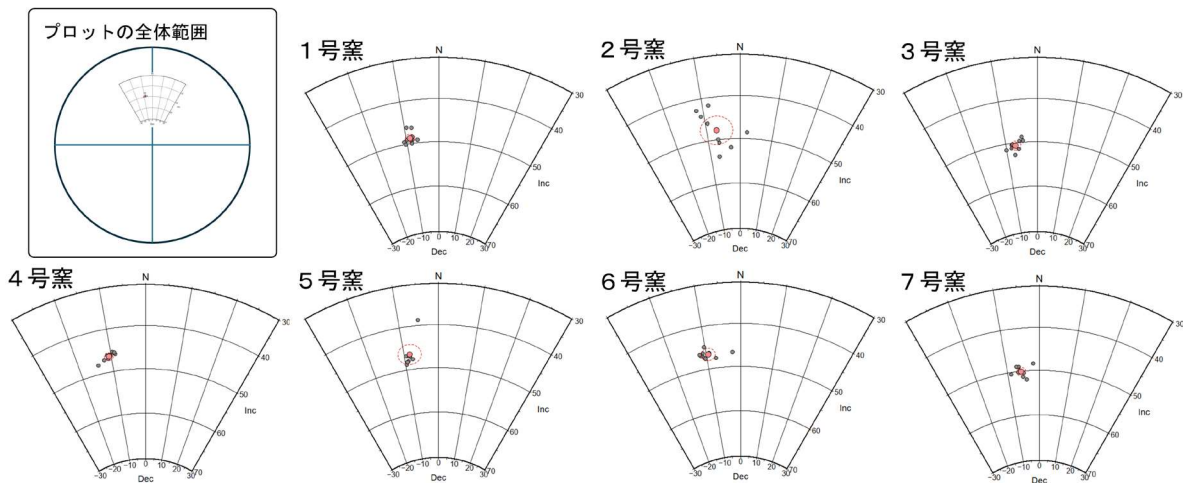


図1 田本大念塚1～7号窯の古地磁気方位。各試料では最大180mTまでの段階交流消磁を行い、主成分分析法(Kirshvink, 1980)を用いて安定な成分の方位を求めた。赤点は窯内のすべてのデータの平均方位、赤点線は平均方位の95%信頼限界角(α_{95})である。図のプロットはMagePlot/D (Hatakeyama, 2018)による。4～6号窯の平均方位、 α_{95} ともに外れ値除去前の物である(除去後は図2)。

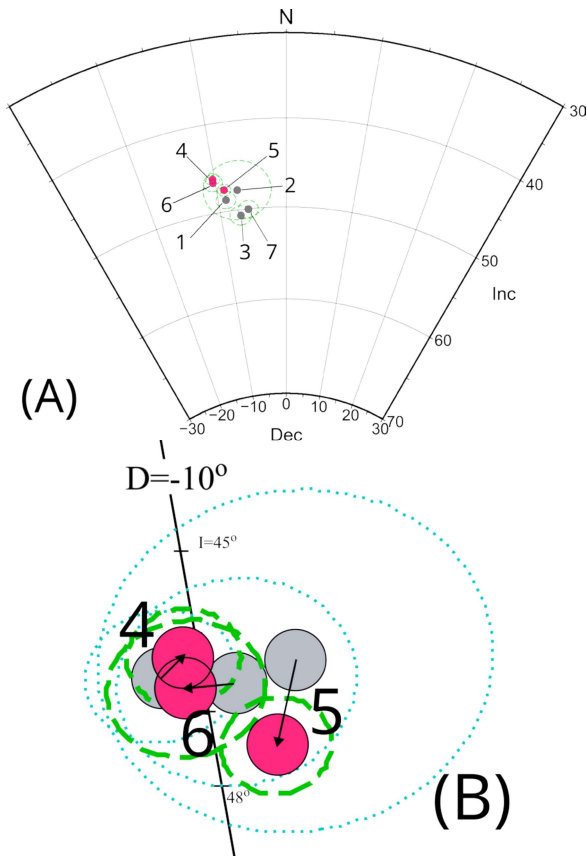


図2 (A) 外れ値除去後の各窯の平均方位を等面積投影方によりプロットしたものと(B) 4～6号窯の外れ値除去前後の方位。

3つの外れ値を除去し、すべての窯について再計算した各窯の平均方位を図2と表1に示す。4～6号窯から1つずつの外れ値を除去したところ、全7窯の方位がの線はよりはっきりした。各窯において複数の小試片からなる集合の集中度が高い場合、平均方位は窯の冷却時(最終操業時)の地磁気方位を良く反映していると考えるのが妥当である。2号窯はさておき、6つの窯については、地磁気永年変化上の時間差を表していると考えられる。この場合、西偏で伏角が浅い方が年代が古い(広岡, 1977; 畠山・渋谷, 2012)ので、窯の最終操業は、4号窯・6号窯→5号窯→2号・1号窯→3号窯・7号窯の順番で行われたと強く示唆される。畠山・渋谷(2012)によれば、この時期の地磁気永年変化の速度は、5-10度/世紀であるので、この窯の操業時間の時間差は100年以下であるとも推定される。ただし、考古学的にはすべての窯に確定的な年代がついているとは言えず、また、一部の窯については考古学的年代観(江頭, 2025)や放射性炭素年代(バリノ・サーヴェイ, 2025)との食い違いが生じている。

	N	偏角[度]	伏角[度]	α_{95} [度]	α_{95} [度] (除去前)	K	K (除去前)
YKT1	10	-8.86	48.74	0.95		2595.9	
YKT2	9	-7.04	47.80	3.28		247.7	
YKT3	9	-6.98	50.63	1.06		2359.5	
YKT4*	8	-10.26	46.23	0.67	0.89	6936.4	3323.0
YKT5*	7	-8.94	47.62	0.65	2.33	8560.4	568.5
YKT6*	8	-10.32	46.65	0.93	1.41	3576.5	1333.9
YKT7	10	-5.74	50.06	0.98		2416.4	

表1 各窯の平均方位と各データのなす角をASDで割ったものが2以上になるデータ。これらを外れ値として扱った。4, 5, 6号窯からそれぞれ1つずつの外れ値を除去した試料個数と平均方位が記してある。

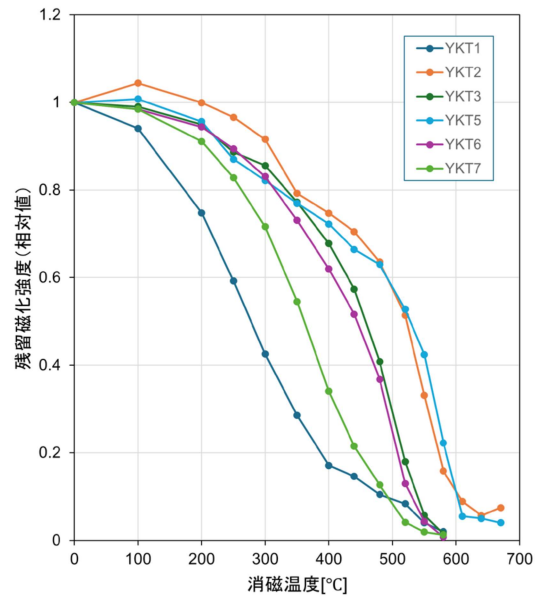


図3 各窯の残留磁化の熱消磁の様子。横軸は段階熱消磁の温度、縦軸は初期の自然残留磁化に対する熱消磁ステップにおける残留磁化強度の相対値。途中で破損した4号窯の試料を除くすべてについて、磁鉄鉱のキュリー点付近である580°Cまで消磁したが、2号窯と5号窯は十分消磁されなかったため、赤鉄鉱のキュリー点付近の670°Cまで追加で測定を行った。

3. 岩石磁気と方位ばらつきとの関係

前項で取り上げた誤差円の大きなサンプル(2号窯)とそのほかの非常に良く方位が決まっているサンプルの間にはどんな違いがあるのだろうか。岩石磁気的な追加測定を交えて考察を加える。なお、本報告では最も残留磁化強度が弱い2号窯(YKT2)と2番目に強い3号窯(YKT3)のデータを紹介する。本報告書では5号窯と7号窯(もっとも残留磁化が強い)を掲載している。

まず、残留磁化を担う磁性鉱物種を調べるため、自然残留磁化の段階熱消磁測定を行った(図3)。その結果、2号窯および5号窯では磁鉄鉱のキュリー温度(580°C)よりも高い磁化成分が存在した。候補として

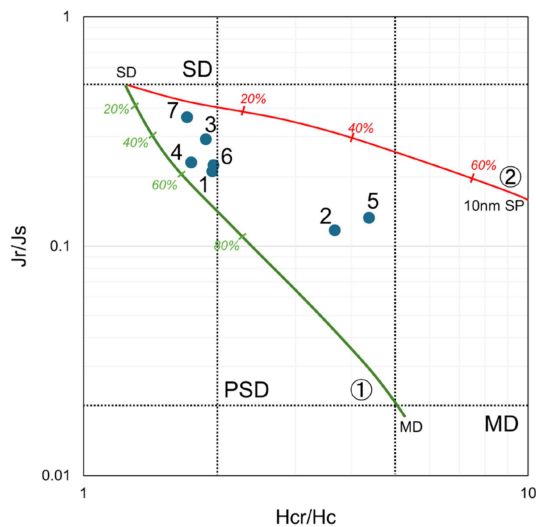


図4 磁気ヒステリシス曲線から求められる磁鉄鉱の軸構造に関するパラメータの図 (Day, 1977)。Hcr: 残留保磁力、Hc: 保磁力、Jr: 飽和残留磁化、Js: 飽和磁化の各値。点線は集合体としての単磁区 (SD)、疑似単磁区 (PSD) および多磁区 (MD) 粒子の区分境界で、①線は SD-MD 混合のとき、②は SD-SP (超常磁性粒子、直径 10nm) 混合のときの理論曲線 (Dunlop, 2002)。点にある数字は窯番号。

は赤鉄鉱(キュリー温度 = 約 670°C) が挙げられる。ほかに、350 ~ 400°C で一度値が下がるもの (1, 2, 5 号窯) がある。考えられる可能性としては、通常の磁鉄鉱以外にチタンを含むチタン磁鉄鉱(キュリー点はチタンの含有量により下がる) や磁赤鉄鉱(熱による分解が 400°C 前後で起こる) が挙げられる。後者は土壌中には存在するが、窯などの高温を受けた焼土中には存在しえない(焼土が埋没後に水を伴って風化するか、土が混交することもあり得る)。

次に、主に磁鉄鉱の粒子サイズを調べるために、磁気ヒステリシス曲線から求められる、飽和磁化・飽和残留磁化・保磁力・残留保磁力を用いた Day プロット (Day et al., 1977) を見る (図 4)。単磁区 (SD, 細粒) - 多磁区 (MD, 粗粒) 混合ラインと単磁区 (SD) - 超常磁性 (SP, 極細粒) 混合ラインの間に入るのは他の考古遺物・遺構の被熱試料と類似している (Paterson et al., 2017)。1, 3, 4, 6, 7 号窯の床面試料は非常に単磁区粒子側に偏っている。これは古地磁気の記録媒体としては非常に望ましい単磁区粒子が卓越した試料と考えられる。ただし、SD - MD 混合ライン方を見るとこのような位置にあっても多磁区粒子の体積割合が 40 ~ 70% にもなることに注意が必要である (体積割合が 70% ということは粒子数としては圧倒的に単磁区粒子が多く、磁区構造と残留磁化の関係を考えれば、残留磁化への寄与率も同様に単磁区の影響が大きくなる)。

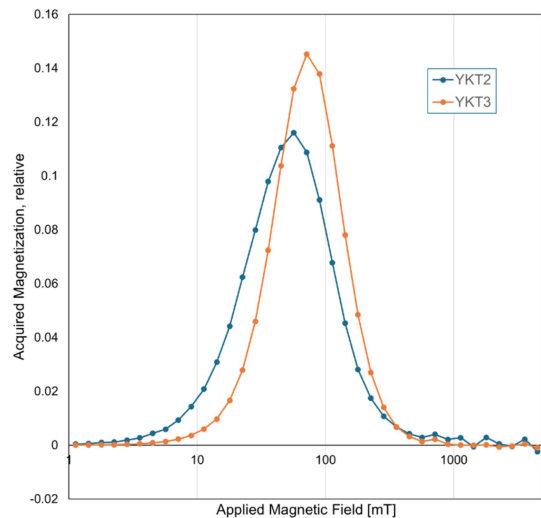


図5 等温残留磁化 (IRM) 獲得スペクトル。横軸は着磁のために印加した磁場、縦軸はその区間で獲得した磁場の相対値

逆に 2, 5 号窯における単磁区粒子のカウンターパートは極細粒な超常磁性粒子、ずっと粗粒な多磁区粒子、あるいはその混合物、いずれの可能性もある。

単磁区(あるいは疑似単磁区)サイズにある磁鉄鉱について、別の角度から見る。図5は等温残留磁化 (IRM) を段階着磁しながら磁化測定を行い、その区間着磁率(累積磁化の差分値)を示している。3号窯と2号窯では3号窯の方が主たる残留保磁力のピーク位置が異なる。これはおそらく、3号窯は単磁区粒子の中でも大きく、保磁力が高いものが多く占めていることを示しているだろう。2号窯では、3号窯よりもピークが低残留保磁力側にあるが、こちらも SD-MD 混合、SD-SP 混合どちらの場合にもあり得る。ほかの窯はいずれも3号窯のようなピーク位置(50mT 前後)になり、Day プロットでは近い位置にある5号窯と2号窯の間にはこの点で差異が見られた(5号窯・7号窯の結果は島山ほか, 2025 を参照)。なお、多くの窯で見られる 700mT 付近の小さなピークは赤鉄鉱を示していると考えられる。

最後に、強磁場中で加熱・冷却をする熱磁気分析の結果を示す(図6)。注意してみるのは、加熱時の曲線である。2号窯と3号窯の間には少なくとも2つの差異がある。ひとつは 500 ~ 600°C 間の直線部の大きさで、2号窯の方が大きい。いずれも 580 ~ 600°C 付近が全体としてのキュリー温度を表している。もうひとつは、加熱時の低温 ~ 400°C 付近のカーブの向きが異なる点である。3号窯は凸型であるのに対し、2号窯はごくわずかに凹型を示す。これは、この温度に主たるものでない鉱物種の存在を示唆している。具体的には

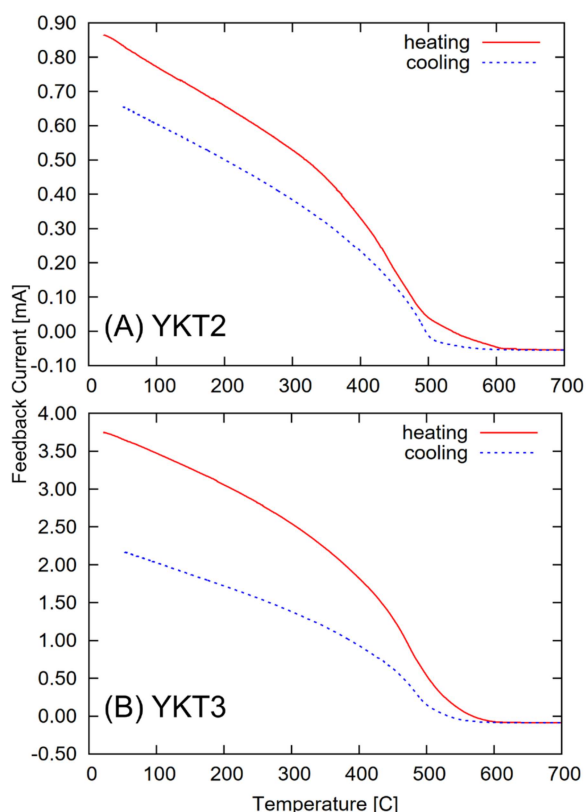


図6 熱磁気分析の結果。(A) 2号窯床面、(B) 3号窯床面試料。横軸は温度、縦軸は磁化(残留+誘導)と関連したフィードバック電流値(多分に相対的だが値の大小には意味がある)。赤実線が加熱時、青破線が冷却時で、温度変化は毎分10°C。

熱消磁の説明で挙げたチタン磁鉄鉱や磁赤鉄鉱であろう。この傾向は、2号窯の他には1(300~400°C)、4(400°C前後)、5号窯(450°C前後と500°C前後?)でも見られるが、2号窯のものよりも若干温度が高い。

これまでの結果を総合して、窯床焼土に含まれる磁性鉱物について、以下のようなモデルを提示する。田本大念塚窯跡群の7つの須恵器窯跡の床面焼土は、いずれも磁鉄鉱を多く含み、残留磁化(古地磁気)の主たるキャリアとなっている。そのほかにも赤鉄鉱が含まれているが、それなりの割合の残留磁化に寄与しているのは2号窯と5号窯のみで、残りは段階熱消磁では分離できない。2号窯は180mTの交流消磁でも消えない成分があることが消えない成分があるが、その原因のひとつは赤鉄鉱であろう。さらに、1、2、4、5号窯では磁赤鉄鉱と考えられる熱分解が見られる。うち、2号窯は比較的低温で分解されるものが段階熱消磁の結果にはっきりと見え、熱磁気分析の結果でも低温分解を示している。同様に1、5号窯のものも段階熱消磁測定と同様の温度での熱分解あるいは相転移あるいは磁性の喪失を示す(4号窯の熱消磁は試料破損によ

り不完全)。このことから2号窯は比較的低温で分解する磁赤鉄鉱を含んでいると考えられる。この磁赤鉄鉱は、窯が終業後に埋没したのち、土壤中で生成されたものが入り込んでできたものではないか。その結果、一部は粒子成長による化学残留磁化を獲得したり、乾燥して磁赤鉄鉱→赤鉄鉱への変化を起こした。これらの変化は焼土層の微細な物理的破壊を伴い、その結果残留磁化方位がばらついた。

まとめ

福岡県八女市田本大念塚窯跡群7基の須恵器窯の床面(焼土面)における古地磁気データの再解析、および岩石磁気の追加測定などから、6つの窯床面より非常に安定な残留磁化方位を抽出することができ、それらがほぼ一直線上に分布して地磁気永年変化を高精度で保持している可能性を示した。また、残り1つのばらついた残留磁化を持つ窯床面は土壌化の影響を強く受けている可能性がある」と結論する。

謝辞

発掘調査から古地磁気測定に至るまで、八女市教育委員会の檀佳克氏、パリオ・サーヴェイ社の馬場健司氏、松元美由紀、九州大学の北原優氏には大変お世話になりました。本研究の古地磁気測定(方位・熱消磁)は岡山理科大学フロンティア理工学研究所のスピン磁力計(DSpin)、磁気ヒステリシス測定は高知大学海洋コア国際研究所の振動磁力計(VSM)、熱磁気分析は同研究所の熱磁気天秤(研究番号 21A028, 25B056)等温残留磁化獲得測定は岡山理科大学総合機器センターの磁気特性測定装置(MPMS)を使用しました。

本研究は、八女市教育委員会および科学研究費補助金(24H00105)のサポートを受けて実施しました。感謝いたします。

参考文献

- 1) 八女市教育委員会, 2025, 田本大念塚窯跡群・田本岩ノ根遺跡, 八女市文化磁調査報告書147, 162pp. <https://sitereports.nabunken.go.jp/ja/143389>
- 2) 畠山唯達, 北原優, パリオ・サーヴェイ株式会社, 2025, 福岡県八女市田本1号窯跡における古地磁気・岩石磁気測定と古地磁気年代推定, 同上, 106-121.
- 3) パリオ・サーヴェイ株式会社, 2025, 田本第1号窯跡発掘調査に係る自然科学分析, 同上, 100-105.
- 4) 江頭俊介, 2025, 遺構の年代について, 同上, 70-71.
- 5) Day, R., Fuller, M., Schmidt, V.A., 1977, Phys. Earth Planet. Inter., 13, 260-267, [http://dx.doi.org/10.1016/0031-9201\(77\)90108-X](http://dx.doi.org/10.1016/0031-9201(77)90108-X)

- 6) Dunlop, D.J., 2002, *J. Geophys. Res.*, 107, EPM 4-1-22, <https://doi.org/10.1029/2001JB000486>
- 7) Fisher, R. A., Dispersion on a sphere, *Proc. R. Soc. Lond.*, A217, 295-305, 1953.
- 8) 島山唯達, 渋谷秀敏, 考古地磁気学データが示す日本の地磁気永年変化, 日本地球惑星科学連合大会, STT58-01, 2012.
- 9) 島山唯達, 北原優, 納本和孝, 鳥居雅之, 考古地磁気学における試料採取および成形 — 測定精度の向上に向けて, *Naturalistae*, 20, 1-12, 2016.
- 10) Hirooka, K., Archaeomagnetic study for the past 2000 years in Southwest Japan, *Mem. Fac. Sci. Kyoto Univ. ser. Geol. & Mineral.*, 38, 167-207, 1971.
- 11) Hatakeyama, T., 2018, Online plotting applications for paleomagnetic and rock magnetic data, *Earth, Planets and Space*, 70, 139, <https://doi.org/10.1186/s40623-018-0906-5>, サイトは <http://mage-p.org/mageplot/>
- 12) 広岡公夫, 考古地磁気および第四紀古地磁気研究の最近の動向, *第四紀研究*, 15, 200-203, 1977.
- 13) Kirschvink, J.L., The least-squares line and plane and the analysis of palaeomagnetic data, *Geophys. J. Int.*, 62, 699-718, 1980.
- 14) Paterson, G.A., Muxworthy, A.R., Yamamoto, Y., Pan, Y.X., 2017, Bulk magnetic domain stability controls paleointensity fidelity, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 114, 13125, <https://doi.org/10.1073/pnas.1714047114>

High-resolution paleomagnetic data and rock magnetic information derived from baked earth

Tadahiro Hatakeyama*

Institute of Frontier Science and Technology, Okayama University of Science, 700-0005 Okayama, Japan

*Corresponding author

Abstract

We performed detailed paleomagnetic measurements and data analysis on baked earth samples collected from floors of seven Sue ware kilns. This yielded highly accurate paleomagnetic data. Previous paleomagnetic directional analyses inadequately handled outliers, resulting in inconsistent outcomes for some kilns. However, this reanalysis produced reliable and precise results. Interpreting these paleomagnetic directions provides information on long-term variations in the geomagnetic field at that time and insights into the operational sequence and temporal gaps between kilns. Additionally, detailed rock magnetism measurements revealed that magnetic minerals formed during low-temperature oxidation influenced the floor surfaces of kilns with inconsistent paleomagnetic directions.

Keywords: Rock magnetism, Paleomagnetism, Sue ware kilns, magnetite, maghemite

北西インド Nidar オフィオライトの角閃石の過剰アルゴン年代

佐藤成修・今山武志*

岡山理科大学フロンティア理工学研究所

* 責任著者

2025 年 12 月 31 日受理

北西インド・ラダック地域の Nidar オフィオライトに産するドレライト 2 試料について、角閃石の K-Ar 年代測定を実施した。その結果、得られた年代はそれぞれ 217.0 ± 10.7 Ma および 155.9 ± 7.8 Ma であり、不一致な値を示した。これらの年代は白亜紀前期の岩体形成年代よりも古く、過剰アルゴンによる影響を反映している。K の含有量が 0.07 wt.% 以下と低く、非放射性起源の ^{40}Ar が 31–32% と高いことから、マントル起源の原始的な ^{40}Ar が角閃石の結晶化時に格子欠陥や流体包有物中に取り込まれた可能性が高い。

1. はじめに

K-Ar 法および Ar-Ar 法は、岩石や鉱物の地質年代を求めるための代表的かつ有力な手法の一つである。これらの方法では、ある時点 ($t = 0$) 以降に試料中で生成された放射性起源の ^{40}Ar はすべて ^{40}K の壊変によるものとみなし、過剰 ^{40}Ar の存在を仮定しないことを前提として年代が算出される。しかし実際には、K-Ar 系や Ar-Ar 系における過剰 ^{40}Ar の存在が広く報告されており、その起源については、原岩中の ^{40}Ar の継承、鉱物の閉止温度、変形過程や流体活動の影響など、さまざまな要因が議論されている (例: Kelley, 2002; Itaya, 2020)。過剰 ^{40}Ar が多量に含まれる場合、測定される年代値は実際の年代よりも著しく古くなる傾向があり、その発生要因を明らかにすることは、年代学的手法を地質学的問題へ正確に適用する上で極めて重要である。

ラダック地域の Nidar オフィオライトは、インダス-ツァンボ縫合帯の一部であり、インド-アジア大陸衝突によってオブダクトした海洋地殻に相当する。Nidar オフィオライトの年代としては、斑れい岩中角閃石の $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代が約 120–100 Ma (Maheo et al., 2004)、および斑れい岩全岩-鉱物 Sm-Nd アイソクロン年代が 140 ± 32 Ma (Ahmad et al., 2008) と報告されている。ドレライト (または細粒斑れい岩) は、岩脈群として、または斑れい岩中に産する。しかし、これらのドレライトの年代については知られていない。

本研究では、Nidar オフィオライトのドレライト類を対象にして、角閃石の K-Ar 年代を分析した。その結果、過剰アルゴン年代値を得たので、岩石学的観点を踏まえて過剰アルゴン年代の原因について議論を試みる。

2. Nidar オフィオライトの地質概要

Nidar オフィオライトの北側は、ラダック花崗岩バソリスとインダスモラッセ堆積物に囲まれ、南側には超高压エクロジヤイトを含む Tso Morari 結晶岩体が分布する (Fig. 1, de Sigoyer et al., 2000; Imayama et al., 2024)。Tso Morari 結晶岩体の周囲は、低変成度の古生代~中生代の堆積岩からなる Tetraogal Nappe によって取り囲まれている。

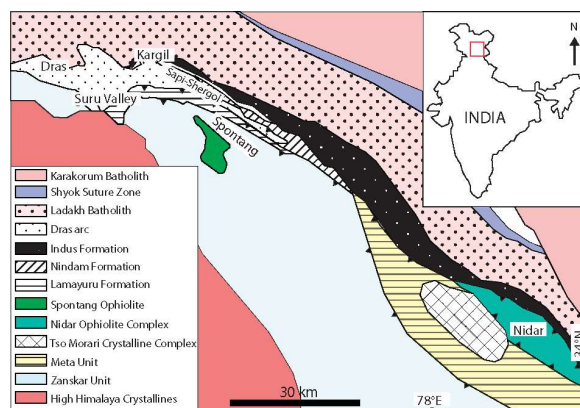


Fig. 1 Geological map in Ladakh (Bhat et al., 2021)

Nidar オフィオライトは典型的な海洋層序を示し、下部から上部に向かって、かんらん岩・蛇紋岩類 → 斑れい岩 → ドレライト岩脈 → 枕状溶岩 (玄武岩・安山岩) → チャート → 海底堆積岩の順に配列している (Das et al., 2015)。超苦鉄質ユニットは、下部にスピネル・ハルツバージャイト、上部にスピネル・ダナイトが発達し、マグマ成層構造を示す (Sachan et al., 2007)。斑れい岩は、最下層の超苦鉄質ユニットの蛇紋岩とジグザグ状に接しており、この境界は Nidar

Table 1 Amphibole K-Ar ages of dolerites from the Nidar ophiolite, NW India

Sample name	Mineral	Rock type	K (wt.%, 2 σ)	Rad. ⁴⁰ Ar (10 ⁻⁸ ccSTP/g, 2 σ)	Non Rad. ⁴⁰ Ar (%)	K-Ar age (Ma, 2 σ)
13-4	Amp	dolerite	0.0667 ± 0.0033	59.67 ± 0.94	32.1	217.0 ± 10.7
13-6	Amp	dolerite	0.0652 ± 0.0033	41.20 ± 0.64	31.2	155.9 ± 7.8

オフィオライトにおける岩石学的モホ面に相当する (Das et al., 2015)。枕状溶岩は径 30 ~ 50 cm の球状を呈し、斑れい岩と整合的な関係を示す。

上部層は、安山岩質の枕状溶岩、チャート、火山性堆積岩から構成される。これらの火山性堆積物は、チャート、珪質岩、火山砕屑性砂岩・礫岩、凝灰岩、火山岩類から主になり (Buchs and Epard, 2018)、上部では酸性火山岩が卓越する。

3. 岩石記載と角閃石組成

分析に用いた試料は、Nidar オフィオライトから採取したドレライト 2 試料である。角閃石組成は、岡山理科大学総合機器センター設置の電子プローブアナライザー (日本電子社製 JSM-8230) により分析した (Imayama et al., 2020)。

ドレライト試料 (13-4、13-6) は、主に中粒で緑色の角閃石、斜長石、石英および Ti-Fe 不透過鉱物から構成され、微量のアパタイトも含まれる。二次的な緑泥石、アクチノ閃石、および緑簾石は、熱水変質の結果として一般的に観察される。角閃石は、部分的に緑泥石に置換されている。斜長石の結晶は針状または板状で、二次電子像像では組成の帯状構造 (ゾーニング) が確認される。試料 13-6 は変質作用の影響が大きく、主に斜長石のアルビタイゼーションによって特徴付けられる。

Sato et al. (2025) によれば、ドレライトの角閃石は、主に Mg- 普通角閃石からなる。試料 13-4 では、角閃石の X_{Mg} 値は 0.49 ~ 0.82、Si 値 (pfu) は 6.67 ~ 7.94 の範囲である。高い Si 値を持つアクチノ閃石は、Mg- 普通角閃石の置換として現れるか、Mg- 普通角閃石の斑晶を取り囲むリムを形成している。一方、試料 13-6 の角閃石はほぼ Mg- 普通角閃石 (X_{Mg} 値は 0.59-0.62、Si 値は 6.95-7.10) で、後期のアクチノ閃石をほとんど含まない。

4. 角閃石の K-Ar 年代

試料はまず粉碎し、ふるい分けを行った後、粉末を純度の高い状態に洗浄し、60°C で乾燥させた。黒雲母や変質鉱物を除去するために塩酸処理を施し、その後、磁力分離を行ったうえで、ハンドピックに

より角閃石粒子を選別した。カリウムとアルゴンの分析は、岡山理科大学において炎光度計と質量分析計を用いて実施した。K-Ar 年代測定の結果は Table 1 にまとめてある。

試料 13-4 からの角閃石は、K-Ar 年代が 217.0 ± 10.7 Ma、K の含有量は 0.067 wt.%、非放射性起源の ⁴⁰Ar が 32.1% である。一方、試料 13-6 からの角閃石は、K-Ar 年代が 155.9 ± 7.8 Ma、K の含有量は 0.066 wt.%、非放射性起源の ⁴⁰Ar が 31.2% である。

5. 過剰アルゴンの成因

これまでに報告されている Nidar オフィオライトの形成年代としては、斑れい岩の Sm-Nd 全岩-鉱物アイソクロン年代 140 ± 32 Ma (Ahmad et al., 2008)、斑れい岩に貫入する斜長花崗岩の U-Pb ジルコン年代約 131 Ma (Buch and Epard, 2018)、火山砕屑岩の U-Pb ジルコン年代 136.2 ± 1.6 Ma がある。これに対して、今回得られたドレライトの K-Ar 角閃石年代 217 ~ 156 Ma は有意に古く、さらに 2 試料の年代値は一致しない。また、Maheo et al. (2004) による斑れい岩、マイクロ斑れい岩、玄武岩の ⁴⁰Ar/³⁹Ar 角閃石年代は 124 ~ 110 Ma であり、形成年代より若いことから冷却年代を示すと解釈されている。以上のことから、今回のドレライトに見られる古い K-Ar 角閃石年代は、過剰アルゴンの影響によるものと考えられる。

過剰アルゴンとは、角閃石結晶中に閉じ込められた非放射性起源の ⁴⁰Ar が、放射壊変由来の ⁴⁰Ar と区別されずに年代計算に取り込まれることで生じる現象である。過剰アルゴンの成因としては、1) 変成作用時の過熱による Ar 系の不完全なリセット、2) 後期流体の混入、3) 地殻物質の汚染、4) マントル由来の原始的 ⁴⁰Ar の取り込み、などが挙げられる。

角閃石の K-Ar 系の閉止温度はおよそ 500 ~ 600°C とされ (Villa, 1998)、熱水変成作用によって完全にリセットされるとは考えにくい。さらに、今回の年代値は岩体の形成年代より明らかに古く、また 2 試料間で約 60 Ma もの開きがあるため、単純なリセット不完全では説明できない。次に、後期流体活動は一般に ³⁶Ar を増加させ ⁴⁰Ar/³⁶Ar を低下させる傾

向があるが、本ケースでは非放射性起源の ^{40}Ar 割合が高いままであり、むしろ高い $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ をもつマントル由来流体の関与が示唆される。さらに、角閃石の純度が高く、K 濃度が一様に低いことから、地殻物質の混入とは考え難く、結晶化時に獲得した本質的特徴とみなされる。以上より、成因として 1) ~ 3) は妥当ではない。

Nidar オフィオライトのドレライトは、上部マントルで生成した玄武岩質マグマ(のちに斑れい岩へ分化)が、分別結晶作用を経て形成した岩石と解釈されている (Sato et al., 2025)。この高温プロセスの中で、マントルウェッジ流体に含まれていた原始的 ^{40}Ar (大気値 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar} \approx 295.5$ を超える)が、角閃石の結晶化時に格子欠陥や流体包有物にトラップされた可能性がある。実際、Maheo et al. (2004) の角閃石による $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ステップヒーティングでは、加熱初期に流体由来の古いシグナルが観測されており、マントル起源の原始的 ^{40}Ar 取り込みが示唆されている。

K-Ar 年代法では、角閃石分離の過程でこのような原始的 ^{40}Ar を完全に除去することはできず、加えて K 含有量が低いため $^{40}\text{Ar}/\text{K}$ 比が高くなり、見かけの年代が過大評価されやすい。実際、総 ^{40}Ar の約 1/3 が非放射性起源であり、マントル流体の寄与が強く示唆される。以上の点から、過剰アルゴンの主たる供給源はマントル由来の ^{40}Ar と考えられる。

引用文献

Ahmad, T., Tanaka, T., Sachan, H.K., Asahara, Y., Islam, R., Khanna, P.P., 2008. Geochemical and isotopic constraints on the age and origin of the Nidar Ophiolitic Complex, Ladakh, India: Implications for the Neo-Tethyan subduction along the Indus suture zone. *Tectonophysics* 451, 206-224.

Bhat, I.M., Ahmad, T., Rao, D.V.S., Balakrishnan, S., Rao, N.V.C., 2021. PGE and isotopic characteristics of Shergol and Suru Valley Ophiolites, Western Ladakh: Implications for supra-subduction tectonics along Indus Suture Zone. *Geoscience Frontiers* 12, 101118.

Buchs, N., Epard, J.-L., 2018. Geology of the eastern part of the Tso Morari nappe, the Nidar Ophiolite and the surrounding tectonic units (NW Himalaya, India). *Journal of Maps* 15, 38-48.

Das, S., Mukherjee, B.K., Basu, A.R., Sen, K., 2015.

Peridotitic minerals of the Nidar Ophiolite in the NW Himalaya: sourced from the depth of the mantle transition zone and above. Geological Society, London, Special Publications 412, 271-286.

de Sigoyer, J., Chavagnac, V., Blichert-Toft, J., Villa, I.M., Luais, B., Guillot, S., Cosca, M., Mascle, G., 2000. Dating the Indian continental subduction and collisional thickening in the northwest Himalaya: Multichronology of the Tso Morari eclogites. *Geology* 28, 487-490.

Imayama, T., Uehara, S., Sakai, H., Yagi, K., Ikawa, C., and Yi, K., 2020. The absence of high pressure metamorphism in the inverted Barrovian metamorphic sequences of the Arun area, eastern Nepal and its tectonic implication. *International Journal of Earth Science* 109, 465-488.

Imayama, T., Dutta, D., Yi, K., 2024. The origin of the ultrahigh-pressure Tso Morari complex, NW Himalaya: implication for early Paleozoic rifting. *Geological Magazine* 160, 1975-1982.

Itaya, T., 2020. K-Ar phengite geochronology of HP-UHP metamorphic rocks—An in-depth review—. *Journal of Mineral Petrological Science* 115, 44-58.

Kelly, S., 2002. Excess argon in K-Ar and Ar-Ar geochronology. *Chemical Geology* 188, 1-22.

Mahéo, G., Bertrand, H., Guillot, S., Villa, I.M., Keller, F., Capiez, P., 2004. The South Ladakh ophiolites (NW Himalaya, India): an intra-oceanic tholeiitic arc origin with implication for the closure of the Neo-Tethys. *Chemical Geology* 203, 273-303.

Sachan, H.K., Mukherjee, B.K., Bodnar, R.J., 2007. Preservation of methane generated during serpentinization of upper mantle rocks: Evidence from fluid inclusions in the Nidar ophiolite, Indus Suture Zone, Ladakh (India). *Earth and Planetary Science Letters* 257, 47-59.

Sato, A., Imayama, T., Dutta, D., Kaneda, Y., Watanabe, S., Hasegawa, T., Minami, M., Wakasugi, Y., Wakaki, S., Yi, K., 2025. Supra-subduction zone magmatism and extreme mantle depletion in the Early Cretaceous Nidar Ophiolite Complex, NW India. *Gondwana Research* 147, 119-136.

Villa I. M., Bucher, S., Bousquet, R., Kleinhans, I. C., Schmid, S. M., 2014. Dating polygenetic metamorphic assemblages along a transect across the western Alps. *Journal of Petrology* 55, 803-830.

Excess ^{40}Ar ages of amphibole from the Nidar ophiolite, NW India

Akinori SATO · Takeshi IMAYAMA ¹⁾*

¹⁾ *Institute of Frontier Science and Technology, Okayama University of Science,
1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama, 700-0005, Japan*

*Corresponding author

K–Ar dating was conducted on amphibole separated from two dolerite samples of the Nidar ophiolite in the northwestern Himalaya, India. The obtained K–Ar ages are 217.0 ± 10.7 Ma and 155.9 ± 7.8 Ma, showing discordant results. These ages are older than the Early Cretaceous protolith formation age and are interpreted as excess argon ages. Because the proportion of low K contents (below 0.07 wt.%) and high non-radiogenic ^{40}Ar (31–32%), it is likely that primitive ^{40}Ar of mantle origin was incorporated and trapped in lattice defects or fluid inclusions during amphibole crystallization.

Keywords: K–Ar; amphibole; excess Ar

薬剤耐性緑膿菌に投与した抗生剤別交叉耐性率の月次変動データの解析

牧 祥^{1)*}・初田泰敏²⁾・今泉 忠³⁾

1) 岡山理科大学 フロンティア理工学研究所

2) 大阪大谷大学薬学部 臨床薬学教育研修センター 実践医療薬学講座

3) 多摩大学 経営情報学部 経営情報学科

* 責任著者

1. はじめに

抗生剤を長期間使用すると、抗生剤に耐性を持つ抗菌薬耐性 (antimicrobial resistance, AMR) が誘発されることがある¹⁾。あるいは複数の抗生剤に耐性を持つ多剤耐性菌 (multidrug-resistant bacteria, MRB) も出現することがある²⁾。細菌株が特定の抗菌薬に対してほとんどまたは全く感受性 (耐性) を示さず、同時に類似の化学構造または作用機序を持つ別の抗菌薬に対しても感受性 (耐性) が低下する場合、この現象を交叉耐性と呼ぶ³⁾。感染症治療において標的微生物の個々の抗菌薬に対する感受性 (耐性) プロファイルを理解することは極めて重要だが、交叉耐性のパターンを可視化して臨床現場で活用している事例は極めて少ない。

我々は先行研究で薬剤別の交叉耐性率を定義し、それらを非対称正方行列に整理することで単相二元の Radius-Distant model に適用することを試みた^{4,6)}。その結果、データの類似性による2次元布置で可視化することに成功し、薬剤を作用機序と類似性で分類できることを示した⁷⁾。本報告ではその研究を発展させ、二相三元の Radius-Distant model で解析を試みた。

2. 調査に関する研究倫理

本研究は堺市医療センター 治験審査委員会の承認を受けている (承認番号: H30-119)。データは連結可能匿名化され個人を特定できないようにしている。個人に不利益となることはない。

3. データの特徴

解析に用いた医療情報は、大阪府堺市最大の病院である堺市立医療センターで収集された緑膿菌の薬剤感受性試験データに基づいている。この調査は2013年1月から2018年12月までデータを収集した。この期間中、2015年7月1日に約3.5km離れた現在の場所に病院が移転するという大きな出来事があった。病院移転直後は、院内に常在菌はほとんど存在しないため、この病院でAMRが発生した場合、その理由は院外からの細菌の持ち込みしか考えられない。つまり移転前後のMRBの変化を経時的に観察することで、交叉耐性緑膿菌の感染

過程を明らかにすることができる。

データ収集および交叉耐性率の計算では、本研究の共著者の一人である初田泰敏教授が開発した独自のソフトウェアChansを使用した^{4,6)}。10種以上の耐性株のデータを収集するため、データ収集は病院移転直後の2015年7月から開始し、1ヶ月ごとに遅延させながら2017年7月まで25ヶ月間継続した。データ収集の手順の詳細は先行研究^{4,7)}に記載している。

本研究では、先行研究⁷⁾で分析された抗生剤の医療情報を踏襲した。緑膿菌に対する交叉耐性の影響は以下の12種類の抗生物質を用いて分析した: ピペラシリン (PIPC)、ピペラシリン-タゾバクタム (PIPC.TAZ)、セフトジジム (CAZ)、セフェピム (CFPM)、セフォペラゾン-スルバクタム (CPZ.SBT)、イミペネム (IPM)、メロペネム (MEPM)、アズトレオナム (AZT)、アミカシン (AMK)、ゲンタマイシン (GM)、シプロフロキサシン (CPFX)、およびレボフロキサシン (LVFX)。上記以外の抗生剤のデータは症例数が少ないため分析から除外した。

抗生剤はいくつかの系統で分類されている⁸⁾。さらに作用機序と分子構造の違いでサブグループに細分されている。使用した12の抗生物質は系譜学的によって6つのグループ、作用機序によって3つのグループに大別できる。

4. 交叉耐性率 (Cross-resistance rate ; CRR)

交叉耐性率は以下の(1)式で導出した。

$$CRR_{B \leftarrow A} = \frac{N(R_A \cap R_B)}{N(R_A)} \times 100 \quad (1)$$

詳細は先行研究[7]で示した。

5. 二相三元の Radius-Distant model の計算条件

本研究では岡田と今泉によって開発された二相三元の Radius-Distant model の手法を適用した⁹⁾。二相三元の手法では2015年7月から2017年7月までの25ヶ月のCRRマトリックスそれぞれを一括して分析する。

解析ではデータの類似性で評価し、最大5次元から開始して1次元ずつ次元低減しながら1次元まで計算した。

各次元に対応するデータストレスを図1にまとめた。この結果から次元数2で視覚化することにした。

図2は2015年7月のCRRマトリクスの次元数2における散布図である。それ以外の月の散布図も定性的に図2と同様の分布を示した。類似性がカスケード式に減衰しているのでデータのタイ化は起きていないことが判る。数値計算は反復回数を200に設定し、距離尺度にユークリッド距離で評価した。

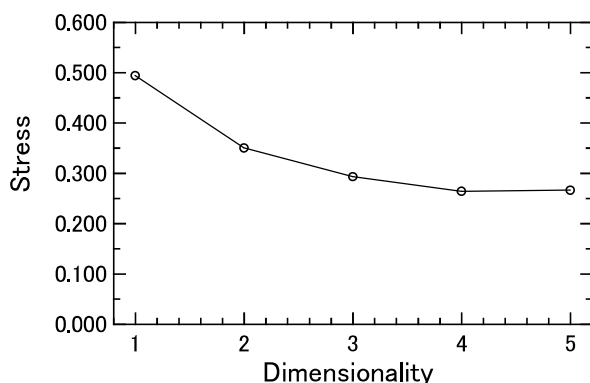


図 1. データストレス. 最大5次元から開始して1次元ずつ次元低減しながら1次元まで計算した。

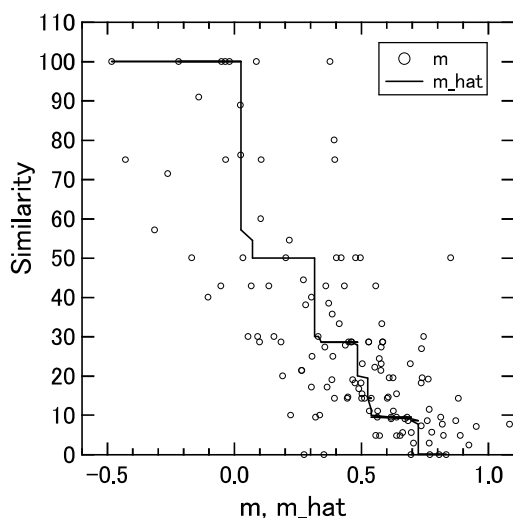


図 2. 2015年7月のCRRマトリクスの次元数2における散布図

6. 結果

図3に解析結果である二次元布置を示す。データ間距離に近いほど類似性が高いデータであることを示し、距離が離れるほど類似性は小さくなる。データ円の大きさはデータの安定性を反映し、強いデータほどデータ円は小さくなる。

図3で示したように同じ色の抗生剤のデータ円は密

接配置されていることが判る。例えば、AMK と GM (オレンジ)、IPM と MEPM (紫)、CPFX と LVFX (ピンク) はそれぞれグループを形成した。AZT (水色)、PIPC と PIPC.TAZ (緑)、CAZ、CFPM、CPZ.SBT (青) は互いに近接して配置され、単一のグループを形成していることが判る。これらのことから、データ円は少なくとも 4 種類のグループに分類されていることが判る。ただしAZT は点データとして配置され、それ以外の抗生剤は円で表現されている。

AMK、CFPM、CAZ、PIPC、PIPC.TAZ の円は大きく、GM と IPM の円は小さかった。AMKの円は常にGMのそれよりも大きく、MEPMの円は常にIPMの円よりも大きかった。CPFXとLVFXの円はほぼ同じ大きさであった。青グループと緑グループの円はそれぞれ近接しており、作用機序の類似性が背景にあると思われる。CPZ.SBTはわずかに小さかった。

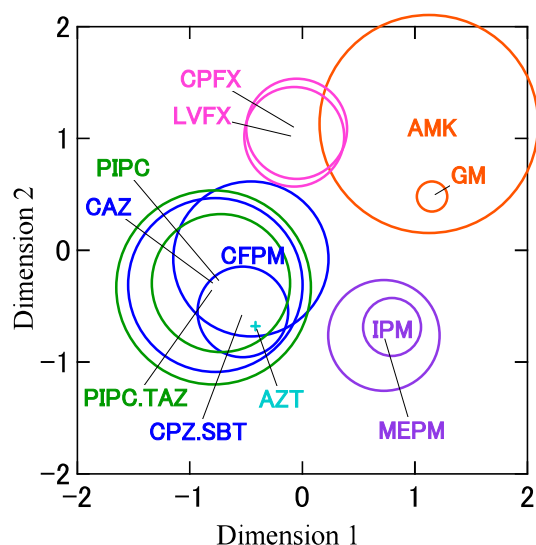


図 3. データストレス. 最大5次元から開始して1次元ずつ次元低減しながら1次元まで計算した。

7. 考察

データの交叉耐性率だけでは類似性は全く判別できないが、解析結果を可視化すると抗生剤の系統や作用機序に共通したデータほど近接し、データの背景にある特長で分類されていることが判った。同様の結果は単相二元の結果でも示され、定性的に二相三元の解析結果と同じであった。Radius-Distant model による医療データ解析はおそらく初めてであるが、予想以上の分類効果を発揮できたといえるかもしれない。

本調査の限界について考察する。先行研究[7]でも指摘したように薬剤耐性菌がまだあまり蔓延していな

い段階では、特定の抗菌薬に処方が集中する。その結果、他の抗菌薬がほとんど使用されないためCRRマトリックスの要素がゼロになりやすい。そういった場合は Radius-Distant model は解析不能に陥ることが想像される。本モデルは緑膿菌のようにAMRやMRBが蔓延している感染症にのみ適用できると思われる。もし行列要素がゼロになるのを避けるためにはデータ収集期間を延長する必要がある。Chance のような収集ソフトを活用してデータ収集を高度化する必要がある。

第一選択または第二選択の抗菌薬を決定するプロセスは厳格なガイドラインに従って実施されなければならない。したがって本手法を適用して抗菌薬選択を行うことは難しい。しかし本研究で提示した手法は新しい試みであって、ガイドラインの妥当性を再確認する場合や、抗菌薬併用療法の有効性を検証するためには活用できるかもしれない。

8. 結論

我々は先行研究で活用したデータを使って二相三元

の Radius-Distant model の解析を実施した。解析の結果、抗生剤は系統別あるいは作用機序別に4つのグループに分類された。本手法の導入によって複雑な交叉耐性データを抗生剤別に分類し、分かりやすく可視化することが可能になった。これは投薬選択の意思決定にも貢献できる技術になると期待される。Radius-Distant model のようなデータマイニングは、今後、医療データの解析に幅広く活用されるべきであると考えている。データマイニングを応用した医療データの解析がさらに進展することを期待している。

謝辞

本研究は岡山理科大学フロンティア理工学研究所の研究資金を利用した。本研究では立教大学名誉教授の岡太彬訓先生に貴重なアドバイスを賜った。大阪大谷大学 薬学部の名徳倫明教授、面谷幸子講師、堺市立総合医療センターの石坂敏彦先生、安井友佳子先生、齊藤孝子先生、小泉尚則先生にはデータ収集で貢献していただいた。深く謝意を表したい。

参考文献

1. Ho C. S., Wong C. T. H., Aung T. T., et al. (2025) Antimicrobial resistance: a concise update, *Lancet Microbe* 6 (1): 100947.
DOI: 10.1016/j.lanmic.2024.07.010
2. Parmanik A., Das S., Kar B., Bose A., Dwivedi G. R., Pandey M. M. (2022) Current treatment strategies against multidrug-resistant bacteria: a review, *Current Microbiol.* 79: 388.
DOI: 10.1007/s00284-022-03061-7
3. Schmidt T. M. (eds), (2019) *Encyclopedia of Microbiology* 4th edn. Elsevier, Netherlands, p 127-139, ISBN 978-0-12-811737-8.
4. 7. Hatsuda Y., Maki S., Ishimaki Y., et al (2019) Development of a new correlation diagram to visualize the trends of antimicrobial cross-resistance, *Int. J. Biomed. Soft Comput. Human Sci.* 24 (1): 39-48.
5. 8. Hatsuda Y., Ishizaka T., Koizumi N., et al (2020) Monitoring antimicrobial cross-resistance with cross-resistance rate correlation diagrams: Changes in antibiotic susceptibility of *Pseudomonas aeruginosa* due to hospital relocation, *J. Clinic. Pharm. Therapeu.* 45: 13296.
DOI: 10.1111/jcpt.13296
6. 9. Hatsuda Y., Maki S., Ishizaka T., et al (2021) Visualization of cross-resistance between antimicrobials by asymmetric multidimensional scaling, *J. Clinic. Pharm. Therapeu.* 46: 13564.
DOI: 10.1111/jcpt.13564
7. 10. Maki S., Hatsuda Y., Ishizaka T., et al (2023) Chronological monitoring of the cross-resistance rate of *Pseudomonas aeruginosa* classified by the radius-distance model, *Behaviormetrics: Quantitative Approaches to Human Behavior, The 50th Anniversary of the Behaviormetric Society* 4 : 245-264.
8. 23. Kapoor G., Saigal S., Elongavan A. (2017) Action and resistance mechanisms of antibiotics: a guide for clinicians, *J. Anaesthesiol. Clin. Pharmacol.* 33(3): 300-305.
DOI: 10.4103/joacp.JOACP_349_15
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5672523/>
9. 30. Okada A., Imaizumi T. (1997). Asymmetric multidimensional scaling of two-mode three-way proximities. *J. Classifi.* 14: 195-224.

Analysis of monthly data on cross-resistance rates by antibiotics administered to *drug-resistant Pseudomonas aeruginosa*

Syou Maki ^{1,*}, Yasutoshi Hatsuda ², Tadashi Imaizumi ³

¹ *Institute of Frontier Science and Technology, Okayama University of Science,*

1-1, Ridai-cho, Kita-ku, Okayama, 700-0005, Japan

² *Faculty of Pharmacy, Osaka Ohtani University,*

3-11-1, Nishikiori-kita, Tondabayashi, Osaka Pref. 584-8540, Japan

³ *School of Management and Information Sciences, Tama University,*

4-1-1, Hijirigaoka, Tama, Tokyo, 206-0022, Japan

*Corresponding author

We conducted analysis of Radius-Distant model scaling with two-mode and three-way proximities by using the data from our previous survey. The data was classified based on the similarity of the data, and we adopted the Euclidean distance measure on the analysis. The results were visualized on the two-dimensional arrangement. As a result, antibiotics were classified into four groups according to their lineage or mechanism of action. As to the merit of this method, it became possible to classify complex cross-resistance data by antibiotic and visualize it in an easy-to-understand manner. This method is expected to contribute to decision-making in medication selection. We believe that data mining, such as the Radius-Distant model, should be widely utilized in medical data analysis in the future. We hope to see further advances in medical data analysis using a data mining.

Keywords: Cross-resistance, Asymmetric multidimensional scaling, Antibiotic drugs, Data mining

レスベラトロールが骨格筋細胞の凝集塊形成と凝集塊中の生存率に及ぼす影響

矢山峻輔¹⁾・吉鶴歩実²⁾・神吉けい太^{1),2)}・岩井良輔^{2),3)}*

1) 岡山理科大学工学部 生命医療工学科

2) 岡山理科大学大学院 理工学研究科自然科学専攻

3) 岡山理科大学フロンティア理工学研究科

* 責任著者

2025年12月31日受理

1. 緒言

三次元 (3D) 培養系は、細胞間相互作用や組織様構造を再現可能な手法として、再生医療および組織工学分野において広く用いられている [1]。なかでも、細胞凝集塊は、外来性足場材料を用いずに 3D 構造を形成できる点で汎用性が高く、さまざまな細胞種を対象に応用が進められている [2,3]。一方で、凝集塊内部では酸素および栄養分の拡散が制限されるため、細胞密度の増加に伴い内部壊死が生じやすいという課題がある [3,4]。特に、骨格筋組織は高いエネルギー代謝活性と細胞密度を特徴とすることから、3D 培養系においては細胞生存性の確保が重要な課題となる。

3D 組織体の内部壊死を回避するため、これまでに灌流培養や血管内皮細胞との共培養、足場材料を併用した組織構築など、主として培養環境や構造設計の観点からさまざまな工学的アプローチが検討されてきた [1,5]。これらの手法は凝集塊内部への酸素・栄養供給を改善する点で有効である一方、系の複雑化や適用条件の制約といった課題も残されている。一方、3D 組織内部の生存性を向上させるためには、酸素や栄養の供給量を増やす工学的制御に加えて、細胞自身の代謝要求量を低下させ、低酸素・低栄養環境下でも生存可能な状態へと調節するという視点も重要である。

ポリフェノールの一種であるレスベラトロール (resveratrol, RSV) は、AMPK 活性化などを介したエネルギー代謝調節作用を有することが知られており、細胞の増殖特性や代謝要求量に影響を及ぼす化合物として注目されている [6]。RSV は、これまでに多様な細胞種において代謝制御やストレス耐性に関与することが報告されており、実際に RSV に作用させた軟骨細胞の凝集塊内部の細胞生存性が向上することが示されている [7]。

一方、細胞凝集塊の作製法には、浮遊条件下での

自発的凝集を利用する方法や、接着培養を基盤として細胞間接着を維持したまま凝集を誘導する方法など、複数の選択肢が存在する [3,8]。これらの作製法はそれぞれ異なる物理的・生物学的特性を有しており、細胞の状態変化が凝集挙動に及ぼす影響も一様ではないと考えられる。したがって、代謝状態が変化した細胞を用いた場合、凝集塊形成過程および凝集塊内部の生存性が、作製条件に依存してどのように変化するかを整理することは重要である。

以上より本研究では、RSV が骨格筋細胞の凝集塊形成挙動および凝集塊中の細胞生存に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

2.1. 細胞培養および RSV 処理

マウス骨格筋芽細胞株 (C2C12) を、10% ウシ胎児血清 (FBS; Thermo Fisher Scientific, MA, USA)、1% ペニシリン・ストレプトマイシン (PS; Fujifilm Wako Pure Chemical Corporation, Osaka, Japan) を含む D-MEM (High Glucose) 培地 (Fujifilm Wako Pure Chemical Corporation) (増殖培地) を用いて増殖培養し実験に用いた。C2C12 は培養皿 (100 mm; AGC Techno Glass Co., Ltd., Tokyo, Japan) に播種し、増殖培地を用いて 3 日間培養した後、RSV (Fujifilm Wako Pure Chemical Corporation) を 25-100 μ M となるよう添加した増殖培地に交換し、さらに 1 日培養した時点で細胞を 0.05% トリプシン-EDTA 溶液 (Fujifilm Wako Pure Chemical Corporation) の添加によって培養皿から剥離させ回収した。ここで、細胞増殖性の指標として、播種細胞密度 (D1)、到達細胞密度 (D2)、および培養時間 (t) から以下に示した式で平均世代時間 (T_d) を算出した。

$$T_d = \frac{\ln 2 \times t}{\ln (D_2/D_1)}$$

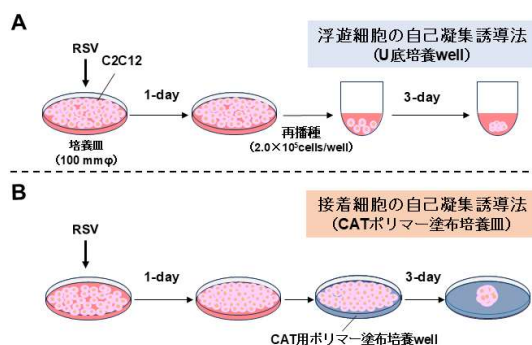


図1 浮遊細胞(A) および接着細胞(B)の自己凝集誘導法を用いたマウス骨格筋芽細胞株(C2C12)の凝集塊作製工程

回収した細胞は、図1に示すように浮遊細胞の自己凝集誘導法として、U底形状の培養well (Sumitomo Bakelite Company Limited, Tokyo, Japan)、または接着細胞の自己凝集塊誘導法として、細胞自己凝集化技術 (CAT) 用のポリマー (試用品; 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$; Nissan Chemical Corporation, Tokyo, Japan) を以前の研究の方法に従って底面全体に塗布した平面培養well (1.8 cm^2 , AGC Techno Glass Co., Ltd.) に 2.0×10^5 cells/well の密度で播種して3日間培養した [8]。3日後、D-MEM (High Glucose) 培地に2%FBSと1%ペニシリン・ストレptomycinを含む分化培地に交換しさらに3日間培養した。細胞は倒立型顕微鏡 (Eclipse Ti2; Nikon Corporation, Tokyo, Japan) を用いて観察し、顕微鏡用カメラ (DS-Fi3; Nikon Corporation) を用いて写真を撮影した。

2.2 組織分析

分化培地で3日間培養した細胞凝集塊を培養wellから回収し、4.0%パラホルムアルデヒドリン酸緩衝生理食塩水溶液 (Fujifilm Wako Pure Chemical Corporation) を添加して4°Cで一晩静置することで細胞凝集塊を固定化した。続いて、70%エタノール水溶液、無水エタノールの順に浸漬することで脱水した後、パラフィン (Fujifilm Wako Pure Chemical Corporation) に包埋し、ミクロトームを用いて約4 μm の厚さで薄切片を切り出した。薄切片は常法に従って脱パラフィン化、再水和した後、90°Cに加温した抗原賦活剤 (Immunosaver; Nisshin-EM, Tokyo, Japan) 内に浸漬し約40分間静置することで抗原を賦活化した後、1%ウシ血清アルブミンを含むリン酸緩衝生理食塩水 (PBS) 溶液を添加して1時間静置することでブロッキングした。続いて、一次抗体として骨格筋マーカーである anti- α -actinin mouse monoclonal antibody (1:100; A7811; Sigma-Aldrich Co. LLC, MO, USA) を添加し4°Cで一晩静置した後、二次抗体として goat anti-mouse IgG H&L antibody (1:1000; ab150116; Abcam) を添加し室温で2時間静置した。薄切片は核染色封入剤 (ProLong™ Diamond

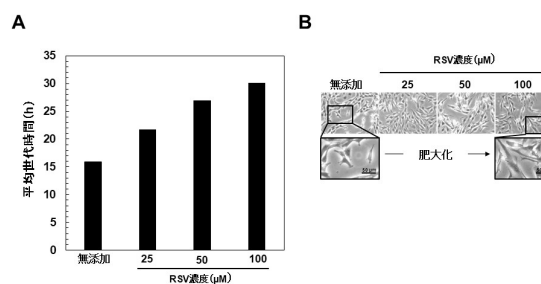


図2 レスベラトロール(RSV)の添加濃度がマウス骨格筋芽細胞株(C2C12)の平均世代時間(A)と添加1日後の細胞形状(B)に及ぼす影響

Antifade Mountant with DAPI; Thermo Fisher Scientific) を用いて封入した後、蛍光顕微鏡 (Eclipse Ti2; Nikon Corporation) を用いて観察し、顕微鏡用カメラ (DS-Fi3; Nikon Corporation) を用いて写真を撮影した。

3. 結果と考察

3.1 RSVがC2C12の増殖性と形態に及ぼす影響

RSVを添加した増殖培地中でC2C12を培養すると、平均世代時間はRSV無添加の約15時間に対して、25-100 μM の間で濃度依存的に延長し、100 μM で添加した条件では無添加の約2倍の30時間に達した(図2A)。すなわち、RSV濃度の上昇に伴い段階的に細胞増殖性が低下することが分かった。ここで、RSV添加1日後の細胞形態を観察すると、RSV無添加では細胞は紡錘形で比較的小型の形態を示したのに対し、RSV添加条件では細胞幅の拡大が認められ、RSV濃度の増加に伴い細胞面積が増大し、扁平で大型の形態を示すことが分かった(図2B)。

3.2 RSVがC2C12の凝集塊形成に及ぼす影響

RSV処理後のC2C12を用いて、U底形状培養ウェルに播種し凝集塊形成を誘導すると、RSV無処理群では細胞同士の凝集が速やかに進行し、培養経過とともに立体的な球状構造が形成された。一方、RSV処理群では初期の細胞接触は確認されたものの、凝集過程において球状への収縮が進行せず、培養後期においても平坦な円盤状構造を呈した(図3)。これらの円盤状凝集

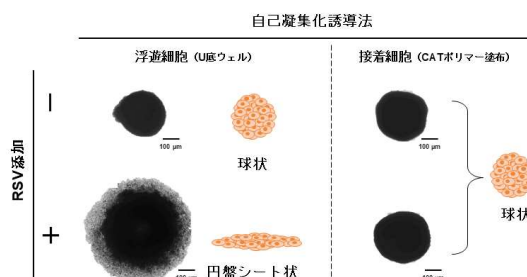


図3 レスベラトロール(RSV)の添加がマウス骨格筋芽細胞株(C2C12)の凝集塊形成に及ぼす影響

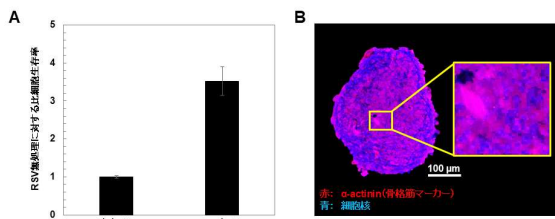


図4 レスベラトロール(RSV)処理(25 μ M)が接着細胞の自己凝集化誘導法により作製したマウス骨格筋芽細胞株(C2C12)凝集塊の生存率(A)と筋分化(B)に及ぼす影響

塊は立体的な厚みを欠き、軽度の操作により容易に形状が崩れた。他方、接着細胞の自己凝集化誘導法を用いて凝集塊形成させると、RSV処理の有無に関わらず、単層状の細胞シートが時間経過とともに収縮し、播種1日後には均一な球状の凝集塊が形成した(図3)。

3.3 RSVがC2C12凝集塊の生存性と筋分化に及ぼす影響

接着細胞の自己凝集化誘導法を用いて作製したC2C12凝集塊の形成1日後の生存率を測定すると、RSV無処理条件と比較して、RSV処理条件(25 μ M)では比細胞生存率が3倍以上高かった(図4A)。ここで、筋分化マーカーに対する免疫組織化学染色像では、 α -actinin陽性像が確認され、凝集塊内部まで生きた状態で骨格筋様組織へと成熟化し始めていることが分かった(図4B)。

4. 考察

本研究では、RSV処理を施した骨格筋芽細胞株であるC2C12を用いて細胞凝集塊を作製し、凝集挙動および凝集塊内部の細胞生存性を評価した。得られた結果から、RSV処理はC2C12の増殖特性および細胞形態を変化させるとともに、凝集塊形成過程および凝集塊内部の生存性にも影響を与えることが示された。

まず、RSV添加条件では平均世代時間が無添加条件と比較して延長し、細胞増殖が抑制された。RSVはAMPK活性化を介して細胞のエネルギー代謝を制御し、解糖系フラックスを低下させることが報告されている[5]。このような代謝制御は細胞増殖速度の低下と整合的であり、本研究で観察された平均世代時間の延長は、RSV処理により細胞周期進行が緩やかになった状態を反映している可能性がある。同時に、RSV添加条件では、細胞形態が紡錘形で小型の形態から、扁平で大型の形態へと移行した。このような形態変化は、細胞骨格構造や細胞接着様式の変化を伴う状態変化であると考えられ、RSV処理が細胞の増殖特性にとどまらず、細胞構造レベルにも影響を及ぼしている可能性を示唆している。

次に、RSV処理後の細胞を用いた凝集塊形成挙動に着目すると、浮遊細胞の自己凝集化誘導法としてU底形状培養ウェルに播種したC2C12はRSV無処理群において速やかな球状凝集塊形成が進行したのに対し、RSV処理群では球状への収縮が進行せず、円盤状の平坦な凝集塊が形成された。浮遊条件下での凝集塊形成は、細胞間接着と細胞収縮に強く依存することが知られており[9]、RSV処理により変化した細胞状態が、自発的な立体凝集過程に影響した可能性がある。一方、接着細胞の自己凝集化誘導法を用いたCATポリマー塗布培養皿に播種したC2C12は、RSV処理の有無にかかわらず、単層状に展開した細胞シートが時間経過とともに収縮し、均一な球状凝集塊が形成された。この結果は、細胞間接着が維持された状態で物理的に収縮が誘導される条件下では、細胞固有の凝集挙動が変化していても立体構造形成が成立することを示している。さらに、この凝集塊は、RSV処理条件において内部の細胞生存率が無処理条件と比較して3倍以上高く、RSV処理により細胞生存性が高まることが分かった。3D細胞凝集塊内部では、酸素および栄養分の拡散制限によりエネルギー枯渇が生じやすく、これが内部壊死の主要因となることが知られている[1,3]。RSV処理による代謝要求量の低下は、このような低酸素・低栄養環境下において、細胞生存性を維持しやすい状態をもたらした可能性がある。加えて、RSV処理条件の凝集塊では、凝集塊内部まで筋分化関連構造が観察されたことから、凝集塊内部における細胞生存性が確保された結果として、分化進行が可能な細胞集団が内部に維持された状態であったと考えられる。

以上より、RSV処理は骨格筋芽細胞株であるC2C12の代謝状態および細胞構造を変化させ、凝集塊形成挙動に影響を及ぼす一方で、凝集塊作製条件を適切に設定することで、凝集塊内部の生存性を高め得ることが示された。RSVによる代謝制御は、3D細胞凝集塊における内部壊死抑制の一手段として位置付けられ、高厚骨格筋組織構築に向けた基盤的アプローチになり得ると期待される。

参考文献

- 1) Griffith LG, Swartz MA. Capturing complex 3D tissue physiology in vitro. *Nat Rev Mol Cell Biol.* 2006;7:211-224. doi:10.1038/nrm1858
- 2) Gaspar VM, Lavrador P, Borges J, Oliveira MB et al., Advanced Bottom-Up Engineering of Living Architectures. *Adv Mater.* 2020 Feb;32(6):e1903975. doi: 10.1002/adma.201903975.
- 3) Cui X, Hartanto Y, Zhang H. Advances in multicellular spheroids formation. *J R Soc Interface.*

- 2017 Feb;14(127):20160877. doi: 10.1098/rsif.2016.0877.
- 4) Pugh CW, Ratcliffe PJ. Regulation of angiogenesis by hypoxia: role of the HIF system. *Nat Med.* 2003;9:677-684. doi:10.1038/nm0603-677.
 - 5) Ostrovidov S, Ahadian S, Ramon-Azcon J, et al. Perfusion-based systems for tissue engineering. *J Tissue Eng Regen Med.* 2014;8:941-954. doi:10.1002/term.1756.
 - 6) Baur JA, Sinclair DA. Therapeutic potential of resveratrol: the in vivo evidence. *Nat Rev Drug Discov.* 2006;5:493-506. doi:10.1038/nrd2060.
 - 7) Zhang R, Kanki K. Glycolytic inhibition by resveratrol facilitates chondrocyte survival under glucose-deprived conditions and improves the viability of 3D-cultured cartilage tissue. *J Biosci Bioeng.* 2025 Aug;140(2):90-97. doi: 10.1016/j.jbiosc.2025.05.001.
 - 8) Teng L, Fukushima S, Koizumi M, et al. Successful preparation of contrast particle-loaded human mesenchymal stem cell aggregates using adherent cell self-aggregation technique. *J Biomed Mater Res A.* 2025;113(7):e37964. doi:10.1002/jbm.a.37964.
 - 9) Foty RA, Steinberg MS. The differential adhesion hypothesis: a direct evaluation. *Dev Biol.* 2005;278:255-263. doi:10.1016/j.ydbio.2004.11.016.

Effects of resveratrol on aggregate formation and internal cell viability in skeletal muscle cells

Syunsuke Yayama¹, Ayumi Yoshitsuru², Keita Kanki^{1,2}, and Ryosuke Iwai^{2,3*}

¹*Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering, Okayama University of Science, 1-1, Ridai-cho, Kita-ku, Okayama, 700-0005, Japan*

²*Department of Natural Science, Graduate School of Science and Engineering, Okayama University of Science, 1-1, Ridai-cho, Kita-ku, Okayama, 700-0005, Japan*

³*Institute of Frontier Science and Technology, Okayama University of Science, 1-1, Ridai-cho, Kita-ku, Okayama, 700-0005, Japan*

*Corresponding author

Three-dimensional (3D) cellular aggregates are widely used in skeletal muscle tissue engineering; however, limited diffusion of oxygen and nutrients often leads to necrosis in the aggregate interior. In this study, we examined whether metabolic modulation by resveratrol (RSV), a polyphenolic compound, could improve the viability of skeletal muscle cell aggregates. Mouse skeletal myoblasts (C2C12) were cultured in the presence of RSV, and changes in proliferation characteristics, aggregation behavior, and aggregate viability were analyzed. During culture with RSV, the mean generation time increased in a concentration-dependent manner, reaching approximately 25 h at 25 μ M and exceeding 30 h at 100 μ M, compared with approximately 15 h under RSV-free conditions. Cell morphology concomitantly shifted from small spindle-shaped cells to flattened and enlarged cells. When aggregate formation was induced using U-bottom culture wells, RSV-treated cells failed to undergo spherical compaction and instead formed disk-shaped aggregates. In contrast, spherical aggregates were formed regardless of RSV treatment when aggregation was induced by self-aggregation of adherent cells using a flat culture dish-based method. Furthermore, RSV-treated aggregates exhibited higher internal cell viability, with myogenic marker-positive structures observed throughout the aggregates. These results suggest that metabolic modulation by RSV alters cellular properties and aggregation behavior, while appropriate aggregate fabrication conditions enable the formation of viable 3D skeletal muscle aggregates.

Keywords: C2C12; Skeletal muscle; Resveratrol; Cell aggregates

高周波誘導結合プラズマ質量分析計による海産生物中の元素測定

猶原 順^{1)*}・竹原 優衣²⁾

1) 岡山理科大学生命科学研究科

2) 岡山理科大学工学部生命医療工学科

* 責任著者

2025年12月31日受理

1. はじめに

瀬戸内海は、沿岸地域に産業や人口が集中しており、汚染負荷が集積しやすく、水が変わりにくい内海で、閉鎖水域である。その一方で海産生物は豊富であり、漁獲高は高い。従って、有害金属による海産生物への汚染の影響を調査することが重要である。生物による、元素の取り込みや排出には周囲の水質、水温、光などの外的要因や生物自身の生理機構などの内的要因が関与している。環境汚染状況を推定する上で海産生物は、(1) 化学物質を環境媒体より濃縮して含有しており、微量元素の分析が容易である。(2) 生物を用いる事で環境媒体の環境評価に有効であるなどの利点を有する。

そこで海域の環境を評価する際、海産生物について生物別に行えば、環境汚染状況を明らかにする事が可能であると考えられる¹⁾。

本研究では、岡山県沿岸海域に生育する海産生物中の元素を ICP-MS で分析し、生物別にその元素濃度を明らかにした。

2. 実験方法

2-1 実験試料

動物試料 14 種類、植物試料 7 種類の合計 21 種類の試料を 2016 年 5 月 20 日に岡山県瀬戸内市牛窓町前島網代崎で採取した。試料の海藻はそのまま、貝類は殻以外を取り出し、乳鉢ですり潰し均質化した。また Fig.1 に試料採集地点を示し、Fig.2 の場所で採取した。Table 1 に採集した試料の一覧を示した²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾。

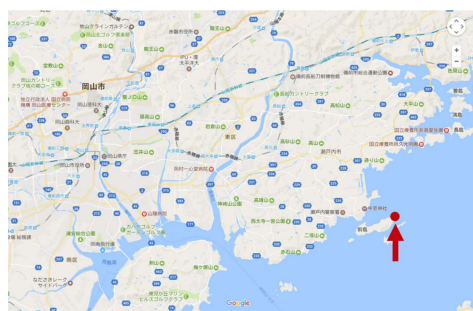


Fig.1 試料採集地点

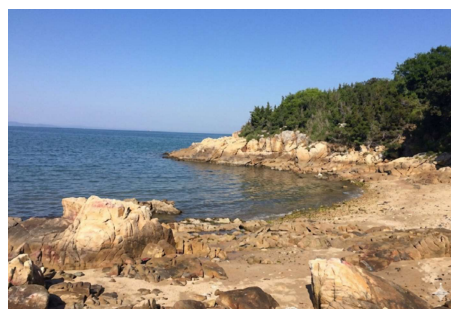


Fig.2 試料採集場所

2-2 実験機器

マイクロウェーブ試料分解装置 (Multiwave3000: Anton Paar 製) を用いて前処理を行った。マイクロウェーブ分解装置は、ICP-MS 質量分析法、原子吸光分析法の試料前処理装置で、試料と試薬を耐薬性に優れたテフロン製の分解容器に入れて密栓後、マイクロ波を照射する。それによりマイクロ波エネルギーの吸収により、水分子が振動して、その摩擦熱により、容器内の温度と圧力が上昇することで酸分解が促進され、短時間で水溶液化を行う⁶⁾。Hg、As、B といった揮発しやすい元素の前処理方法にも適している。

マイクロウェーブ試料分解装置により液体化した試料を、高周波誘導結合プラズマ質量分析装置 (ICP-MS:SII 製) を用いて測定した。

ICP-MS は次のような特長を有する⁷⁾

- 1) 高感度分析が可能。ほとんどの元素の検出下限値が ppt から ppq オーダーである。
- 2) 多元素同時分析が可能である。
- 3) 定性、定量が迅速にできる。
- 4) ダイナミックレンジが 8 桁と広い。
- 5) 同位対比の測定が可能である。

2-3 実験機器

前処理

乾燥機で乾燥させた試料を電子天秤を使用し精秤した試料約 0.1 g と有害金属測定用硝酸 (ナカライテスク、関東化学) 6 ml をテフロン容器に入れ、試料をよく混ぜた後、密閉した。マイクロウェーブ試料

Table 1 採集した生物

植物			
分類	学名	和名	写真
アオサ目	<i>Ulva pertusa</i>	アノアオサ	
アオサ科	KJELLMAN		
ミル目	<i>Codium fragile</i>	ミル	
ミル科	HARVEY		
ナガマツモ目	<i>Ishige okamurai</i>	イシゲ	
イシゲ科	Y ENDO		
コンブ目	<i>Undariapinnatifida</i>	ワカメ	
チガイ目	SURINGAR		
ヒバマタ目	<i>Hizikia fusiforme</i>	ヒジキ	
ホンダワラ科	OKAMURA		
ヒバマタ目	<i>Sargassum thunbergii</i>	ウミトラノオ	
ホンダワラ科	O.K UENTZE		
ヒバマタ目	<i>Sargassum hemiphyllum</i>	イソモク	
ホンダワラ科	C.A GARDH		
動物			
新ヒザラガイ目	<i>Acanthopleura japonica</i>	ヒザラガイ	
クサズリガイ目			
ウグイスガイ目	<i>Crassostrea gigas</i>	マガキ	
イボタガキ科			
ウグイスガイ目	<i>Saccostrea kegaki</i>	ケガキ	
イボタガキ科			
オキナエビスガイ目	<i>Cellana nigrolineata</i>	マツバガイ	
ツタノハガイ科			
オキナエビスガイ目	<i>Cellana toreuma</i>	ヨメガカサ	
ツタノハガイ科			
オキナエビスガイ目	<i>Monodontalbio f.confusa</i>	イシダタミ	
ニシキウスガイ科			
オキナエビスガイ目	<i>Patelloida saccharina f.lanx</i>	ウノアシ	
ユキノカサガイ科			
ニナ目	<i>Littorina brevicula</i>	タマキビ	
タマキビ科			
ニナ目	<i>Nodilittorina trochoides</i>	イボタマキビ	
タマキビ科			
ニナ目	<i>Serpulorbis imbricatus</i>	オオヘヒガイ	
ムカデガイ科			
バイ目	<i>Thais clavigera</i>	イボニシ	
アッキガイ科			
有柄目	<i>Capitulum mitella</i>	カメノテ	
ミョウガイ科			
無柄目	<i>Tetractita japonica</i>	クロフジツボ	
クロフジツボ科			
十脚目	<i>Gaetice depressus</i>	ヒライソガニ	
イワガニ科			

分解装置を用いて、600 W、150°C、30 気圧を加え試料を分解した。圧力をかけた後、マイクロウェーブ試料分解装置の中に一時間放置し冷却、ガス抜きをした。各試料分解後、DISMIC 25HP (ADVANTEC 0.45 μm) により濾過し、定容とした。

【分解条件】

- ・ 最高出力：600 W
- ・ 最高温度：150°C
- ・ 最高気圧：10 bar
- ・ 昇温時間：10 分
- ・ 分解時間：20 分
- ・ 冷却時間：20 分

元素分析

マイクロウェーブ試料分解装置により液体化した試料を ICP-MS を用いて Li、Be、Na、Mg、Al、K、Ca、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ga、As、Se、Rb、Sr、Ag、Cd、In、Cs、Ba、Hg、Tl、Pb、Bi、Th、U の 31 元素を測定した。

【ICP-MS の条件】

- ・ プラズマガス流量：18.0 L/min Ar
- ・ 補助流量：1.8 L/min Ar
- ・ ネブライザーガス流量：1.0 L/min Ar
- ・ パワー：1.4 kW
- ・ ポンプ回転数：3 rpm
- ・ 繰り返し回数：5 回

この実験で用いた器具は全て 4 % の硝酸に 1 日以上浸漬した後、水道水、蒸留水、Milli-Q(超純水)の順に洗浄し、乾燥したものを用いた。

3. 実験結果

3-1 元素濃度

測定した全ての海産生物中の平均濃度を Fig.3 に示した。Na、Mg、K、Ca は 10000 mg/kg 以上であった。Ga、In、Cs、U は、1 mg/kg 以下であった。有害金属元素 As は 10 mg/kg 程度であった。これは採取した生物に特徴的に As を多く含有する生物がいるためと考えられる。

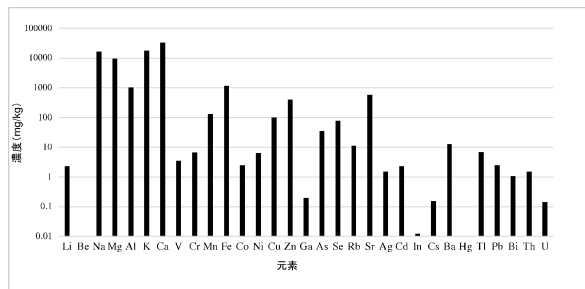


Fig.3 海産生物中の平均元素濃度

3-2 海産生物中の有害金属の濃度

As は海産生物に多く含有される事が知られている。イボニシは主として岩に固着する貝類を捕食する肉食性である。ウミトラノオ、ヒジキ、イソモクは同科という共通点がある。海藻を含む海産生物は陸上生物より As を高濃度で含有することが知られており、特に動物の内臓の脂肪部に蓄積されやすい。本実験では試料ごとに均質化しているため、内臓も含まれている。また褐藻類と大部分の紅藻類は As に富むという特徴がある⁸⁾。このことから、イボニシは As を含有する貝類を捕食することにより、生物濃縮し、本実験で測定した他の動物試料より高濃度で検出されたと考えられる。ウミトラノオ、ヒジキ、イソモクは褐藻類ヒバマタ目ホンダワラ科の特徴として As を高濃度で含有していると考えられる。

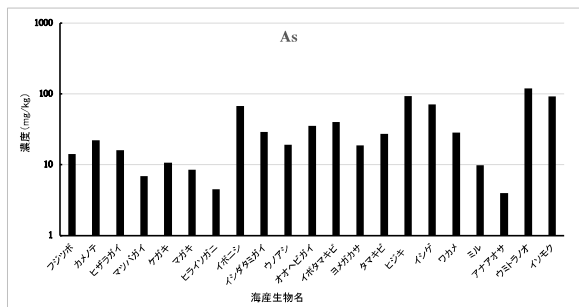


Fig.4 海産生物中の As 濃度

海水には約 2 ppb (ppb: 1 ml 中に 10 億分の 1 g を表す単位) の As が溶け込んでおり、プランクトンや藻類は海水から無機ヒ素を取り込み、蓄積される。これらを上位生物が摂取する食物連鎖による生物濃縮がおこる。海の魚介類の生体内で、無機ヒ素は代謝されてアルセノベタインを主とする有機化合物として存在する。一方、ヒジキやワカメといった海藻では無機と有機の両方の化学形態で存在し、その割合は海藻の種類によって異なる。

ヒ素化合物のうち有機ヒ素については、ヒトの体内に入ったときにどのような影響があるのか現在のところよく分かっていない。欧州食品安全機関 (EFSA) や米国食品医薬品局 (FDA) の評価によると、一般的に有機ヒ素は無機ヒ素に比べるとその悪影響の程度は小さいと言われている⁹⁾。

一方、無機ヒ素の致死量は、体重 1 kg につき 2 ~ 3 mg、成人では 100 ~ 300 mg とされている。As の毒性発現は、生体内タンパクの SH 基とヒ素が結合する結果さまざまな酵素活性を阻害することにより起こる。急性毒性の初期症状は、悪心、嘔吐、腹痛、下痢、血圧低下等で、数日後から肝機能障害、2 ~ 3 週間後から四肢の感覚異常が認められる。慢性ヒ素中毒の主な症状は、腹部や全身に認められる色素沈着と脱色、次いで手掌や足底が角化するなどの皮膚病変や末梢神経障害、皮膚がん発生等である¹⁰⁾。

Cd は貝類で 100 mg/kg 以上の値を示す事があり、本実験でも植物より高い数値を示している。本実験ではマガキが海産二枚貝の基準値以上の Cd が検出された。

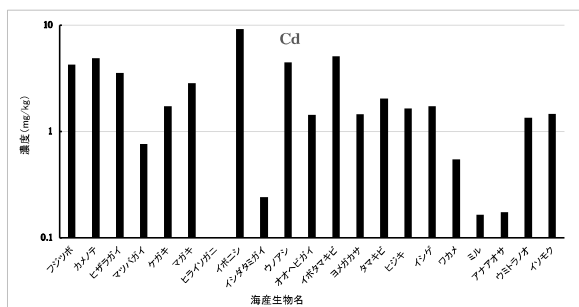


Fig.5 海産生物中の Cd 濃度

Cd は排泄されにくく人体にとって有害 (腎臓機能に障害が生じ、Ca と P の代謝が乱されそれにより骨軟化する) で、日本では Cd による環境汚染で発生したイタイタイ病が問題となった。なお、イタイタイ病は、高濃度の Cd を数十年にわたり摂取し、さらに、老化や栄養不足等が重なったことにより引き起こされたもので、低濃度の摂取でイタイタイ病が発症するとは考えられていない¹¹⁾。

Pb はカメノテ、クロフジツボ、ヒライソガニが甲殻類の基準値以上の Pb が検出された。鉛暴露による生体への影響で特に重要と考えられているのが血液、造血系への影響である。血液、造血系への影響は Pb がヘモグロビンの構成要因であるヘム合成系に参与する酵素を抑制することによる貧血や蒼白の毒性症状である。神経系への影響は高濃度では鉛脳症、低用量の鉛暴露では学習能力低下、聴覚機能の低下、末梢神経伝導速度の遅延、幼児の神経発達障害がある¹²⁾。

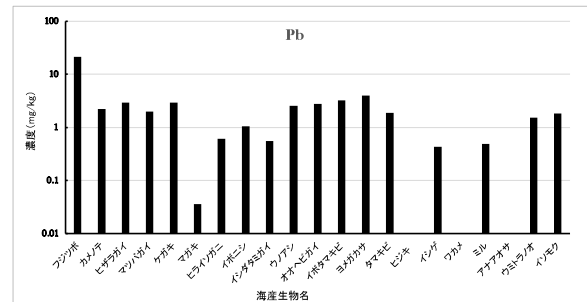


Fig.6 海産生物中の Pb 濃度

Table 2 有害金属の基準値^{13) 14) 15)}

有害元素	食品群	基準値 (mg/kg)	掲載元
As	基準値を検討中		
Cd	海産二枚貝 (カキ、ホタテガイを除く)	2	CODEX (2007)
	頭足類 (内臓を除去したもの)	2	
Pb	甲殻類	0.5	EU(2006)
	頭足類 (内臓を除去したもの)	0.3	

* Codex, 国際食品規格委員会

EU, 欧州連合

3-3 海産生物中の必須元素の濃度

Zn はフジツボ、カメノテ、ケガキ、マガキが 1000 mg/kg 以上と非常に高濃度で検出された。Zn は尿や汗の中に排泄される量が多いため加齢やダイエットや運動によって排泄量が増え不足しがちになる。

Zn は広く細胞全体に存在しており、役割はタンパク質を構成するアミノ酸と亜鉛が特異的に結合してタンパク質の構造を安定的に保つ、酵素反応の際に反応を受ける基質と Zn が結合し基質を酵素に固定化させる触媒作用であり生物にとって必須な元素である。

不足すると成長障害、鉄欠乏性の貧血、味覚障害、脱毛症などが起こる。毒性が低いため通常の食生活

では過剰症は基本的に起こりにくい。缶詰から亜鉛が溶け出しそれを食べたため急性の発熱、吐き気、腹痛、下痢などを生じた例や亜鉛を加熱したときに出る蒸気を吸い込んだため発熱、ふるえをもよおした亜鉛ヒューム熱などが知られる¹⁶⁾。

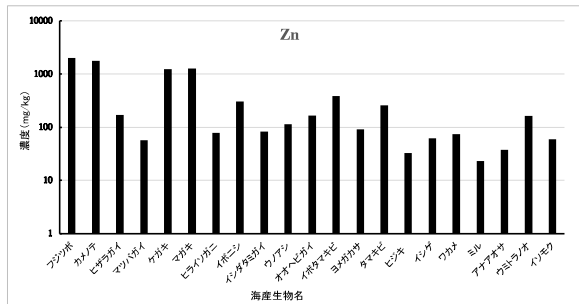


Fig.7 海産生物中の Zn 濃度

3-4 食品の元素含有量の文献値との比較

食品の微量元素含有量の文献値と今回の測定値の濃度を比較した表を Table 3 に示した。

有害元素である As の測定値はいずれの文献値においても低濃度になった。

また必須元素である Zn の測定値はいずれの文献値においても高濃度になった。

Table 3 食料の微量元素含有量¹⁷⁾ (単位: mg/kg)

元素	濃度	ヒジキ		ワカメ		カキ	
		文献値	測定値	文献値	測定値	文献値	測定値
As	有害元素	110	93.09	34	28.4	15	8.4
Zn	必須元素	22	32.4	23	74.42	200	1277

4. まとめ

岡山県瀬戸内市牛窓に生息する海産生物中の元素を測定し生物別に明らかにした。As は動物、植物問わず特徴的に含有する生物があり、Cd は植物より動物が高い濃度で含有する特徴があり、Zn は甲殻類が高い濃度で含有する特徴があることが分かった。文献値と測定値を比較した結果 As はいずれにおいても測定値の低濃度であり、Zn ではいずれにおいても測定値の方が高濃度となった。これにより岡山県瀬戸内市牛窓町前島に生息する海産生物中には有害元素に汚染されていないことが分かった。

参考文献

- 1) 猶原研究室 内田健介 (2008)、卒業論文 岡山県前島 (牛窓) の海産生物中の元素の測定
- 2) 新崎盛敏著. 北隆館, (1981)、原色海藻検索図鑑
- 3) 峯水亮著 武田正倫 奥野淳児監修. 文一総合出版 (2000)、海の甲殻類
- 4) 奥谷喬司著. 学習研究社 (2006)、日本の貝 1, 2
- 5) 平凡社 (1997)、日本動物大百科 7 巻
- 6) マイクロウェーブ分解装置の原理 イビデンエンジニアリング株式会社 <http://www.ibieng.co.jp/analysis-solution/x0021/>
- 7) ICP 発光分光・質量分析: 原理解説、株式会社日立ハイテクサイエンス <http://www.hitachi-hightech.com/hhs/products/tech/ana/icp/descriptions/index.html>
- 8) 山県 登 (1980)、生物濃縮—環境科学特論—、産業図書
- 9) 農林水産省 食品中のヒ素に関する Q&A、http://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/kome/k_as/qa.html
- 10) 愛知県衛生研究所、As について、<http://www.pref.aichi.jp/eiseiken/5f/as.html>
- 11) 厚生労働省「食品に含まれるカドミウム」に関する Q & A、<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2003/12/h1209-1c.html>
- 12) 中西準子, 小林憲弘, 内藤航共著. 丸善, (2006)、詳細リスク評価書シリーズ 鉛
- 13) 農林水産省 海外の動向、http://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/kome/k_as/international.html#1
- 14) 農林水産省 (1) 食品中のカドミウムに関する国際基準値 https://www.maff.go.jp/j/syouan/nouan/kome/k_cd/04_kijyun/01_int.html
- 15) 農林水産省 食品安全に関するリスクプロファイルシート (化学物質) https://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/risk_analysis/priority/attach/pdf/hazard_chem-71.pdf
- 16) 桜井弘 (1996)、金属は人体になぜ必要か、講談社
- 17) 鈴木泰夫 (1999)、食品の微量元素含料表、第一出版 (1975).

Elemental Analysis of Marine Organisms by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS)

Jun NAOHARA^{1)*} and Yui TAKEHARA²⁾

¹⁾ Faculty of Engineering, Okayama University of Science,

²⁾ Faculty of Lifescience, Okayama University of Science,
1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama-shi, Okayama 700-0005, Japan

*Corresponding author

Elemental measurements were conducted on marine organisms inhabiting Ushimado, Setouchi City, Okayama Prefecture, and the results were clarified by organism type. It was found that arsenic (As) is characteristically present in certain organisms regardless of whether they are animals or plants; cadmium (Cd) is typically present at higher concentrations in animals than in plants; and zinc (Zn) is notably present at high concentrations in crustaceans. Comparing measured values with literature values showed that arsenic concentrations were lower in all measured samples, while zinc concentrations were higher in all measured samples. This indicates that marine organisms inhabiting Maejima, Ushimado Town, Setouchi City, Okayama Prefecture, are not contaminated with harmful elements.

Keywords : Marine organisms, ICP-MS, As, Cd, Pb, Zn

酵素リパーゼの鏡像体選択性の機構解明に向けた FMO 計算

矢城 陽一朗*

岡山理科大学大学院理工学研究科システム科学専攻

* 責任著者

2025 年 12 月 31 日受理

1. 緒言

これまで、我々は、酵素リパーゼの鏡像体選択性に関する研究の一環として、12種の脂肪族および芳香族系第2級アルコールエステル(図1)と、8種の芳香族系第1級アルコールエステル(図2)計20種各々の(R)-、(S)-両鏡像体と2種の酵素リパーゼ、*Burkholderia cepacia* lipase (BCL)と*Candida antarctica* lipase typeB (CALB)、の複合体(計40種)に対して分子動力学計算を行い、酵素リパーゼの活性部位アミ

ノ酸残基と基質エステル間の距離の時間変化を求めた。そしてこれら酵素リパーゼに対する計算値と鏡像体選択性などに関する実験値¹⁻⁶⁾(E値:選択性を表す指標⁷⁾)を比較検討した結果、計算値と実験値には相関が認められ、酵素リパーゼの鏡像体選択性とその高低を明確に予測できる結果を得た⁸⁾。

本研究では、今までに分子動力学計算を行った40種の複合体に対してフラグメント分子軌道

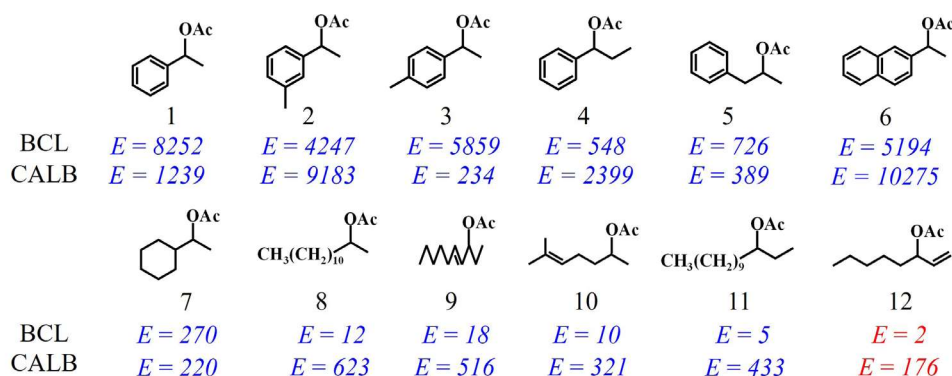


図1 計算に用いた12種の芳香族および脂肪族系第2級アルコール系エステルと各エステルのBCLおよびCALBにおけるE値.E値において、青字で記してあるものは(R)-体が優先的に変換され、赤字で記してあるものが(S)-体が優先的に変換される。

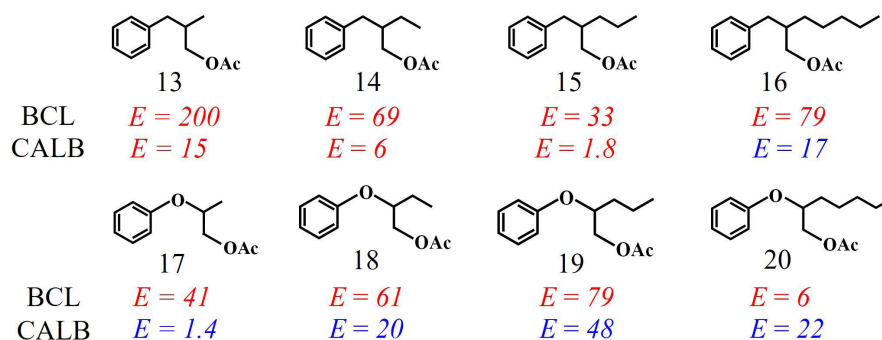


図2 計算に用いた8種の芳香族系第1級アルコール系エステルと各エステルのBCLおよびCALBにおけるE値.E値において、青字で記してあるものは(R)-体が優先的に変換され、赤字で記してあるものが(S)-体が優先的に変換される。

(Fragment Molecular orbital: FMO) 法⁹⁻¹¹⁾による全電子計算を実施し、得られた酵素リパーゼのアミノ酸残基と基質エステルとの相互作用エネルギー (Interfragment Interaction Energy: IFIE) の解析から、酵素リパーゼの鏡像体認識に関わると思われる主要なアミノ酸残基を推定できる結果を得た。

2. FMO 計算

FMO 計算を行った複合体構造の準備 (分子動力学計算まで) については、昨年度の報告⁸⁾を参照されたい。分子動力学計算で得られた 2000ps の時点における酵素リパーゼ-基質複合体構造から周囲の水分子を除去した後、バイオ分子相互作用シミュレータ ABINIT-MP/BioStation による FMO2-MP2/6-31G レベルでの FMO 計算を実行し、酵素リパーゼのアミノ酸残基と基質エステルの相互作用エネルギー (IFIE) を算出した。

3. 結果と討論

FMO 計算から得られた相互作用エネルギー (IFIE) を解析した結果、BCL - および CALB - 基質複合体ともに、選択性が高い基質において優先的に変換される鏡像体の全てが特定のアミノ酸残基、BCL では His286, CALB では Thr40 とある程度の強さで相互作用していることが判明した。また、優先的に変換される鏡像体においては、BCL の His286 や CALB の Thr40 以外に、BCL では Thr18 や Asp264, CALB では Gly41, Asp134, Gln157, Ile189 など、構造が異なる基質に応じてそれぞれ特定のアミノ酸残基と比較的強く相互作用していることがわかった (図 3, 図 4)。それに対して、変換されにくい鏡像体においては、BCL の His286 や CALB の Thr40 を含めアミノ酸残基との相互作用はほとんど認められなかった。一方、選択性が低い基質では、その両鏡像体ともに BCL の His286 や CALB の Thr40 を含む、それぞれ共通したアミノ酸残基と相互作用している様子が観察された (図 5, 図 6)。

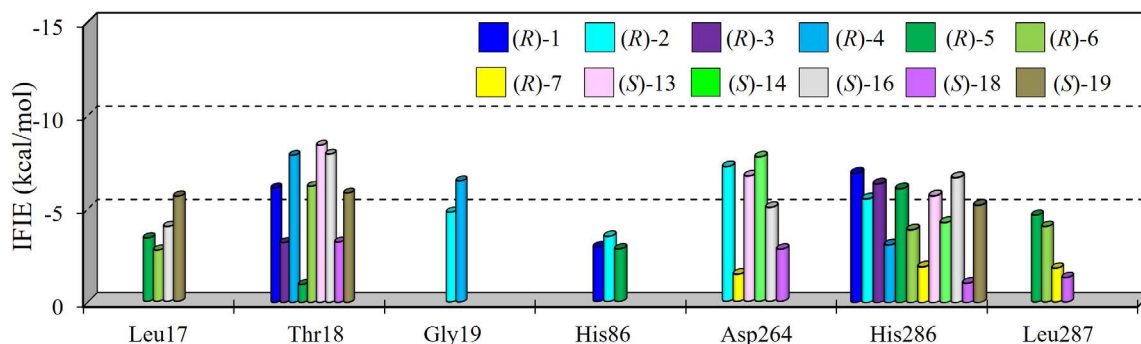


図 3 選択性が高い基質において優先的に変換される鏡像体と比較的強く相互作用している BCL の主なアミノ酸残基。優先的に変換される全ての鏡像体が His286 と相互作用していることに加えて、いくつかの鏡像体は Thr18 や Asp264 と相互作用している。

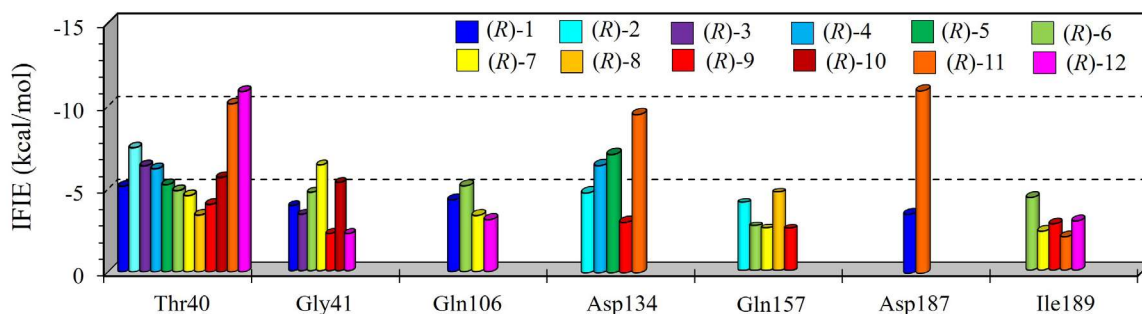


図 4 選択性が高い基質において優先的に変換される鏡像体と比較的強く相互作用している CALB の主なアミノ酸残基。優先的に変換される全ての鏡像体が Thr40 と相互作用していることに加えて、いくつかの鏡像体は Gly41, Asp134, Gln157, Ile189 と相互作用している。

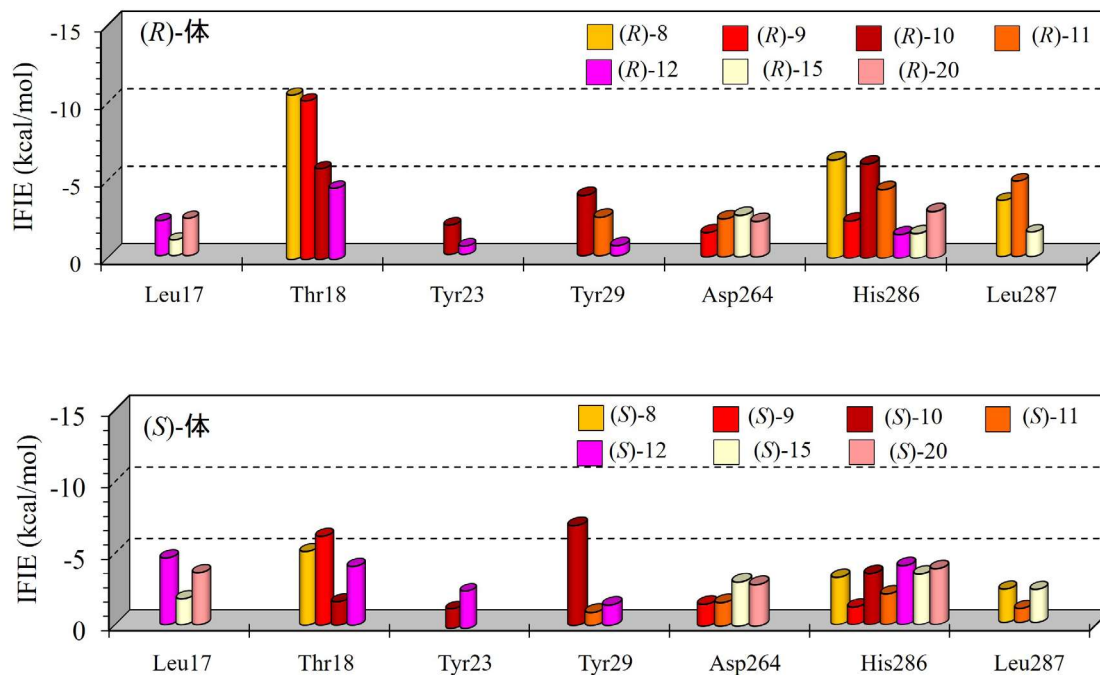


図5 選択性が低い基質の(R)-,(S)-両鏡像体と相互作用しているBCLの主なアミノ酸残基. 両鏡像体ともにHis286を含む, それぞれ共通したアミノ酸残基(Leu17, Thr18, Tyr29, Asp264, Leu287)と相互作用している.

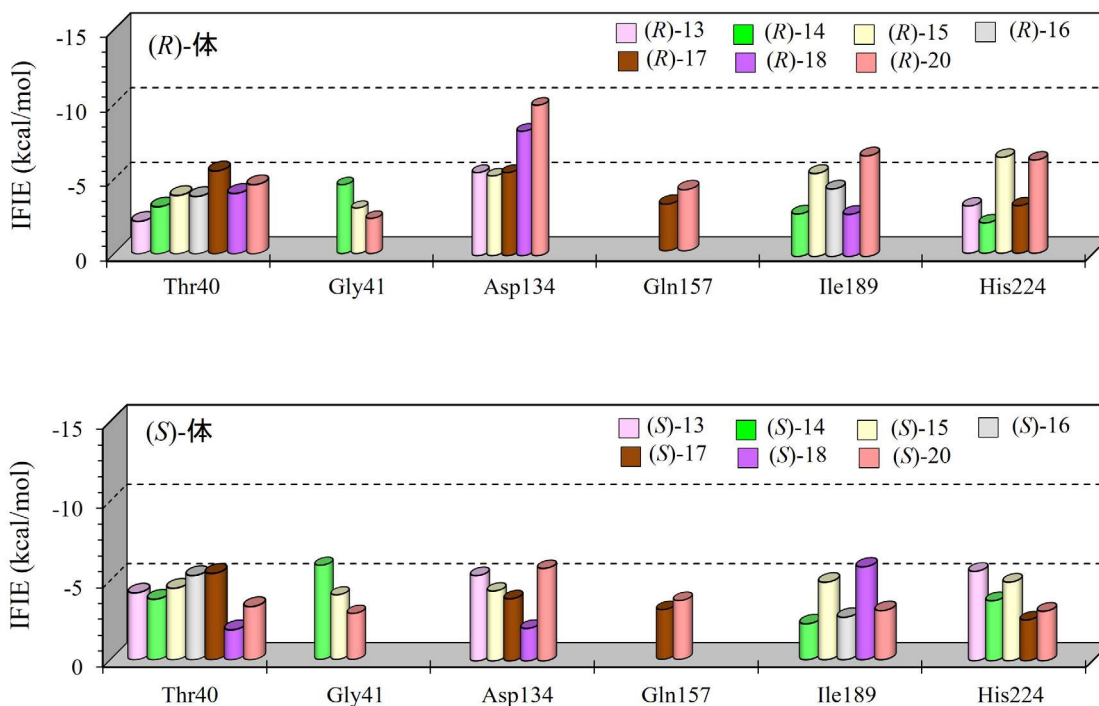


図6 選択性が低い基質の(R)-,(S)-両鏡像体と相互作用しているCALBの主なアミノ酸残基. 両鏡像体ともにThr40を含む, それぞれ共通したアミノ酸残基(Gly41, Asp134, Gln157, Ile189, His224)と相互作用している.

今回行った 20 種の基質の (R)-, (S)- 両鏡像体と BCL および CALB との複合体に対する FMO 計算の結果から, BCL においては His286 が, CALB においては Thr40 が, それぞれのリパーゼの鏡像体認識における重要なアミノ酸残基であることが示唆された。

謝 辞

本研究の実施にあたり, 甲南化工株式会社から多大なご協力・ご支援をいただいたことに深く感謝します。

参考文献

- 1) Y. Naoshima, Y. Munakata, S. Yoshida, A. Funai, J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1., 549-553 (1991). DOI:10.1039/P19910000549
- 2) Y. Naoshima, M. Kamezawa, H. Tachibana, Y. Munakata, T. Fujita, K. Kihara, T. Raku., J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1., 557-561 (1993). DOI:10.1039/P19930000557
- 3) T. Ohtani, H. Nakatsukasa, M. Kamezawa, H. Tachibana, Y. Naoshima, J. Mol. Catal. B: Enzym., 4(1-2), 53-60 (1998). DOI:10.1016/S1381-1177(97)00021-0
- 4) Y. Naoshima, M. Kamezawa, T. Kimura, F. Okimoto, M. Watanabe, H. Tachibana, T. Ohtani, Recent Res. Devel. Org. Bioorg. Chem., 4, 1-16, (2001).
- 5) M. Kamori, Y. Yamashita, Y. Naoshima, CHIRALITY, 14(7), 558-561 (2002). DOI:10.1002/chir.10085
- 6) Y. Inoue, Private communication.
- 7) C-S. Chen, Y. Fujimoto, G. Girdaukas, C.J. Sih, J. Am. Chem. Soc., 104(25), 7294-7299 (1982). DOI:10.1021/ja00389a064
- 8) Y. Yagi, Bull. Inst. Front. Sci. Tech., 6, 13-17 (2024).
- 9) K. Kitaura, E. Ikeo, T. Asada, T. Nakano, M. Uebayasi, Chem. Phys. Lett., 313, 701-706, (1999). DOI:10.1016/S0009-2614(99)00874-X
- 10) D.G. Fedorov, K. Kitaura, "The Fragment Molecular Orbital Method: PRACTICAL APPLICATION TO LARGE MOLECULAR SYSTEM", CRC Press, (2009).
- 11) S. Tanaka, Y. Mochizuki, Y. Komeiji, Y. Okiyama, K. Fukuzawa, Phys. Chem. Chem. Phys., 16, 10310-10344 (2014). DOI:10.1039/C4CP00316K

FMO Calculation toward the Mechanism Elucidation of Enzyme Lipases Enantioselectivity.

Yoichiro YAGI*

Graduate School of Science and Engineering, Okayama University of Science,
1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama-shi, Okayama 700-0005, Japan

*Corresponding author

Recent advances on computational technology and molecular simulation software make it possible for organic chemists and biochemists to efficiently perform *ab initio* quantum chemical computations for biopolymer compounds as well as small organic compounds. This work demonstrates the molecular interactions of the lipases *Burkholderia cepacia* lipase (BCL) and *Candida antarctica* lipase type B (CALB) with organic ester substrates, based on all-electron calculations using the fragment molecular orbital (FMO) method. The *ab initio* FMO computations provide us useful information on a particular amino acid residue that can play an important role in the chiral recognition of substrate enantiomers: His286 in BCL and Thr40 in CALB.

Keywords : FMO calculations; lipase-ester complex; enantioselectivity; interaction energy

ホスフィニルイナミンを用いた多環芳香族アミンの合成と光学特性の調査

奥田 靖浩^{1)*}・佐藤 拓磨²⁾・武部 蒼³⁾・藤本 真世³⁾・森 まつり³⁾・石塚 彩水³⁾・折田 明浩^{1)*}

- 1) 岡山理科大学工学部応用化学学科
2) 岡山理科大学大学院工学研究科応用化学専攻
3) 岡山理科大学工学部バイオ・応用化学学科

* 責任著者

2025 年 12 月 31 日 受理

1. 緒言

有機窒素化合物は医薬品や工業材料において塩基性や電子供与性、水素結合形成、正孔輸送などの分子機能の発現に欠かせない。このため多様な有機合成法が開発され、社会ニーズに応える機能性分子が創出されてきた。一方、イナミン(yn+amine)は単純な構造から多岐にわたる応用が期待されるものの未だに用いられていない(図 1a)。これはイナミンの高い求核性により大気中でアミドへ速やかに加水分解されることに由来する。我々は、ホスフィニル基(Ph₂P(O))を有するイナミン **1** が大気中でも安定であることを見出し、本化合物のグラムスケール合成法と続くパラジウム触媒を用いた 2-ハロゲン化ビフェニルとの [4+2] 環化により幅広い多環芳香族アミンを合成した(図 1b)。¹⁾ さらに最近、アミノ(ホスフィニル)フェナントレンの脱ホスフィニル化と分子内環化からなる光励起電子移動でパイ拡張カルバゾールを合成し、これら一連の合成で得た化合物の光学特性を調査したので、その内容について紹介する。

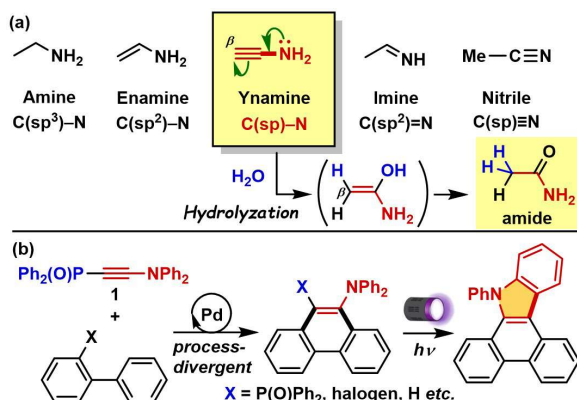
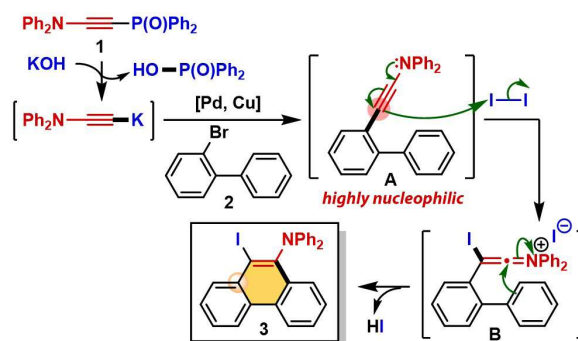


図 1: (a) 有機窒素化合物の構造的分類とイナミンの分解, (b) ホスフィニルイナミンの変換プロセス

2. 脱ホスフィニル化を伴う芳香環形成プロセス

実験結果の説明に先立ち、本研究で設計したメカニズムをスキーム 1 に示す。まずホスフィニルイナミン **1** に水酸化カリウムを添加すると脱ホスフィニル化が進行してカリウムアセチリドが発生し、続く菌頭-萩原カップリングで *o*-フェニルイナミン中間体 **A** が得られる。この中間体はアミノ基の強い電子供与効果により求核性が高く、ヨウ素を捕捉してイミニウム **B** を形成し、続く分子内 Friedel-Crafts 環化が進行して目的とする多環芳香族アミン **3** が得ら



スキーム 1: 脱ホスフィニル化を経由した多環芳香族アミンの合成戦略

れると考えた。

検討の結果、Pd₂(dba)₃・CHCl₃ と DPPF, CuI 触媒に水酸化カリウムを添加して 1,4-ジオキサン中、120 °C (還流条件) で攪拌すると、予想した中間体 **A** が効率的に生成した。続いてヨウ素を添加し、100 °C で 3 時間攪拌すると目的のアミノ(ヨード)フェナントレン **3a** が 72% で得られた(図 2)。基質適用範囲を検証した結果、パラ位に ^tBu 基を置換したイナミン **1b** を用いた場合に収率が 78% まで向上した (**3b**)。さらにジフェニルアミノ基やニトロ基を

置換したアミノフェナントレンは低収率であったが (**3c** 18%, **3g** 33%)、メトキシ基やメチル基、トリフルオロメチル基を置換した誘導体は良好な収率で得られたことから (**3d** 54%, **3e** 80%, **3f** 68%), 電子的に大きな摂動をもつ誘導体では収率が低下することを見出した。

また求電子剤として強い Brønsted 酸である HNTf₂ を用いるとプロトン化体である **3h** を 69% で得た。またヨウ素を添加するとチオフェン環の直接ヨウ素化も副生したが, HNTf₂ によるプロトン化を経た反応では単一生成分 **3i** が 72% 収率で得られた。最後に求電子剤として NBS を用いてプロモ化体 **3j** を 49%、

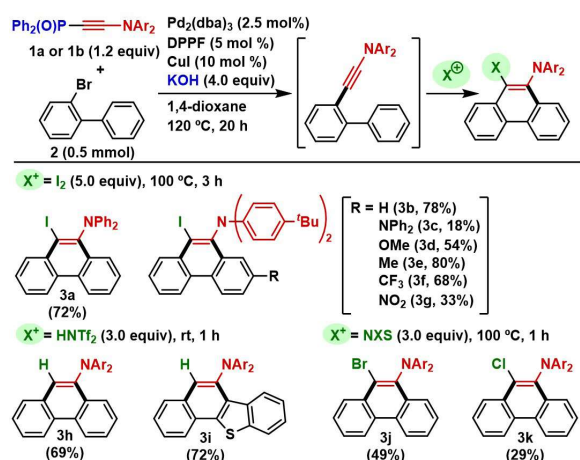


図2: イナミンの脱ホスフィニル化を経由した多環芳香族アミンの合成

NCS を用いてクロロ化体 **3k** を 29% で合成した。

3. 脱ホスフィニル化を伴わない直接的な芳香環形成プロセス

次に, 我々はホスフィニルイナミン **1a** の環化反応では脱ホスフィニル化を伴わない直接的な [4+2] 環化も多環芳香族アミンの合成法に有用であると考へ, 研究を実施した。検討の結果, **1a** に 2-ヨードビフェニル (**2a**) を加え, パラジウム触媒とホスフィン配位子および炭酸水素カリウムを添加して DMF 中, 100 °C で 20 時間攪拌したところ, アミノ(ホスフィニル)フェナントレン **4a** を 73% 収率で得た (図 3)。なお種々の単離精製を試みたものの, 本生成物は溶媒を取り込む性質を有していたことから混合物として得られた。以前, Larock らが内部アルキンとヨードビフェニルの環化反応を報告したが, 位置異性体が副生することが課題であった。²⁾ 一方, 本研究はアミノ基が電子ドナー, ホスフィニル基が電子アクセプターとなるプッシュプル型特性を有するため熱力学的に安定な中間体 **C** を形成し, 位置選択的に進行することを見出した。同様の反応から, 1-(2-

ヨードフェニル)ナフタレン (**2b**) を用いることで **4b** が 71% で得られ, *p*-トリル基を有するイナミンから **4c** を 61%, メトキシ基やトリフルオロメチル基を有するヨードビフェニルから **4d**, **4e** をそれぞれ 71%, 23% の収率で合成した。

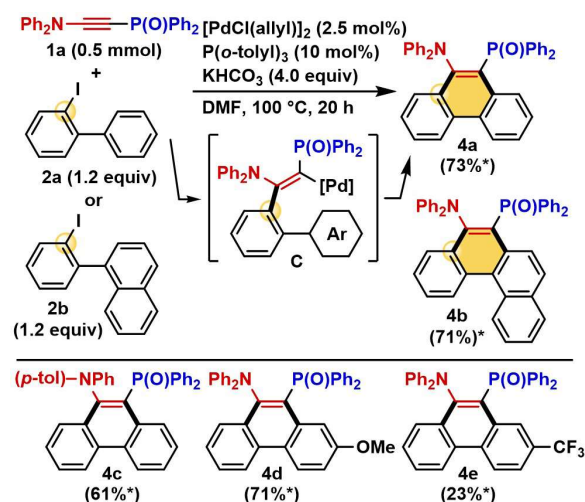
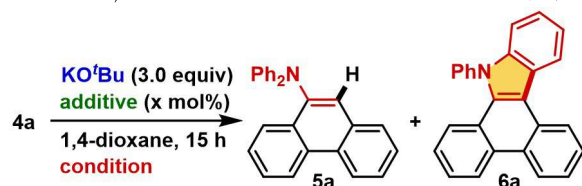


図3: Pd触媒を用いたイナミンとヨードビフェニルの環化による多環芳香族アミン合成(*溶媒を含む)

4. 光照射下における脱ホスフィニル型分子内環化

続いて, 得られたアミノ(ホスフィニル)フェナントレン **4a** を利用した変換反応を検討した。以前, 我々はホスフィニル基を有するトリアゾールにアルコキシドを加え, 加熱条件下で攪拌すると脱ホスフィニル化が進行することを見出している。¹⁾ 本研究でも同様に, **4a** に KO^tBu を加え, 1,4-ジオキサン溶媒中, 100 °C で 15 時間攪拌したところ, アミノフェナントレン **5a** が 33% 収率で得られた (表 1, entry 1)。更なる収率向上を目指すため, 添加剤も種々検討したところ, クラウンエーテルでは 37% と大きな収率向上が見られなかったのに対し (entry 2), 1,10-フェナントロリンを 50 mol% 添加した場合に収率が大きく向上し, 86% で **5a** が得られた (entry 3)。また今回最適であった KO^tBu/1,10-フェナントロリン錯体は光を照射することで分子内電荷移動 (MLCT) によりハロゲン化物の一電子還元を促進することも知られている。³⁾ そこで本研究では, 光照射下における脱ホスフィニル化を検討したところ, フェナントロリンを添加しない場合でも新たな反応が進行し, ¹H NMR や X 線結晶構造解析によってジベンゾカルバゾール **6a** が 64% 得られることを見出した (entry 4)。なおフェナントロリンを添加すると更に効率的に反応が進行し, **6a** を 91% の収率で合成した (entry 5)。

表1: 熱的および光照射条件下におけるアミノ(ホスフィニル)フェナントレンの脱ホスフィニル型変換



entry	additive (x mol%)	NMR yield (%)	
		5a	6a
1 ^a	none	33	0
2 ^a	18-crown-6 (20 mol%)	37	0
3 ^a	1,10-phen (50 mol%)	86 ^a	0

4 ^b	none	0	64
5 ^b	1,10-phen (30 mol%)	0	91 ^c

General condition: 4a (0.15 mmol), KO^tBu (3.0 equiv), additive, 1,4-dioxane (3.0 mL), N₂, 15 h.

^a condition: 100 °C. ^b condition: With LED irradiation (λ_{\max} = 390 nm) at rt. ^c Isolated yield.

この脱ホスフィニル化を伴う分子内環化により種々のパイ拡張カルバゾールを合成した(図4)。メトキシ基やトリフルオロメチル基を有する誘導体**6b**, **6c**はそれぞれ86%,63%,ベンゾチオフェンが縮環した化合物**6d**も59%で得られた。メチル基を有するイナミンからはパイ拡張カルバゾール**6e**が93%収率かつ0.59:1の比で位置異性体の混合物として得た。一方,メトキシ基を含むイナミンからは位置選択的に反応が進行し,X線結晶構造解析によって**6f**が単一生成物として86%で得られたことを確認した。

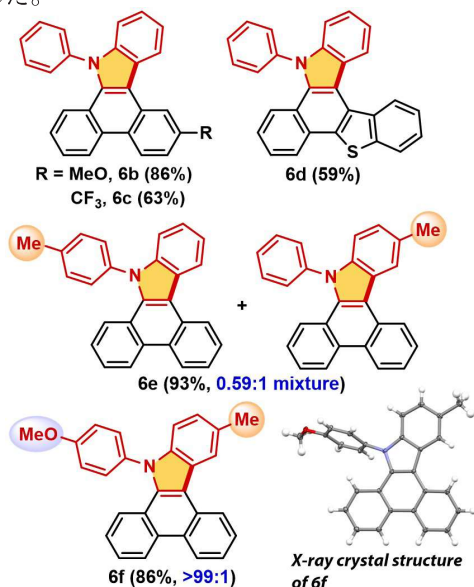
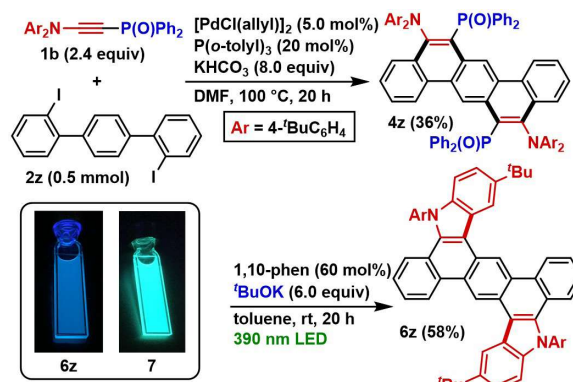


図4: 脱ホスフィニル型環化によるジベンゾカルバゾールの合成

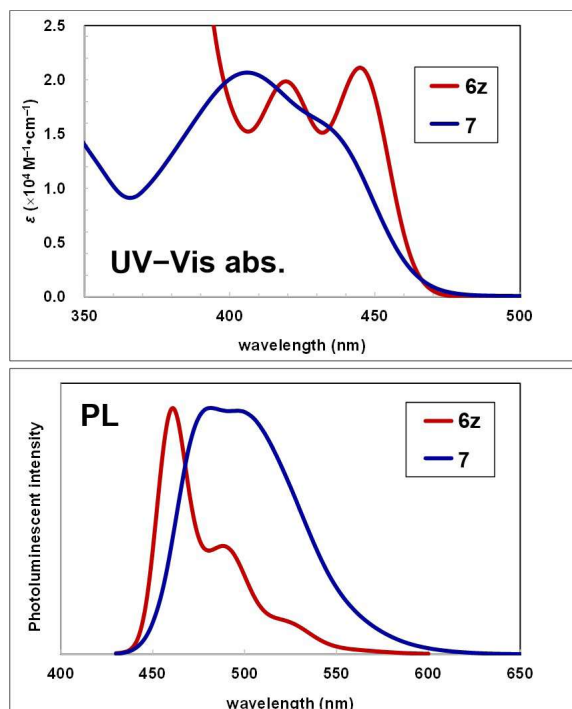
5. パイ拡張カルバゾール **6z** の合成と光物性

本研究で開発した反応を応用し,よりパイ共役系を拡張したカルバゾール誘導体の合成にも取り組んだ。以前,我々はイナミンの脱ホスフィニル化を伴う菌頭-萩原カップリング,分子内Friedel-Crafts反応によりアミノ基を2つ有するジベンゾ[*a,h*]アントラセン誘導体**7**(右上)を合成し,その光学特性を調査した。^{1a)}本研究では,イナミン**1b**とジヨードテルフェニル**2z**から2箇所直截環化したジベンゾアントラセン誘導体**4z**を36%収率で合成した(図5)。続いて,得られた**4z**に1,10-フェナントロリン, KO^tBu, トルエンを加えて紫色光(λ_{\max} =390 nm)を照射すると一電子還元を経由して脱ホスフィニル型の分子内環化が進行し,パイ拡張カルバゾール**6z**を58%の収率で得た。ここで合成した**6z**はヘリセン型の分子構造に由来して歪み構造を有しており,比較的ジクロロメタンへの溶解性も高く,溶液中での光学特性の調査も実施した。


 図5: 直截環化と脱ホスフィニル型の光環化を経由したパイ拡張カルバゾール **6z** の合成

最後に,**6z**のジクロロメタン中での光学特性を調査し,以前に合成した多環芳香族アミン**7**と比較した。その結果,**7**は370~460 nmにかけて幅広い吸収スペクトルが得られたのに対し,**6z**は420 nmと445 nmに2つの比較的シャープなスペクトルが得られた(図6)。蛍光特性においても,**7**は450~550 nmにわたって幅広いスペクトルであることに起因して白色を帯びた青色発光分子を示すのに対し,**6z**は461 nmを最大とした振動構造を含むシャープなスペクトルであり,青色純度が高い発光特性を有することを見出した。この知見から,本研究で新たに合成法を開発したパイ拡張カルバゾール**6z**は剛直な

分子構造をもち、高純度青色発光材料として期待しており、今後は新たな材料シーズとして研究展開する計画である。



	UV-Vis abs. ^a		PL ^b	
	λ_{abs} (nm)	$(\epsilon)^c$	λ_{em} (nm)	$(\phi_F)^d$
6z	420 (1.99)	445 (2.11)	461, 488	(0.32)
7^e	406 (2.07)	440 (1.39)	482, 496	(0.83)

^a In CH_2Cl_2 (1.0×10^{-5} M). ^b In CH_2Cl_2 (1.0×10^{-6} M).
^c Values in $10^4 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$. ^d Absolute fluorescence quantum yield. ^e Previously reported data in Ref. 1a.

図6：パイ拡張カルバゾール **6z** および多環芳香族アミン**7**の光学特性

6. まとめ・今後の展望

本研究では、ホスフィニル基を置換したイナミンを用いたパラジウム触媒反応を利用した位置選択的な多環芳香族アミン合成、および [4+2] 直截環化により得られたアミノ(ホスフィニル)フェナントレン**4**を利用した光照射下での一電子還元を経由した脱ホスフィニル型分子内環化によりジベンゾカルバゾールを合成した。今回新たに合成した**6z**は高純度

な青色発光特性が見出されており、今後も分子設計や特性評価を通して機能性材料の開発を目指したい。また最近では、イナミンの一電子酸化を経由した新たな合成方法論の開発にも着手しており、イナミンを起点として幅広い有機窒素化合物を自在合成できる方法論の開発や、材料や医薬品シーズとして有用な機能性分子の合成を行っている。

7. 本研究に関連した論文業績

- (1) Y. Okuda, M. Fujimoto, H. Akashi, A. Orita, *J. Org. Chem.* **2021**, *86*, 17651.
- (2) Y. Okuda, T. Sato, S. Takebe, M. Mori, M. Fujimoto, K. Masuda, T. Sabato, K. Wakamatsu, H. Akashi, A. Orita, *J. Org. Chem.* **2024**, *89*, 7747.

※本報告書は上記論文のレビューであり、実験結果や図表には同様の内容を含んでいる。

8. 実験項(概要)

本研究では、日本電子社製 JNM-ECZ400S (^1H : 400 MHz, ^{13}C : 101 MHz)を用いた NMR 測定、ブルカー社製 autoflexspeed (MALDI-TOF 法)を用いた高分解能質量分析、Rigaku 社製 VariMax with Saturnを用いた X 線結晶構造解析を行った。これらの装置は、岡山理科大学総合機器センターに設置されており、すべてのデータ解析を本学で行った。紫外可視吸収スペクトルは日本分光社製 V-650、蛍光スペクトルは日本分光社製 FP-6500 でそれぞれ 1 cm の角セルを利用してジクロロメタン中で測定した。絶対量子収率は浜松ホトニクス社製 C9920-02 を用いて測定した。すべての試薬は市販品を用いており、特にコメントしない限りは精製作業を行っていない。

参考文献

- (a) Y. Okuda, M. Fujimoto, H. Akashi, A. Orita, *J. Org. Chem.* **2021**, *86*, 17651. (b) Y. Okuda, T. Sato, S. Takebe, M. Mori, M. Fujimoto, K. Masuda, T. Sabato, K. Wakamatsu, H. Akashi, A. Orita, *J. Org. Chem.*, **2024**, *89*, 7747.
- R. C. Larock, M. J. Doty, Q. Tian, J. M. Zenner, *J. Org. Chem.* **1997**, *62*, 7536.
- Z. Xu, L. Gao, L. Wang, M. Gong, W. Wang, R. Yuan, *ACS Catal.* **2015**, *5*, 45.

Synthesis of Polycyclic Aromatic Amines with Phosphinyl Ynamines and Investigation of Their Optical Properties

Yasuhiro OKUDA^{1)*}, Takuma SATO²⁾, Sou TAKEBE³⁾, Mayo FUJIMOTO³⁾, Matsuri MORI³⁾, Ami ISHIZUKA³⁾, Akihiro ORITA^{1)*}

1) Department of Applied Chemistry, Faculty of Engineering, Okayama University of Science,
1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan,

2) Department of Applied Chemistry, Graduate School of Engineering, Okayama University of Science,
1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan

3) Department of Applied Chemistry and Biotechnology, Faculty of Engineering, Okayama University of Science,
1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan

*Corresponding author

We present a palladium-catalysed, process-controlled, regiodivergent synthetic protocol to polycyclic aromatic amines based on the unique reactivity of phosphinyl ynamines. A direct [4 + 2] cyclization of ynamines with 2-iodobiphenyls furnishes 9-amino-10-(phosphinyl)phenanthrenes, which serve as versatile intermediates; we subsequently described a thermal/photochemical process-controlled chemodivergent dephosphinylative functionalization with KO^tBu/1,10-phenanthroline complex. Under heating conditions (ca. 100 °C), straightforward dephosphinylation takes place to afford 9-aminophenanthrenes. In sharp contrast, irradiation with purple light LEDs ($\lambda_{\text{max}} \approx 390$ nm) triggers a single-electron-transfer-mediated dephosphinylative intramolecular cyclization, delivering π -expanded dibenzocarbazoles. This photochemical cyclization process is particularly noteworthy as it enables the synthesis of a highly π -expanded dicarbazole. Furthermore, we describe the optical properties of a series of π -expanded aromatic amines and carbazoles generated through these dephosphinylative annulation processes, highlighting the potential of this synthetic strategy for the modular construction of functional organonitrogen π -conjugated material.

Keywords : dephosphinylation; ynamine; chemodivergent synthesis; photochemistry; optical property

岡山理科大学フロンティア理工学研究所について

本研究所は、岡山理科大学の附属施設であった自然科学研究所と技術科学研究所を統合し平成 31 年 4 月に設立されました。本研究所では、フロンティア精神に基づき科学の未開拓領域から発見した研究成果を社会へ還元し、さらに具体的な「モノづくり」へと繋げ社会に貢献することを目的として、学内のプロジェクトを始めとして、他大学、産業界、公的研究機関との間でも共同研究と教育活動を積極的に行っています。

旧自然科学研究所の母体は岡山県真庭郡川上村上福田の蒜山地区に蒜山研究所として 1969 年に創設されました。主に、生物、地学、人類考古学等、フィールドサイエンスを中心とした研究を実施することを目的として活動してきました。1994 年に理科大学内付属機関再編成の結果、自然科学研究所に改組、改名されました。それに伴って旧機器分析センターの教員が新たに参画し、研究拠点が岡山市理大町のキャンパスに移り、それまでの蒜山地区の施設は蒜山分室となりました。1996 年 4 月に岡山キャンパス内に加計学園自然植物園が創設され、その研究員は新たに自然科学研究所に加わりましたが、2001 年 4 月加計学園自然植物園は岡山理科大学自然植物園となり自然植物園専任となりました。それを機会に自然科学研究所、技術科学研究所、自然植物園の付属施設間で専任教員が再構成され、自然科学研究所は地球科学、物理学、化学の三つの部門で構成されました。各研究部門ではそれぞれの複合領域の研究課題でプロジェクトを推進し、学内外の研究者との共同研究を通じて専門分野の研究の発展を図ると同時に、それぞれの専門に応じて、一般に公開されるシンポジウムあるいは観察会を開催して広く社会に対する自然科学の啓蒙活動も行ってきました。また毎年夏に開催する親子自然観察教室では一般から参加者を募り小学生から父兄までを対象に自然の不思議や仕組みを学ぶ体験型のイベントを企画してきました。

旧技術科学研究所は、研究と教育に関して学術的分野で主に応用的研究を行い、科学技術の発展と地域社会に貢献することを目的として、中央研究センター（1986 年発足）と環境資源研究センター（1988 年発足）を統合して 1994 年 4 月に設立されました。研究所では、社会に開かれた研究所をめざし、学内のプロジェクト研究を始めとして、他大学、産業界、公的研究機関との間で共同研究を行ってきました。研究所は生物工学部門、生体工学部門、環境工学部門、メカトロニクス部門、環境エネルギー部門及び先端材料工学部門に分れて研究・教育を行ってきました。

以上のような研究・教育施設、体制および活動はフロンティア理工学研究所に引き継がれ、さらに積極的な施設利用と活動が展開されております。

令和7年度フロンティア理工学研究所構成員

専任研究員7名(所長を含む)、兼任研究員1名、兼務研究員15名、および客員研究員1名の計24名が構成員として所属しています。

所長	赤司 治夫	フロンティア理工学研究所	教授
専任研究員	今山 武志	フロンティア理工学研究所	教授
専任研究員	中谷 達行	フロンティア理工学研究所	教授
専任研究員	畠山 唯達	フロンティア理工学研究所	教授
専任研究員	牧 祥	フロンティア理工学研究所	教授
専任研究員	岩井 良輔	フロンティア理工学研究所	准教授
専任研究員	村本 哲也	フロンティア理工学研究所	講師
兼任研究員	笠 展幸	工学部 電気電子システム学科	教授
兼務研究員	石垣 忍	研究・社会連携機構	
		古生物学・年代学研究センター	特担教授
兼務研究員	石田 弘樹	理学部 物理学科	教授
兼務研究員	岩永 哲夫	理学部 化学科	教授
兼務研究員	江藤 真澄	獣医学部 獣医学科	教授
兼務研究員	折田 明浩	工学部 応用化学科	教授
兼務研究員	猶原 順	生命科学部 生物科学科	教授
兼務研究員	橋川 直也	生命科学部 医療技術学科	教授
兼務研究員	橋川 成美	生命科学部 医療技術学科	教授
兼務研究員	東村 秀之	理学部 基礎理学科	教授
兼務研究員	矢城 陽一朗	教育推進機構 基盤教育センター	教授
兼務研究員	麻原 寛之	工学部 電気電子システム学科	准教授
兼務研究員	逢坂 大樹	生命科学部 医療技術学科	准教授
兼務研究員	若松 寛	理学部 化学科	准教授
兼務研究員	糸井 崇将	獣医学部 獣医学科	講師
兼務研究員	奥田 靖浩	工学部 応用化学科	講師
客員研究員	岩井 麻理菜	こくたいちょう動物病院	獣医

岡山理科大学フロンティア理工学研究所規程

平成31年4月1日

(趣 旨)

第1条 岡山理科大学フロンティア理工学研究所規程(以下、「本規程」という。)は、岡山理科大学研究・社会連携機構規程第5条に基づき、フロンティア理工学研究所(以下、「本研究所」という。)に関して必要な事項を定めるものとする。

(目 的)

第2条 本研究所は、本研究所の理念に沿い、理学・工学融合分野における学理とその応用に関する学術研究・教育の発展に寄与することを目的とする。

(構成員)

第3条 本研究所に、所長、専任教員を置く。

(所 長)

第4条 所長は、理事長が任命する。

2 所長の任期は、2年とする。ただし、再任は妨げない。

3 必要に応じ所長を補佐する目的で副所長の職位を置くことができる。

(研究員)

第5条 本研究所は、次の各号に定める研究員を受け入れることができる。

(1) 岡山理科大学教員の兼務研究員

(2) 岡山理科大学研究員規程に定める研究員

(3) 岡山理科大学客員研究員規程に定める客員研究員

2 兼務研究員の任期は1年とし、再任を妨げない。また、兼務研究員に関して必要な事項は別に定める。

3 兼務研究員は、年度当初の第1学部運営委員会にて承認を得なければならない。

(重要事項の審議)

第6条 本研究所の管理・運営に関する重要事項は、研究・社会連携機構運営委員会及び大学協議会の審議を経て、学長が決定する。

(所員会議)

第7条 本研究所の管理運営、研究の施策及び施行に関する事項を協議するために、所員会議を置く。

2 所員会議の運営については、別に定める。

(共同利用・研究)

第8条 本研究所の利用・共同研究については、別に定める。

(研究成果の公表)

第9条 本研究所は、研究成果を「岡山理科大学フロンティア理工学研究所年報」として毎年度発行する。

(事務局)

第10条 本研究所の事務は、研究・社会連携室及び学部運営事務室が担当する。

(改 廃)

第11条 本規程の改廃は、研究・社会連携機構運営委員会及び大学協議会の審議を経て学長が決定する。

附 則

1 この規程は、平成31年4月1日から施行する。

2 岡山理科大学自然科学研究所と岡山理科大学技術科学研究所を発展的に統合して本研究所を設置することに伴い、岡山理科大学自然科学研究所規程及び岡山理科大学技術科学研究所規程は、平成31年3月31日をもって廃止する。

第7回 OUS フロンティアセミナー

「データサイエンスの基礎から応用展開」 ～はじめてますか？使えますか？～

主 催：岡山理科大学フロンティア理工学研究所
 開催日時：令和7年11月28日（金）12:30～17:00
 会 場：岡山理科大学 岡山キャンパス（A1号館1階プレゼンテーションルーム）
 共 催：岡山理科大学
 後 援：岡山県、岡山県教育委員会

岡山理科大学フロンティア理工学研究所では、情報理工分野およびデータサイエンス分野の知の交流と社会実装の促進を目的として、大学研究者・企業関係者・官公庁・学生・一般市民の皆様を対象とした「第7回 OUS フロンティアセミナー（一般講演会）」を開催いたします。

本学では情報理工学分野の重要性を早期より認識し、今年4月には通信教育部に情報理工学部を新設するなど、教育・研究の両面から情報科学人材の育成を進めています。とりわけAI（人工知能）を中心とした情報技術は日進月歩で進展し、コロナ禍以降、その社会実装のスピードはさらに加速しています。単に技術を「知る」だけでなく、「実際に使いこなせる」ことが、現代社会における競争力となりつつあります。

今回のセミナーでは、データサイエンスの基礎からAI・機械学習の応用展開に至るまで、国内でこの分野を牽引する研究者をお招きし、非専門の方にもわかりやすい形で最新動向をご紹介します。

データサイエンスやAI活用に関心をお持ちの方は、ぜひこの機会にご参加ください。

講演プログラム

発表ポスターは、プレゼンテーションルーム前にて12:30～17:00の間、閲覧いただけます

- 13:00-13:10 開会挨拶
岡山理科大学副学長 南 善子
- 13:05-13:40 スーパーコンピュータ”MASAMUNE- 弐”を活用した
超大規模シミュレーションによる材料設計
東北大学 金属材料研究所 計算材料科学研究部門・計算材料学センター 久保百司氏
- 13:40-14:15 科学と工学におけるAI応用の『新しい当たり前』
統計数理研究所 先端データサイエンス研究系 WU STEPHEN 氏
- 14:15-14:50 スペクトルデータ工学に基づいたダイヤモンドライクカーボン薄膜の
物性予測と最適化の可能性
三菱鉛筆株式会社 小佐野芳寿氏
岡山理科大学 フロンティア理工学研究所 中谷達行氏
- 14:50-15:40 休憩 & ポスター発表（*プレゼンテーションルーム前にお集まりください*）
- 15:40-16:15 生成AIの現状と対話分析に基づく教育支援の可能性
岡山理科大学 通信教育部 / 情報理工学部 情報理工学科 大西朔永氏
- 16:15-16:50 医学データサイエンスの結果をどのように確認するか？
～ゼブラフィッシュ×ゲノム編集を組み合わせた検証モデル提案～
岡山理科大学 生命科学部 医療技術学科 逢坂大樹氏
- 16:50-17:00 閉会挨拶
岡山理科大学 フロンティア理工学研究所 所長 赤司治夫

オーガナイザー：牧 祥、岩井良輔、中谷達行（フロンティア理工学研究所）

OUS フロンティアセミナー開催記録

* No.1 - No.5 は OUS シンポジウム (旧称)

* No.6 - No.24 は OUS 技術セミナー (旧称)

No.	年度	テーマ	講師
1	1996 (H 8) 年 4 月	21世紀への科学を考える	招待講演 NHK 小出五郎
2	1996 (H 8) 年 11 月	21世紀への環境を考える — 一人間、環境、地球 —	岡山理科大学
3	1997 (H 9) 年 11 月	見ることの素晴らしさ	岡山理科大学
4	1998 (H10) 年 11 月	21世紀への環境を考える — 無公害社会の実現を目指して —	岡山理科大学
5	1999 (H11) 年 11 月	よみがえれものづくり日本	岡山理科大学
6	2000 (H12) 年 11 月	21世紀の少子高齢社会を支える福祉工学 — 住みよい社会作りを目指して —	岡山理科大学他
7	2001 (H13) 年 11 月	IT革命によって社会が変わる	岡山理科大学他
8	2002 (H14) 年 10 月	循環型社会を考える — 新しいライフスタイルをめざして —	岡山理科大学他
9	2003 (H15) 年 10 月	21世紀の水環境を考える	岡山理科大学他
10	2004 (H16) 年 12 月	21世紀の環境とバイオの最前線	岡山理科大学他
11	2005 (H17) 年 12 月	21世紀を拓く科学技術と産業創出をめざして — ベンチャー、夢、人づくり —	岡山理科大学他
12	2006 (H18) 年 12 月	躍進する生体医工学の最前線	岡山理科大学他
13	2007 (H19) 年 11 月	地球温暖化とその対策	岡山理科大学他
14	2008 (H20) 年 11 月	大学で、夢づくり、ものづくり	岡山理科大学他
15	2010 (H22) 年 1 月	忍び寄る恐怖 - 細菌、ウイルス、 化学物質の過去・現在・未来 —	岡山理科大学
16	2010 (H23) 年 3 月	いま、動物の世界がおもしろい — 動物が教えてくれる性と生のテクノロジー —	岡山理科大学他

17	2011 (H23) 年 11 月	東日本大震災 —いま必要な地震防災対策—	岡山理科大学
18	2013 (H25) 年 2 月	生活水準 (QOL) 向上のための健康と科学	岡山理科大学他
19	2014 (H26) 年 2 月	生活の質 (QOL) 向上のため科学と技術	岡山理科大学他
20	2015(H27)年 2 月	先端材料工学が拓く次世代の医療と環境	岡山理科大学他
21	2016(H28)年 2 月	I C T活用による安心・安全サポート	岡山理科大学
22	2017(H29)年 2 月	「実用化を見据えた最先端医療のための技術」 ～先端医療機器・再生医療製品、その開発から臨床研究まで～	岡山理科大学他
23	2018(H30)年 2 月	「実用化を見据えたライフサイエンスの最前線」 ～先端医療機器・再生医療製品・化粧品、その臨床応用に向けた研究開発～	岡山理科大学他
24	2019(H31)年 2 月	「岡山の自然災害を考える」	岡山理科大学他
25	2020(R2)年 3 月	「サステナブル社会のためのフロンティア科学・技術」 —岡山から環境、防災、医療を考え発信する—	岡山理科大学他
26	2021(R3)年 3 月	「コロナに立ち向かう知識と技術:岡山から考え発信する」	岡山理科大学他
27	2022(R4)年 2 月	「デジタルでお宝発掘!？」 ～データマイニングが導く持続可能社会～	岡山理科大学他
28	2023(R5)年 2 月	「“岡山発” 実用化を見据えた医用材料開発の最前線」	岡山理科大学他
29	2024(R6)年 2 月	「生体異物に抗い利用する知識と技術」 ～公衆衛生から医薬品・医療機器開発まで～	岡山理科大学他
30	2025(R7)年 2 月	「宇宙環境利用に関する技術課題と将来展望」	岡山理科大学他
31	2025(R7)年 11 月	「データサイエンスの基礎から応用展開 ～はじめてますか?使ってますか?～」	岡山理科大学他

The 5th International OUS Frontier Symposium – Science of Functional Materials for a Sustainable Future –

赤司治夫

主 催：岡山理科大学フロンティア理工学研究所
開催日時：2025年11月4日
開催場所：岡山理科大学 A1 号館 プレゼンテーションルーム

2025年11月4日、第5回 International OUS Frontier Symposium を開催いたしました。本年は「持続可能な未来に向けた機能性材料の科学」をテーマに掲げ、基礎から最先端研究に至るまで、幅広い視点から議論を深める機会となりました。

基調講演には Taner Akbay 教授 をお迎えし、新規電極材料として注目を集めるペロブスカイト型酸化物表面における酸素還元反応のメカニズムについて、理論的背景から応用展開までを体系的かつ明快にご講演いただきました。続いて、高原一真先生には、近年急速に研究が進展している円偏光発光材料の中でも特に重要性が高まっている白色円偏光発光材料について、ご自身が開発された化合物の特性とともに最新の研究成果をご紹介いただきました。

また、ポスターセッションでは、近隣大学の研究者や留学生を含む若手研究者を中心に22件の発表が行われ、終了時間ぎりぎりまで活発で熱意あふれる討論が展開されました。分野横断的な交流が生まれ、参加者相互の理解と刺激が深まる充実した時間となりました。

本シンポジウムには、配位化学をはじめとする多様な科学分野から多数の研究者にご参加いただきましたことを、主催者一同、心より嬉しく思っております。とりわけ、大学院生や若手研究者の積極的な参加は、本シンポジウムの将来性を強く感じさせるものでした。

本シンポジウムが、若手研究者・大学院生にとって、同世代の研究者ならびに第一線で活躍する研究者との議論を通じて新たな研究着想を得る場となり、将来の共同研究へと発展する契機となることを、今後も切に願っております。



**The 5th International OUS Frontier Symposium
– Science of Functional Materials for a Sustainable Future –**

November 4, 2025

Venue: Okayama University of Science, A1 building Presentation room

Scientific Program

Registration

- 12:30 PM:

Opening Remarks

- 12:50

Haruo Akashi (Director of Institute of Frontier Sciences and Technology)

Plenary Lecture

- 13:00 – 14:00

On the Surfaces of Complex Oxides: With Special Emphasis
on Oxygen Reduction Reaction

Taner Akbay

Visiting Professor, The WPI-I2CNER, Kyushu University

Invited Lecture

- 14:00 – 14:40

Cryogenic Circularly Polarized Luminescence for A New Homochiral
Tetracopper(I) Cluster and Thermochromic Behavior

Kazuma Takahara

Assistant Professor, University of Hyogo

Featured Lecture

Exploring Research Seed at Okayama University of Science

- 14:40 – 15:20

Recent study on the measurements of thermal properties of some protein crystals

Syou Maki

Professor, Okayama University of Science

Coffee Break

- 15:20 – 15:40

Poster Session

- 15:40 – 17:00

- P-01 Thermo-, and Vapo- responsive Luminescence Properties of Hydrazone-Europium(III) Complex
Asahi Kamei¹, Daisuke Saito², Masako Kato², Takayoshi Suzuki³
¹Grad. Sch. Env., Life, Nat. Sci., Tec., Okayama Univ., Okayama city, Japan
²Kwansei Gakuin Univ., Nishinomiya city, Japan
³RIIS, Okayama Univ. Okayama city, Japan
- P-02 Dielectric Response of a Heterodinuclear Metal Complex Studied by Single-Crystal Measurements
S. Ikenaga,¹ O. Sato,² and K. Yamamoto^{1,*}
¹Department of Physics, Okayama University of Science, Japan
²Institute for Materials Chemistry and Engineering, Kyushu University, Japan
- P-03 Plastic Carbonization of Polyolefins Enabled by Catalytic C–H Functionalization
T. Hatanaka^{1,*} and Y. Nishina¹
¹Research Institute for Interdisciplinary Science, Okayama University,
3-1-1 Tsushimanaka, Kita-ku, Okayama 700-8530, Japan
- P-04 Reaction Temperature Dependence of CTACI Protected Kompeitolike Gold Nanoparticles Prepared by Gallic Acid Reduction
Y. Ohtani,¹ H. Muraai,² and M. Takezaki^{1,2,*}
¹Graduate School of Engineering, Okinawa University of Science, Okayama, Japan
²Faculty of Engineering, Okayama University of Science, Japan
- P-05 Synthesis and Characterization of Acetylacetonato Diruthenium(III) Complex with tri chlorido bridges.
K. Nakashima¹, S. Nakashima¹, H. Akashi¹, M. Mikuriya² and M. Handa³
¹Okayama University of Science, Institute of Frontier Science and Technology, Okayama, Japan
²Kwansei Gakuin University, School of Biological and Environmental Sciences, Sanda, Japan
³Shimane University, Graduate School of Natural Science and Technology, Matsue, Japan
- P-06 Construction of high-viability 3D-tissues via intracellular metabolic regulation in chondrocytes and mesenchymal stem cells
Rui Zhang,^{1,*} Keita Kanki¹
¹Graduate school of Science and Engineering, Okayama University of Science, Okayama, Japan
- P-07 Identification of inflammation-responsive HDAC gene and its possible target genes in hepatocellular carcinoma.
M. Uchida,^{1,*} K. Nishitani,¹ T. Yang,² and K. Kanki^{1,2}
¹Department of Bioscience, Faculty of Life Science, Okayama University of Science, Okayama, Japan.
²Graduate School of Science and Engineering, Okayama University of Science
- P-08 Self-Organized Formation of Sweat Gland Ducts from Multicellular Spheroids
R. Hikasa^{1,2}, M. Iwai², and R. Iwai^{2,*}
¹Division of Natural Science, Graduate School of Science and Engineering, Okayama University of Science, Okayama, Japan.
²Institute of Frontier Science and Technology, Okayama University of Science.

- P-09 Successful Preparation of Fiber-Shaped Cell Aggregates Loaded with X-ray Contrast Titanium Particles: Toward Minimally Invasive Arterial Regeneration via Catheter-Based Cell Delivery
L. Teng^{1,2}, S. Fukushima^{3,4}, M. Koizumi⁵, H. J. Okano⁴, T. Ohki³, and R. Iwai^{2*}
¹Division of Natural Science, Graduate School of Science and Engineering, Okayama University of Science, Okayama, Japan.
²Institute of Frontier Science and Technology, Okayama University of Science.
³Division of Vascular Surgery, Department of Surgery, The Jikei University School of Medicine, Tokyo, Japan.
⁴Division of Regenerative Medicine, Research Center for Medical Sciences, The Jikei University School of Medicine.
⁵Laboratory Animal Facilities, The Jikei University School of Medicine.
- P-10 Single-Molecule Magnets Behavior of New 3d–4f Dinuclear Complexes and Bridging Ligand Effect on The Magnetic Relaxation Barrier
K. Okada,^{1*} K. Takahara,¹ A. Yamaguchi,¹ T. Kajiwara,² Y. Ozawa,¹ and M. Abe¹
¹Graduate School of Science, University of Hyogo, Hyogo, Japan
²Graduate School of Humanity and Science, Nara Women's University, Nara
- P-11 Coordination Behavior of a PNO Schiff Base Hydrazone in the Formation of Mononuclear and Multinuclear Transition Metal Complexes with Redox and Photosubstitution Properties.
I. R. Armah,¹ P. A. Anom,¹ T. Suzuki,^{2*} K. Miyoshi,³ Y. Sunatsuki,⁴
¹Okayama University, Grad. Of ELNST, Okayama, Japan.
²Okayama University, RIIS, Okayama Japan.
³Okayama University, Grad. Of NST, Okayama, Japan.
⁴Okayama University, Adv. Sci. Res. Center, Okayama, Japan.
- P-12 Synthetic study of π -extended 9,10-bis(phenylethynyl)anthracene dimers
Shotaro Kishimoto¹, and Tetsuo Iwanaga^{1,*}
¹Graduate School of Science and Engineering, Okayama University of Science, Okayama, Japan
- P-13 Hydrogen-Bonded Networks and Guest Inclusion in Luminescent Multinuclear Copper(I) Complex Crystals
R. Suhara,^{1,*} Y. Ozawa,¹ K. Takahara,¹ and M. Abe¹
¹Graduate School of Science, University of Hyogo, Hyogo, Japan
- P-14 Chemodivergent Synthesis of π -expanded Carbazoles and Benzacridines via 5- and 6- Membered Cyclic Sulfones
T. Sakami, A. Iwakura, S. Matsunaga, Y. Okuda, and A. Orita*
Department of Applied Chemistry, Okayama University of Science, Okayama
- P-15 Synthesis of Oxa[7]circulene via Sulfonyl[6]Helicene
A. Iwakura, T. Sakami, Y. Okuda, and A. Orita*
Department of Applied Chemistry, Okayama, Okayama University of Science
- P-16 Novel microtubule-associated proteins suppress microtubule dynamics in Arabidopsis thaliana
H. Shimizu,^{1,*} M. Itoh,² T. Takei,³ and T. Hamada^{1,2}
¹Graduate School of Science and Engineering, Okayama University of Science, Okayama, Japan
²Department of Science, Okayama University of Science, Okayama
³BPRC, AIST

- P-17 Analysis of intrinsically disordered region in Arabidopsis MOR1
I. Mizote,^{1,*} H. Shimizu,¹ M. Itoh,² T. Takei,^{2,3} and T. Hamada^{1,2}
¹Graduate School of Science and Engineering, Okayama University of Science, Okayama, Japan
²Department of Science, Okayama University of Science, Okayama Japan
³BPRC, AIST
- P-18 Dynamic analysis of heat shock proteins during the high-temperature acclimation process in Arabidopsis thaliana
Yuzuki Nishi,^{1,*} Shiyu Shimoyama,¹ Mei Ichikawa,² Yukiko Yamamoto,² Takahito Takei,^{2,3} Takahiro Hamada,^{1,2}
¹Grad. Sch. Sci. and Eng., Okayama Univ. of Sci.
²Fac. of Sci., Okayama Univ. of Sci.,
³BPRC, AIST
- P-19 Synthesis and Properties of Ethynyl-bridged Metal Porphyrin Dimer Complexes for Photocatalyst for Hydrogen Production
T. Tanaka,^{1,*} S. Kuwada,² and M. Mitsumi²
¹Grad. Sch. of Sci. and Eng., Okayama University of Science, Okayama, Japan
²Dept. of Chem., Fac. of Sci., Okayama University of Science, Okayama, Japan
- P-20 Synthesis, Crystal Structure, and Photohydrogen Production Evaluation of Rhenium(I)–Carbonyl-Bridged Cyclic Zinc Porphyrin Tetramer
K. Ohnishi,¹ A. Yoshida,¹ T. Nakazono, Y. Yamada, and M. Mitsumi^{1,*}
¹Fac. of Sci., Okayama Univ. of Sci., Okayama, Japan
²ReCAP
³Grad. Sch. of Eng., Osaka Metropolitan Univ., Osaka, Japan.
- P-21 Temperature Estimation by Thermoremanent Magnetization
T. Hatakeyama^{1,*}, S. Yamada¹, K. Misaka¹ and K. Kataoka²
¹Okayama University of Science, Okayama, Japan
²Kurayoshi City Government, Kurayoshi, Japan
- P-22 Microfluidic Size Separation of Graphene Oxides
Koji Matsuura^{1,*} and Yuta Nishina²
¹Department of Bioscience, Faculty of Life Science, Okayama University of Science
²Research Institute for Interdisciplinary Science, Okayama University

Closing Ceremony

- 5:30 PM

学術論文・著者, 学会発表, 特許, 受賞および社会貢献活動

学術論文及び著書

フロンティア理工学研究所研究員

- H. Watanabe, T. Sakami, A. Iwakura, Y. Nakashima, M. Nishinaka, H. Morimoto, S. Nakashima, Y. Okuda, T. Iwanaga, **H. Akashi**, A. Orita*, “Modular Synthesis of Substituted [n]Helicenes (n = 5–7) Starting from Arylmethyl Sulfone and Arylene Dialdehyde: Aldol-Type Condensation, Photocyclization, and Desulfonylative ArylationClick to copy article link” *Journal of Organic Chemistry* (2025), 90(26), 9002-9013.
- T. Sakami, H. Watanabe, T. Sato, Y. Okuda, K. Wakamatsu, **H. Akashi**, A. Orita, “Synthesis and crystal structure of 5,10-bis(phenylsulfonyl)tetrahydrodibenzopentalene”, *Acta Crystallographica, Section E: Crystallographic Communications* (2025), 81(2), 172-176.
- Dutta, D., **Imayama, T.**, Sarkar, D.P., Ando, J., Das, K. (2025). Creep behaviour of omphacite and amphibole-plagioclase symplectite: the role of heterogeneous hydration in the Tso Morari eclogite during retrogression. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 181, 1. <https://doi.org/10.1007/s00410-025-02281-x>.
- Imayama, T.**, Yi, K., Aoki, K. (2025). Revisiting the origin and significance of the Paleoproterozoic complex in the Himalaya: new insights from apatite geochemistry. *All Earth* 37, 2579381.
- 今山武志 . ヒマラヤ珍道中記 (読み物). *地質技術*, v. 15, 49-54.
- Sato, A., **Imayama, T.**, Dutta, D., Kaneda, Y., Watanabe, S., Hasegawa, T., Minami, M., Wakasugi, Y., Wakaki, S., Yi, K. (2025). Supra-subduction zone magmatism and extreme mantle depletion in the Early Cretaceous Nidar Ophiolite Complex, NW India. *Gondwana Research*, 147, 119-136.
- Phukon, P., Hussain, M.S., **Imayama, T.**, Wang, J.-M., Aoki, K., Behera, S. (2025). Quantifying the partial melting of Himalayan Metamorphic core in Eastern Himalaya: implications for crustal rheology. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 180, 11. <https://doi.org/10.1007/s00410-025-02200-0>.
- Arao, M., **Imayama, T.**, Sawada, Y., Yagi, K., Siddiqu, R.H., Dutta, D. (2024). Magmatic and metamorphic evolution of the Late Cretaceous Muslim Bagh Ophiolite, western Pakistan: implications for ridge subduction after subduction initiation. *International Geology Review*, 1-18. <https://doi.org/10.1080/00206814.2024.2417214>
- Oh, C. W., Kawaguchi, K., Lee, B. Y., Lee, S. H., **Imayama, T.** (2024). Initiation of the Unazuki Belt, Southwest Japan, during the Carboniferous as an island arc system along the North China Craton. *International Journal of Earth Sciences*, 113, 1241-1264.
- Imayama, T.**, Dutta, D. and Yi, K. (2024). The origin of the ultrahigh-pressure Tso Morari Complex, NW Himalaya: Implication for Early Paleozoic rifting. *Geological Magazine*, 160(11), 1975-1982.
- H. Fukue, **T. Nakatani**, S. Takabayashi, T. Okano, M. Kuroiwa, S. Kunitsugu, H. Oota, K. Yonezawa, Raman Spectroscopy Analysis of the Chemical Structure of Diamond-Like Carbon Films Deposited Via High-Frequency Inclusion High-Power Impulse Magnetron Sputtering, *Diamond and Related Materials*, **142**, 110768, (2024).
- Y. Osano, H. Fukue, S. Takabayashi, S. Kunitsugu, Y. Imai, **T. Nakatani**, Chemometric Raman Spectral Analysis of Diamond-like Carbon Films Deposited by Plasma Discharge, *Journal of Photopolymer Science and Technology*, **37**(4), pp. 391-396, (2024).
- Y. Fujii, **T. Nakatani**, D. Ousaka, S. Oozawa, Y. Sasai, S. Kasahara, Development of Antimicrobial Surfaces Using Diamond-like Carbon or Diamond-like Carbon-Based Coatings, *International Journal of Molecular Sciences* **25**(16), 8593, (2024).
- Hiroyuki Fukue, Yoshihisa Osano, Susumu Takabayashi, Shinsuke Kunitsugu, Yuichi Imai and **Tatsuyuki Nakatani**, Application of nonlinear least square method to five-peak separation analysis of

- DLC Raman spectra using AC-HV-CVD method, **Proceedings** of 41st Symposium on Plasma Processing (SPP-41), pp.89-90, (2024).
- Yoshihisa Osano, **Tatsuyuki Nakatani**, Raman Spectral Data–Driven Analysis of Diamond-like Carbon Films Deposited Using the Radio-frequency Plasma-enhanced Chemical Vapor Deposition Method, *Journal of Photopolymer Science and Technology* Vol.38 No.4, pp.57-63, (2025).
- Yoshihisa Osano, **Tatsuyuki Nakatani**, Applications of Data Science to the Study of DLC Films: From Structure Analysis to Property Prediction, **Proceedings** of the 42nd Symposium on Plasma Processing (SPP42), pp. 89-90, January 28-30, Oita, Japan (2025).
- 小佐野芳寿, 福江紘幸, 鷹林将, 國次真輔, 今井裕一, **中谷達行**, DLC ラマンスペクトルの5ピーク分離解析における非線形最小二乗法の適用, フロンティア理工学研究所研究報告第5号, pp.7-10, (2023)
- 小佐野芳寿, **中谷達行**, “DLC 膜の研究開発におけるラマンスペクトルを活用したデータサイエンスの適用”, フロンティア理工学研究所研究報告, Vol.6, pp. 11-14, (2024).
- 逢坂大樹, 藤井康宏, **中谷達行**, タンパク質, 細胞の吸着制御, 第1章 材料表面へのタンパク質, 細胞低吸着性を付与する表面処理技術, 第2節 「ePTFE 基材への DLC 成膜による血液適合性向上」, 技術情報協会, pp.9-18, (2024 年)
- 栗田憲明, 藤井康宏, **中谷達行**, タンパク質, 細胞の吸着制御, 第1章 材料表面へのタンパク質, 細胞低吸着性を付与する表面処理技術, 第3節 「ポリウレタンチューブの DLC コーティングによる細胞吸着抑制」, 技術情報協会, pp.19-23, (2024 年)
- 中谷達行**, 藤井泰宏, 人工血管やカテーテルなどの医療デバイスに用いられている材料の現状と医療用 DLC の開発について, *材料の科学と工学* 61(1), pp.14-17, (2024)
- 中谷達行**, 國次真輔, 動的粘弾性測定とデータ解釈事例 ナノインデンテーション法による DLC 被覆樹脂の動的粘弾性評価, *月刊 Material Stage*, 23(10), pp. 68-73, (2024)
- 福江紘幸, 小佐野芳寿, **中谷達行**, “DLC ラマンスペクトルの5ピーク分離解析における非線形最小二乗法の適用”, *NEW DIAMOND*, Vol.41 No2, pp.13-19, (2025).
- 藤井泰宏, 栗田憲明, 逢坂大樹, **中谷達行**, 医療分野への各種表面処理の適用 革新する Diamond-like Carbon コーティング: 抗菌性コーティング基盤としての可能性, *表面技術*, 76(11), pp. 490-497, (2025).
- 逢坂大樹, 藤井泰宏, **中谷達行**, 医療分野への各種表面処理の適用 DLC の医療分野への適用 - 今後の発展に向けた課題と戦略 -, *表面技術*, 76(11), pp. 478-484, (2025).
- 藤井泰宏, **中谷達行**, 逢坂大樹, 栗田憲明, 田村太志, DLC によるポリウレタンチューブ内表面への抗菌性付与, *NEW DIAMOND*, Vol.41 No.3, pp.34-35, (2026).
- Sato, M., Kimura, Y., **Hatakeyama, T.**, Nakamura, T., Okuizumi, S., Watanabe, S., Sugita, S., Tanaka, S., Tachibana, S., Yurimoto, H., Noguchi, T., Okazaki, R., Yabuta, H., Naraoka, H., Sakamoto, K., Yada, T., Nishimura, M., Nakato, A., Miyazaki, A., Yogata, K., Abe, M., Okada, T., Usui, T., Yoshikawa, M., Saiki, T., Terui, F., Nakazawa, S., Tsuda, Y., Characteristics of natural remanence records in fine-grained particles returned from asteroid Ryugu, *J. Geophys. Res.: Planets*, 131, e2025JE009265. <https://doi.org/10.1029/2025JE009265> (in press)
- 畠山唯達**, 北原優, パリノ・サーヴェイ株式会社, 福岡県八女市田本1号窯跡における古地磁気・岩石磁気測定と古地磁気年代推定, 田本大念塚窯跡群・田本岩ノ根遺跡 福岡県八女市黒木町田本所在遺跡の発掘調査報告書, 八女市文化財調査報告書, 八女市教育委員会, 147, 106-121 (2025)
- 畠山唯達**, 北原優, 城田遺跡の古地磁気・岩石磁気測定, 大林遺跡・城田遺跡・宮坂遺跡, 岡山県埋蔵文化財発掘調査報告, 岡山県教育委員会, 271, 63-72 (2025)
- Tema, E., **Hatakeyama, T.**, Ferrara, E., Davit, P., Polymeris, G.S., Mitsumoto, J., Matsumoto, N., Insights on the firing temperature of ancient ceramic coffins through a multi-analytical approach: The case of the Sada Nishizuka Kofun, *J. Cultural Heritage*, 66, 265-270 <https://doi.org/10.1016/j.culher.2023.11.022> (2024)

- Kato, C., Ohno, M., **Hatakeyama, T.**, Yamada, Y., Honda, F., Shimada, K., Nagase, T., Totsuka-Shiiki, S., Kuwahara, Y., Ishibashi, J., Low-temperature magnetic behavior of isocubanite from seafloor hydrothermal deposits in the Okinawa Trough, *Phys. Chem. Min.*, 51, 5, <https://doi.org/10.1007/s00269-023-01264-3> (2024)
- 川村紀子, 富山唯達, 北原優, 磁気特性を用いた砂質海岸での鉄製品の埋設物の検出 — 岡山県瀬戸内市矢寄ヶ浜の例 —, *日本法科学技術学会誌*, 29, 63-75, <https://doi.org/10.3408/jafst.846> (2024)
- Uchida, T., Hashimoto, Y., Yamamoto, Y., **Hatakeyama, T.**, Exothermic events in a fossil seismogenic fault acquiring thermoviscous remanent magnetization in an exhumed accretionary complex, *Tectonophysics*, 871, 230177, <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2023.230177> (2024)
- S. Maki**, M. Fujiwara, Y. Fujiwara, M. Nakabayashi, S. Morimoto, S. Tanaka, S. Fujiwara, M. Hagiwara, and K. Inaka, “Magnetic effects of thaumatin crystals; observation of crystal growth by magneto-Archimedes levitation and magnetic orientation”, *PLOS ONE* 20 (2), 0315335 (17 pages), (February 2025). DOI: 10.1371/journal.pone.0315335
- Iwasaki S, Deguchi K, **Iwai R**, Nakayama Y, Okuyama H., Regeneration Process of an Autologous Tissue-Engineered Trachea (aTET) in a Rat Patch Tracheoplasty Model. *Bioengineering (Basel)*. 2024 Feb 29;11(3):243.
- Umeno T, Mori K, **Iwai R**, Kawashima T, Shuto T, Nakashima Y, Tajikawa T, Nakayama Y, Miyamoto S., Carotid Artery Bypass Surgery of In-Body Tissue Architecture-Induced Small-Diameter Biotube in a Goat Model: A Pilot Study. *Bioengineering (Basel)*. 2024 Feb 21;11(3):203.
- Mori K, Umeno T, Kawashima T, Wada T, Genda T, Arakura M, Oda Y, Mizoguchi T, **Iwai R**, Tajikawa T, Nakayama Y, Miyamoto S., Breaking the Limit of Cardiovascular Regenerative Medicine: Successful 6-Month Goat Implant in World's First Ascending Aortic Replacement Using Biotube Blood Vessels. *Bioengineering (Basel)*. 2024 Apr 20;11(4):405.
- Maeta N, **Iwai R**, Takemitsu H, Akashi N, Miyabe M, Funayama-Iwai M, Nakayama Y., Evaluation of Skin Wound Healing with Biosheets Containing Somatic Stem Cells in a Dog Model: A Pilot Study. *Bioengineering (Basel)*. 2024 Apr 28;11(5):435.
- Higashita R, Nakayama Y, Miyazaki M, Yokawa Y, **Iwai R**, Funayama-Iwai M., Dramatic Wound Closing Effect of a Single Application of an iBTA-Induced Autologous Biosheet on Severe Diabetic Foot Ulcers Involving the Heel Area. *Bioengineering (Basel)*. 2024 May 6;11(5):462.
- Nakayama Y, **Iwai R.**, Development of Subcutaneous SSEA3- or SSEA4-Positive Cell Capture Device. *Bioengineering (Basel)*. 2024 Jun 8;11(6):585.
- Hanaki S, Yamada D, Takao T, **Iwai R**, Takarada T., Efficient Production of Chondrocyte Particles from Human iPSC-Derived Chondroprogenitors Using a Plate-Based Cell Self-Aggregation Technique. *Int J Mol Sci*. 2024 Nov 10;25(22):12063.
- Hashimoto S, Sugiyama A, Ota T, Matsumoto H, Kimata Y, **Iwai R.**, Development of a unique tissue-engineered in vitro vascular model with endothelial layer-inverted vascular tissue structure using a cell self-aggregation technique. *J Biosci Bioeng*. 2024 Dec 26:S1389-1723(24)00334-7.
- Mori K, Umeno T, Kawashima T, Shuto T, **Iwai R**, Teng L, Tajikawa T, Nakayama Y, Miyamoto S., Six-Month Patency of Long Carotid Bypass Grafts Constructed with In-Body Tissue Architecture-Induced Small-Diameter Biotubes in a Goat Model. *Bioengineering (Basel)*. 2025 Mar 5;12(3):260.
- Kitaguchi Y, Ota T, Takao T, **Iwai R**, Moriwaki T, Fujisawa Y, Yamada D, Takarada T., Evaluation and processing of physical properties of anti-calcified glutaraldehyde-treated three-dimensional cultured cartilage tissues. *Biomed Mater*. 2025 May 29;20(4).
- Teng L, Fukushima S, Koizumi M, Okano HJ, Ohki T, Matsuura K, **Iwai R.**, Successful Preparation of Contrast Particle-Loaded Human Mesenchymal Stem Cell Aggregates Using Adherent Cell Self-Aggregation Technique. *J Biomed Mater Res A*. 2025 Jul;113(7):e37964.

花本祥二郎, 高尾知佳, 藤澤佑樹, 山田大祐, **岩井良輔**, 宝田剛志, ヒト iPS 細胞由来軟骨組織を利用した小児気管疾患に対する再生治療法の開発, 日本小児外科学会雑誌 60(3) pp509-509 2024 年.

太田智之, **岩井良輔**, 木股敬裕, 宝田剛志, iPSC 由来ヒト軟骨前駆細胞を使用した形状型軟骨組織体の開発, BIO INDUSTRY, 第 41 巻, 第 2 号 (通巻 479 号), pp31-36 2024 年.

兼任研究員

笠 展幸, 坂口浩一郎, 電気自動車用トラクション SiC インバータの低ノイズ化およびマイコンによる高効率制御, パワーエレクトロニクス学会誌, vol. 49, pp. 123 -129, 2024 年

兼務研究員

A. Shimizu, **T. Iwanaga**,* Structural Diversity in Scholl Reactions of a Nitrogen-Bridged 1-Anthryl Dimer: Formation of Dinaphtho[a,i]carbazole and Higher Oligomers, Bull. Chem. Soc. Jpn. 2025, 98(11), uoaf100.

A. Shimizu, S. Toyota, **T. Iwanaga**,* Synthesis and Structures of 9,9'-Bianthryl-based Cyclic Dimer and Dinaphtho[c,g]carbazole via Oxidative Coupling, Asian J. Org. Chem. 2025, 14(4), e202400748.

H. Takemura,* S. Kuwahara, H. Nakamura, S. Munakata, Y. Tsukada, Y. Asami, M. Tominaga, M. Yoshida, S. Furuya, M. Hirose, M. Ikeda, K. Katai, M. Kanagawa, Y. Nomoto, **T. Iwanaga**, K. Sako, Synthesis of tribenzo-1,6-diazabicyclo[4.4.4]tetradecane, Tetrahedron Lett. 2024, 141, 155065.

T. Iwanaga,* K. Tanaka, K. Kawano, Synthesis and Electronics of Donor-Acceptor Linear Arrays Comprising Anthracene Bisimide with Butadiynylene Spacers, Bull. Chem. Soc. Jpn. 2024, 97(4), uoae031.

Jason A. Kirkbride, Garbo Young Nilsson, Jee In Kim, Kosuke Takeya, Yoshinori Tanaka, Hiroshi Tokumitsu, Futoshi Suizu, **Masumi Eto**, PHI-1, an Endogenous Inhibitor Protein for Protein Phosphatase-1 and a Pan-Cancer Marker, Regulates Raf-1 Proteostasis, Biomolecules, vol. 13(12), pp. 1741, (2023)

Hiroko Ikeda, Eikichi Ihara, Kosuke Takeya, Koji Mukai, Manabu Onimaru, Kenoki Ouchida, Yoshitaka Hata, Xiaopeng Bai, Yoshimasa Tanaka, Taisuke Sasaki, Fumiyo Saito, **Masumi Eto**, Jiro Nakayama, Yoshinao Oda, Masafumi Nakamura, Haruhiro Inoue, Yoshihiro Ogawa, The interplay between alterations in esophageal microbiota associated with Th17 immune response and impaired LC20 phosphorylation in achalasia, Journal of Gastroenterology vol. 59(5), pp. 361-375, (2024)

Yoshinori Tanaka, Lina Kozuma, Hirotsugu Hino, Kosuke Takeya, **Masumi Eto**, Abemaciclib and Vacuolin-1 decrease aggregate-prone TDP-43 accumulation by accelerating autophagic flux, Biochemistry and Biophysics Reports vol. 38, pp. 101705-101705, (2024)

古本佳代, 佐伯香織, 安田智穂, 平彩水, 小平琢磨, 田中克典, 福岡友也, **江藤真澄**, 仙波浩雅, 産官学連携による高機能化させたペット用今治タオルの開発, 岡山理科大学紀要 A 自然科学 第 60 号, pp. 251-260, (2024)

Natsuki Akashi, Yui Miyagawa, Hiroaki Kuno, **Masumi Eto**, Tetsuya Akagi, An accelerometry-based, low cost and non-invasive respiration monitoring in anesthetized mice, Journal of Veterinary Medical Science 87(2), pp. 175-180, (2025)

Masumi Eto, Rediscovery of PHI-1/PPP1R14B: Emerging Roles of Cellular PP1 Signaling Mediated by the PPP1R14B Gene Product in Multiple Cancers and Beyond, Biomolecules 15(3), pp. 344, (2025)

Yuki Nishisaka, Hikaru Fujii, Fumiko Ono, Sho Kadekaru, Hiroyuki Kogiku, Yumi Une, Shione Takeguchi, Naomi Ohta, **Masumi Eto**, Chiharu Takeuchi, Seigou Takeuchi, Tetsuko Miki, Akihiko Tokuda, Keiko Ookawa, Yukinobu Tohya, Keita Ishijima, Akiko Okutani, Ken Maeda, Shumpei Watanabe, Shigeru Morikawa, Molecular characterization of feline caliciviruses isolated from several adult cats with atypical infection showing severe flu-like symptoms on a remote island in Ehime, Japan, Virus Research vol. 353, pp. 199535-199535, (2025)

Masumi Eto, Toshiko Yamazawa, Lin-Hai Kurahara, Aya Yamamura, Katsuko Kajiya, Masaru Watanabe,

Expanding diverse horizons in smooth muscle research: a symposium review of “Muscle and Pathology/Health: Frontiers of Translational Research” at the 66th Annual Meeting of Japan Society of Smooth Muscle Research, *Journal of Smooth Muscle Research* vol. 61, pp. 59-64, (2025)

猶原 順, 北川 幸, 生体試料 (毛髪・爪) 中の必須及び有害微量元素濃度の測定, 岡山理科大学フロンティア理工学研究所研究報告, (6, 33-38) 2024.

Narumi Hashikawa-Hobara, Kyoshiro Fujiwara, **Naoya Hashikawa**, CGRP causes anxiety via HP1 γ -KLF11-MAOB pathway and dopamine in the dorsal hippocampus, *Communications Biology*, Mar19; 7 (1): 322 (2024).

Narumi Hashikawa-Hobara, Shota Inoue, **Naoya Hashikawa**, Lack of alpha CGRP exacerbates the development of atherosclerosis in ApoE-knockout mice, *Scientific reports* Aug8; 14 (1): 18377 (2024).

Narumi Hashikawa-Hobara, Kyoshiro Fujiwara, Naoya Hashikawa, CGRP causes anxiety via HP1 γ -KLF11-MAOB pathway and dopamine in the dorsal hippocampus, *Communications Biology*, Mar19; 7 (1): 322 (2024).

Narumi Hashikawa-Hobara, Shota Inoue, Naoya Hashikawa, Lack of alpha CGRP exacerbates the development of atherosclerosis in ApoE-knockout mice, *Scientific reports* Aug8; 14 (1): 18377 (2024).

Shimon Takechi, Takahiro Oshima, Akiyuki Nakano, **Hideyuki Higashimura*** Enzyme model-catalyzed oxidative polymerization of 5-cyano-2-methoxyphenol, a new phenolic monomer with cyano substituent, *Chemistry Letters*, 53(1), upae007 (2024).

Hideyuki Higashimura Oxidative Polymerisation, Routledge Resources Online - Polymers, Materials, and Technology, Taylor & Fancis Group, 2025.

Akiyuki Nakano, Takahiro Oshima, Vivek S. Raut, Naoki Asao,* Masashi Nakamura, Kan Wakamatsu,* **Hideyuki Higashimura*** Specific Selectivity of Enzyme-Model Catalyst for a Direct Synthesis of Poly(ethynyl-substituted arylene oxide) via Oxidative Polymerization, *Journal of Polymer Science*, 63(10), 2299-2307 (2025)

Takahiro Oshima, Akiyuki Nakano, Kentaro Ikeda, Kan Wakamatsu,* Tetsuo Iwanaga, Kiyoshi Fujisawa,* **Hideyuki Higashimura*** One-step synthesis of a triangular donor/acceptor-accumulated compound with long-wavelength absorption, *Chemistry Letters*, 54(10), upaf173 (2025).

東村秀之 人工酵素触媒を用いた精密酸化重合による超低誘電性芳香族ポリエーテルの合成, マテリアルステージ, 10, 50-54 (2025)

Yoichiro Yagi, Prediction of the Enantioselectivity of Enzyme Lipase by Molecular Dynamics Calculations, *The Bulletin of Research Institute of Frontier Science and Technology*, 6, pp.13-17, (2024).

Yoichiro Yagi, Takatomo Kimura, Chiduru Watanabe, Yoshio Okiyama, Shigenori Tanaka, Teruki Honma, Kaori Fukuzawa, Comprehensive Protein-Ligand Interaction Analysis: Fragment Molecular Orbital Calculation on the Complexes of Human Protease Renin and its Inhibitors, *Chem-Bio Informatics Journal*, 25, pp.107-129, (2025). (査読有, IF:0.8)

Kenta Hirai, Noriko Sakano, Susumu Oozawa, **Daiki Ousaka**, Yosuke Kuroko, Shingo Kasahara Initial trial of three-lead wearable electrocardiogram monitoring in a full marathon. *Journal of cardiology cases* 30(1) 24-28 2024 年 7 月

Yasuhiro Fujii, Tatsuyuki Nakatani, **Daiki Ousaka**, Susumu Oozawa, Yasushi Sasai, Shingo Kasahara Development of Antimicrobial Surfaces Using Diamond-like Carbon or Diamond-like Carbon-Based Coatings. *International journal of molecular sciences* 25(16) 2024 年 8 月 6 日

逢坂大樹, 藤井泰宏, 中谷達行 タンパク質、細胞の吸着制御技術 (担当: 共著, 範囲: ISBN: 978-4-86798-040-8) 技術情報協会 2024 年 9 月 (ISBN: 9784867980408)

Daiki Ousaka, Kiyoshi Yamada, Noriko Sakano, Satoe Kirino, Kazumasa Miyake, Takumi Takahashi, Akihiro Matsuoka, Shintaro Yamada, Akira Shinaoka, Susumu Oozawa Prospective Evaluation of the Safety and Compression Performance of Novel Compression Denim Jeans in Healthy Volunteers and Patients With Lymphedema *Cureus* 17(3) e80971 2025 年 3 月 21 日

Biallelic variants in DNAJC7 cause familial amyotrophic lateral sclerosis with the TDP-43 pathology. Toru Yamashita, Osamu Yokota, **Daiki Ousaka**, Hongming Sun, Takashi Haraguchi, Ricardo Satoshi Ota-Elliott, Chika Matsuoka, Tomohito Kawano, Hanae Nakashima-Yasuda, Yusuke Fukui, Yumiko Nakano, Ryuta Morihara, Masato Hasegawa, Yasuyuki Hosono, Seishi Terada, Manabu Takaki, Hiroyuki Ishiura *Acta neuropathologica* 150(1) 19-19 2025 年 8 月 13 日

Genya Muraoka, Yasuhiro Fujii, Keyue Liu, Handong Qiao, Dengli Wang, **Daiki Ousaka**, Susumu Oozawa, Shingo Kasahara, Masahiro Nishibori Anti-HMGB1 Antibody Therapy Ameliorates Spinal Cord Ischemia-Reperfusion Injury in Rabbits *International Journal of Molecular Sciences* 26(17) 8643-8643 2025 年 9 月 5 日

Yujiro Kubo, Seiichiro Sugimoto, **Daiki Ousaka**, Dengli Wang, Toshiaki Ohara, Toshio Shiotani, Shin Tanaka, Ken Suzawa, Kazuhiko Shien, Kentaroh Miyoshi, Shinichi Toyooka Histidine-rich glycoprotein ameliorated lung ischemia-reperfusion injury in a mouse model *JHLT Open* 100453-100453 2025 年 11 月

逢坂大樹, 藤井 泰宏, 中谷 達行 DLC の医療分野への適用 – 今後の発展に向けた課題と戦略 – 表面技術 76(11) 478-484 2025 年 11 月

逢坂大樹, 藤井 泰宏, 中谷 達行 DLC 医療応用の鍵となる二大戦略～血液適合性と抗菌性向上～ 月刊 トライポロジー (461) 34-38 2026 年 1 月

Koji Yamamoto, Kanta Tsutsui, Miho Tanuma, Kaname Ito, **Kan Wakamatsu**, Koji Yamamoto, Yosuke Nakamura, Phenothiazine cyclic hexamers: synthesis, properties, and complexation behavior with C60, *Chemical Communications*, vol. 60 (16), pp. 2220–2223, (2024).

Ryo Miyajima, Manon Okamura, Kazuki Oomori, Hajime Iwamoto, **Kan Wakamatsu**, Eietsu Hasegawa, Desulfonylative Radical Truce-Smiles Rearrangement Utilizing the Benzimidazoline and Benzimidazolium Redox Couple, *Synlett*, vol. 35 (3), pp. 352–356, (2024).

Yasuhiro Okuda, Takuma Sato, Sou Takebe, Matsuri Mori, Mayo Fujimoto, Kazunori Masuda, Taisei Sabato, **Kan Wakamatsu**, Haruo Akashi, Akihiro Orita, Chemodivergent Synthesis of Polycyclic Aromatic Diarylamines and Carbazoles by Thermal/Photochemical Process-Controlled Dephosphinylative Functionalizations of Amino(phosphinyl)arenes, *The Journal of Organic Chemistry*, vol. 89 (11), pp. 7747–7757, (2024).

Hiroki Fukuda, Eiji Tsurumaki, **Kan Wakamatsu**, Shinji Toyota, Unusually Short H···H Contacts in Intramolecularly Cyclized Helically Fused Anthracenes, *Chemistry – A European Journal*, vol. 30 (41), e202401627, (2024).

Hikaru Watanabe, Takuma Sato, Michiki Sumita, Mei Shiroyama, Daichi Sugawara, Tomoki Tokuyama, Yasuhiro Okuda, **Kan Wakamatsu**, Akihiro Orita, Effective synthesis of 1,4-diarylbutadienes via reductive desulfonylation of 1,3-butadienyl sulfones by proper choice of regioisomeric π -expanded pyrene photocatalysts, *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, vol. 97 (2), uoad013, (2024).

Yuta Akagi, Hikaru Watanabe, Toshiki Sakami, Sou Furumatsu, Shunsuke Yamada, Ryosuke Maki, Yasuhiro Okuda, Haruo Akashi, **Kan Wakamatsu**, Yoshihiro Kusano, Akihiro Orita, Synthesis of (Z)-Eneidyne via Stereoinvertive Nucleophilic Substitution of (E)-Sulfonylethenes with Arylethynide, and Their Aggregation-Induced Optical Properties, *The Journal of Organic Chemistry*, vol. 89 (23), pp. 17122–17132, (2024).

- 若松 寛, 吉岡 千恵子, 守家 正基, 松本 僚太, 山田 晴夫, 光応答性分子を担持した金ナノ粒子の分散性制御, 岡山理科大学紀要, vol. 60A, pp. 41–48, (2024)
- Hiroki Fukuda, Moe Kobayashi, Eiji Tsurumaki, Masahiro Yamashina, Masashi Hasegawa, **Kan Wakamatsu**, Shinji Toyota, Structures, Chiroptical Properties, and Unexpectedly Facile Helical Inversion of Highly Elongated Anthracene-Fused Expanded Helicenes, *Chemistry – A European Journal*, vol. 31 (10), e202404348, (2025).
- Toshiki Sakami, Hikaru Watanabe, Takuma Sato, Yasuhiro Okuda, **Kan Wakamatsu**, Haruo Akashi, Akihiro Orita, Synthesis and crystal structure of 5,10-bis(phenylsulfonyl)tetrahydrodibenzopentalene, *Acta Crystallographica, Section E: Crystallographic Communications*, vol. E81 (2), pp. 172–176, (2025).
- Akiyuki Nakano, Takahiro Oshima, Vivek S. Raut, Naoki Asao, Masashi Nakamura, **Kan Wakamatsu**, Hideyuki Higashimura, Specific Selectivity of Enzyme-Model Catalyst for a Direct Synthesis of Poly(ethynyl-substituted arylene oxide) via Oxidative Polymerization, *Journal of Polymer Science*, vol. 63 (10), pp. 2299–2307, (2025).
- Takahiro Oshima, Akiyuki Nakano, Kentaro Ikeda, **Kan Wakamatsu**, Tetsuo Iwanaga, Kiyoshi Fujisawa, Hideyuki Higashimura, One-step synthesis of a triangular donor/acceptor-accumulated compound with long-wavelength absorption, *Chemistry Letters*, vol. 54 (10), upaf173, (2025).
- H. Watanabe, T. Sato, M. Sumita, M. Shiroyama, D. Sugawara, T. Tokuyama, **Y. Okuda**, K. Wakamatsu, A. Orita, Effective Synthesis of 1,4-Diarylbutadienes via Reductive Desulfonylation of 1,3-Butadienyl Sulfones by Proper Choice of Regioisomeric π -Expanded Pyrene Photocatalysts, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 2024, 97, uoad013.
- L. Peng, J. Chen, Y. Chen, H. Lu, **Y. Okuda**, Z. Tang, A. Orita, R. Qiu, S.–F. Yin, Sulfur-Containing 1,2,3-Triazoles: Synthesis and Properties, *Eur. J. Org. Chem.*, 2024, 27, e202301146.
- Y. Okuda**, T. Sato, S. Takebe, M. Mori, M. Fujimoto, K. Masuda, T. Sabato, K. Wakamatsu, H. Akashi, A. Orita, Chemodivergent Synthesis of Polycyclic Aromatic Diarylaminos and Carbazoles by Thermal/Photochemical Process-Controlled Dephosphinylative Functionalizations of Amino(phosphinyl)arenes, *J. Org. Chem.*, 2024, 89, 7747–7757.
- Y. Akagi, H. Watanabe, T. Sakami, S. Furumatsu, S. Yamada, R. Maki, **Y. Okuda**, H. Akashi, K. Wakamatsu, Y. Kusano, A. Orita, Synthesis of (*Z*)-Eneidyne via Stereoinvertive Nucleophilic Substitution of (*E*)-Sulfonylethenes with Arylethyne, and Their Aggregation-Induced Optical Properties, *J. Org. Chem.* 2024, 89, 17122–17132.
- T. Sakami, H. Watanabe, T. Sato, **Y. Okuda**, K. Wakamatsu, H. Akashi, A. Orita, Synthesis and crystal structure of 5,10-di(phenylsulfonyl)-tetrahydrodibenzopentalene, *Acta Cryst.*, 2025, E81, 172–176.
- H. Watanabe, T. Sakami, A. Iwakura, Y. Nakashima, M. Nishinaka, H. Morimoto, S. Nakashima, **Y. Okuda**, T. Iwanaga, H. Akashi, A. Orita, Modular Synthesis of Substituted [*n*]Helicenes (*n* = 5–7) Starting from Arylmethyl Sulfone and Arylene Dialdehyde: Aldol-Type Condensation, Photocyclization, and Desulfonylative Arylation, *J. Org. Chem.*, 2025, 90, 9002–9013.

客員研究員

- Iwai M** and Iwai R, Induction of growing cell aggregates with continuous formation from cell monolayers adhered on two-dimensional environment. *Bull. Inst. Front. Sci. Tech, Okayama Univ. of Sci.*, No.5. 2023 Dec 31: 35-38
- Maeta N, Iwai R, Takemitsu H, Akashi N, Miyabe M, **Funayama-Iwai M**, Nakayama Y., Evaluation of Skin Wound Healing with Biosheets Containing Somatic Stem Cells in a Dog Model: A Pilot Study, *Bioengineering (Basel)*, 11, 435, 2024.
- Higashita R, Nakayama Y, Miyazaki M, Yokawa Y, Iwai R, **Funayama-Iwai M.**, Dramatic Wound Closing Effect of a Single Application of an iBTA-Induced Autologous Biosheet on Severe Diabetic Foot Ulcers Involving the Heel Area. *Bioengineering (Basel)*. 2024 May 6;11(5):462.

学会発表論文

フロンティア理工学研究所研究員

- H. Akashi**, “Synthesis and Characterization of Gold(III) Complexes of Fluorochlorin Derivatives” (Invited Lecture), The 30th International SPACC Symposium -Functional materials and coordination compounds for a sustainable society-, June 5-7, 2025, National University of Singapore, Singapore.
- Kamal, R. R., **Imayama, T.**, Shrestha, S., and Button, M. Back arc basin origin of the Narewa andesite, Rakiraki, Fiji. 2025 American Geophysical Union annual meeting, New Orleans, 2025年12月, ポスター.
- Imayama, T.**, Sato, A., Dutta, D., Kaneda, Y., Watanabe, S., Hasegawa, T., Minami, M., Wakasugi, Y., Wakaki, S., Yi, K. Geodynamic evolution and intense mantle depletion in a supra-subduction zone: The Early Cretaceous Nidar Ophiolite Complex, NW India. 37th Himalaya-Karakorum-Tibet workshop, Torino, Italy, 2025年9月, 口頭.
- Kudo, S., Niki, S., Kawakami, T., Hirata, T., and **Imayama, T.** Development of a U-Pb dating method for monazite utilizing LA-Multiple Collector-ICP-MS. 2025 Japan Geoscience Union Meeting, 2025年5月, 口頭.
- Dutta, D., **Imayama, T.** Deformation of migmatites and leucogranites from the Pangong Metamorphic Complex of the Indian Karakoram Himalaya. 2025 Japan Geoscience Union Meeting, 2025年5月, 口頭.
- Sato, A., **Imayama, T.**, Dutta, D., Kaneda, Y., Watanabe, S., Hasegawa, T., Minami, M., Wakasugi, Y., Wakaki, S., Yi, K. Supra-subduction zone magmatism and extreme mantle depletion in the Early Cretaceous Nidar Ophiolite Complex, NW India. 2025 Japan Geoscience Union Meeting, 2025年5月, 口頭.
- Hussain, M. S., Phukon, P., **Imayama, T.**, Saikia, P. New age and metamorphic constraints on the Zimithang Thrust, Western Arunachal Himalaya, NE India: Implications for the exhumation of the Upper Greater Himalayan Sequence. Sustainable Development of North-Eastern India: A Geoscience Perspective. Meghalaya, India, 2024年11月, 口頭.
- 工藤駿平、河上哲生、仁木創太、中嶋徹、平田岳史、**今山武志**：東ネパール・ヒマラヤの泥質変成岩中に産するモナズ石の記載とモナズ石の Th-Pb 年代測定法の開発. 2024 日本鉱物科学会、2024年9月, 口頭.
- Dutta, D., **Imayama, T.**, Sarkar, D. P., Ando, J., Das, K. EBSD-based microstructural characterization of the (ultra-) high pressure eclogite and retrogressed amphibolite from the Tso Moriri Crystalline Complex in Ladakh, India. 37th International Geological Congress, Busan, 2024年8月, 口頭.
- Arao, M., **Imayama, T.**, Sawada, Y., Yagi, K., Siddiqui, R. H., Dutta, D. Magmatic and metamorphic evolution of the Late Cretaceous Muslim Bagh Ophiolite, western Pakistan: Implications for ridge subduction after subduction initiation. 37th International Geological Congress, Busan, 2024年8月, poster.
- Dutta, D., **Imayama, T.**, Sarkar, D. P., Ando, J., Das, K. Microstructural attributes of (ultra-) high-pressure eclogite and retrograded amphibolite from the Tso Moriri Complex. 2024 Japan Geoscience Union Meeting, 2024年5月, 口頭.
- Imayama, T.**, Bose, N., Yi, K., Jeong, Y.-J., Horie, K., Takehara, M., Kawabata, R. Zircon U-Pb, Hf, and O isotope data reveal a close relationship between the Garhwal Higher Himalayan Crystalline Sequence and the South China Craton during the Neoproterozoic. 2024 Japan Geoscience Union Meeting, 2024年5月, poster.
- 玄馬宗治, 有田聖一, 福江紘幸, 小佐野芳寿, 清水一郎, 岡野忠之, 黒岩雅英, 國次真輔, 太田裕己, 米澤健, **中谷達行**, HF-HIPIMS 法による DLC 成膜時のパルス幅が膜物性に及ぼす影響, 日本金属学会・日本鉄鋼協会 中国四国支部 中国四国支部 第55回「若手フォーラム」, 1st. Session No.10, ピュアリティまきび3階橋の間, 2024年2月10日(土)

- 高畑直矢, 福江紘幸, 今井裕一, 國次真輔, **中谷達行**, 交流高電圧プラズマ CVD 法を用いた DLC 被覆シリコンチューブ内腔面の改質における NH₃ と O₂ プラズマが化学結合と水接触角に及ぼす影響, 日本金属学会・日本鉄鋼協会 中国四国支部中国四国支部 第 55 回「若手フォーラム」, 2nd. SessionNo.9, ピュアリティまきび 3 階 橋の間, 2024 年 2 月 10 日 (土)
- 田中主磨, 福江紘幸, 今井裕一, 國次真輔, 清水一郎, **中谷達行**, 交流高電圧プラズマ CVD 法を用いた小径長尺シリコンチューブ内腔への DLC 成膜における周波数が化学結合に及ぼす影響, 日本金属学会・日本鉄鋼協会 中国四国支部中国四国支部 第 55 回「若手フォーラム」, 2nd. SessionNo.10, ピュアリティまきび 3 階 橋の間, 2024 年 2 月 10 日 (土)
- 福江紘幸, 小佐野芳寿, 鷹林将, 國次真輔, **中谷達行**, HF-HiPIMS 法を用いた DLC ラマンスペクトルの 5 ピーク分離解析における非線形最小二乗法の適用, 表面技術協会第 149 回講演大会, p.12, 工学院大学八王子キャンパス, 2024 年 3 月 5 日 (火) ~ 6 日 (水)
- 福江紘幸, 小佐野芳寿, 鷹林将, 岡野忠之, 黒岩雅英, 國次真輔, 太田裕己, 米澤健, **中谷達行**, HF-HiPIMS 法を用いた DLC 膜の二次元ラマンマッピングによる炭素構造モデルの探索, 第 71 回応用物理学会春季学術講演会, 24p-P02-1~13, 東京都市大学世田谷キャンパス, 2024 年 3 月 22 日 (金) ~ 23 日 (月)
- 小佐野芳寿, 福江紘幸, 鷹林将, 國次真輔, 今井裕一, **中谷達行**, AC-HV-CVD 法を用いた DLC ラマンスペクトルの 5 ピーク分離解析における非線形最小二乗法の適用, 第 71 回応用物理学会春季学術講演会, 24p-P02-5, 東京都市大学世田谷キャンパス, 2024 年 3 月 22 日 (金) ~ 23 日 (月)
- 中谷達行**, 岡山理科大学からの話題提供, 令和 6 年度 (第 47 回) 西日本放電懇話会, ホテル別府パストラル, 令和 6 年 8 月 18 日 (日) ~ 19 日 (月) 【依頼講演】
- 藤井泰宏, 栗田憲明, 田村太志, 逢坂大樹, **中谷達行**, 笠原真悟, 樹脂内腔用 Diamond-like Carbon に対する酸素及び窒素ドーピングの蛋白吸着に対する影響, 第 62 回日本人工臓器学会大会, ライトキューブ宇都宮, 2024 年 11 月 14 日 (木) ~ 16 日 (土)
- 中谷達行**, 医療用材料の生体親和性を高めるダイヤモンド状炭素膜コーティング技術, 東京電機大学公開講座第 48 回 ME 講座先端技術がひらく医療と福祉の未来 【オンライン講座】, 2024 年 11 月 19 日 (火) 【依頼講演】
- 小佐野芳寿, **中谷達行**, DLC 膜の開発における DX プロセスの導入, OUS フォーラム 2024 アブストラクト集, p15, 岡山プラザホテル, 2024 年 11 月 25 日 (月)
- 土橋峻平, 米澤健, 小佐野芳寿, **中谷達行**, 圧力勾配型スパッタ法を用いた高硬度 DLC 膜の開発, OUS フォーラム 2024 アブストラクト集, p16, 岡山プラザホテル, 2024 年 11 月 25 日 (月)
- 中谷達行**, DLC コーティングによる医療用生体適合材料の開発, 日本表面真空学会スパッタリングおよびプラズマプロセス技術部会 (SP 部会) 第 180 回定例研究会・第 21 回技術交流会, Sputtering & Plasma Processes, Vol.39 No.3, pp.11-18, 機械振興会館, 2024 年 12 月 20 日 (金) 【招待講演】
- 小佐野芳寿, **中谷達行**, スペクトルデータ駆動科学に基づく DLC 膜の炭素構造解析と膜密度予測, 第 6 回 OUS フロンティアセミナー, P-5, 岡山理科大学, 2025 年 2 月 28 日 .
- 土橋峻平, 米澤健, 小佐野芳寿, **中谷達行**, 圧力勾配型スパッタリング法の DLC 成膜への適用の可能性, 第 6 回 OUS フロンティアセミナー, P-4, 岡山理科大学, 2025 年 2 月 28 日 .
- 米澤健, 小佐野芳寿, **中谷達行**, 圧力勾配型スパッタリング法が DLC 膜の密度に与える影響, 第 72 回応用物理学会春季学術講演会, 16p-P09-6, 04-147, 東京理科大学, 2025 年 3 月 14 日 ~ 17 日 .
- 小佐野芳寿, **中谷達行**, スペクトルデータ駆動科学に基づく DLC 膜の炭素構造解析と膜密度予測, 第 72 回応用物理学会春季学術講演会, 16p-P09-7, 04-148, 東京理科大学, 2025 年 3 月 14 日 ~ 17 日 .
- 小佐野芳寿, **中谷達行**, スペクトルデータ駆動科学に基づく DLC 膜の炭素構造解析と膜密度予測, 日本医用 DLC 研究会第 8 回研究会, 岡山大学, 2025 年 3 月 26 日 .
- Yoshihisa Osano, **Tatsuyuki Nakatani**, RF-PECVD 法により成膜された DLC 膜へのスペクトルデータ駆動科学の適用, The 42nd International Conference of Photopolymer Science and Technology (ICPST-42), B02-05, June 24-27, Hyogo, Japan (2025).

- Ken Yonezawa, Yoshihisa Osano, **Tatsuyuki Nakatani**, 圧力勾配型スパッタ法が DLC 膜の成膜と膜特性に及ぼす影響, The 42nd International Conference of Photopolymer Science and Technology (ICPST-42), B02-06, June 24-27, Hyogo, Japan (2025).
- 藤井泰宏, **中谷達行**, 逢坂大樹, 笠原真悟, 桑田憲明, Diamond-like Coating の技術革新による生体工学への応用範囲の拡大, 第 64 回日本生体医工学会大会, 222 (WEB ONLY), フェニックスプラザ (福井市) 2025 年 06 月 05 日.
- 小佐野芳寿, **中谷達行**, ラマンスペクトルを基にした機械学習による DLC 膜の最適化アプローチ, 令和 7 年度 (第 48 回) 西日本放電懇談会, ホテル潮青閣, 2025 年 8 月 17 日~18 日.
- 中谷達行, 岡山理科大学からの話題提供, 令和 7 年度 (第 48 回) 西日本放電懇談会, ホテル潮青閣, 2025 年 8 月 17 日~18 日. 【依頼講演】
- 山口力樹, 市来龍大, **中谷達行**, 園田正樹, 古木貴志, 金澤誠司, 大気圧プラズマ酸化処理した医療用 Mg の体温下疑似体液中での耐食性の調査, 2025 年度 (第 78 回) 電気・情報関係学会九州支部連合大会, 福岡工業大学, ROMBUNNO.04-2A-07, 2024 年 09 月 19 日
- 藤井泰宏, **中谷達行**, 逢坂大樹, 田村太志, 桑田憲明, 大澤晋, 笠原真悟, 再生医療応用に向けたアミノ基付加 DLC の血漿タンパク吸着プロファイルに関する探索的解析, 第 47 回日本バイオマテリアル学会大会, 3D-OP1-1, 東京たま未来メッセ, 2025 年 11 月 9 日 (日)~11 日 (火)
- 小佐野芳寿, **中谷達行**, “マン分光と PLS 回帰を用いた DLC 薄膜の機械学習的物性モデリングと最適化, 表面技術協会関東支部第 106 回講演会 第 7 回表面・材料技術の医療・産業応用, 講演, 日本工業大学, 2025 年 11 月 21 日. 【招待講演】
- 小佐野芳寿, **中谷達行**, “機械学習による DLC 膜の物性予測と最適化”, OUS フォーラム 2025, I3, 岡山コンベンションセンター, 2025 年 11 月 21 日.
- 吉田賢司, 藤井泰宏, **中谷達行**, 逢坂大樹, 大倉田裕次, 成宮悠仁, 田村太志, 桑田憲明, 大澤晋, 笠原真悟, DLC コーティングが ePTFE 人工血管の引張強度に与える影響: 生体外・生体内検討, JSAO2025 第 63 回日本人工臓器学会大会, O24-2, グランドニッコー東京ベイ舞浜 (千葉県浦安市), 2025 年 11 月 19 日 (水)~22 日 (土)
- 藤井泰宏, 田村太志, 桑田憲明, 成宮悠仁, 逢坂大樹, 吉田賢司, 倉田裕次, 大澤晋, **中谷達行**, 笠原真悟, 官能基付加 DLC による血漿タンパク吸着コントロール, JSAO2025 第 63 回日本人工臓器学会大会, O6-2, グランドニッコー東京ベイ舞浜 (千葉県浦安市), O6-22025 年 11 月 19 日 (水)~22 日 (土)
- 米澤健, 小佐野芳寿, **中谷達行**, 圧力勾配型スパッタ成膜による DLC 膜の膜質向上, OUS フォーラム 2025, I4, 岡山コンベンションセンター, 2025 年 11 月 21 日.
- 小佐野芳寿, **中谷達行**, スペクトルデータ工学に基づいたダイヤモンドライクカーボン薄膜の物性予測と最適化の可能性, 第 7 回 OUS フロンティアセミナー, 講演, 岡山理科大学, 2025 年 11 月 28 日.
- 小佐野芳寿, **中谷達行**, “機械学習による DLC 膜の物性予測と最適化”, 第 7 回 OUS フロンティアセミナー, P-2, 岡山理科大学, 2025 年 11 月 28 日.
- 米澤健, 小佐野芳寿, **中谷達行**, 圧力勾配型スパッタ成膜による DLC 膜の膜質向上, OUS フロンティアセミナー, P-7, 岡山理科大学, 2025 年 11 月 28 日.
- Hiroyuki Fukue, Yoshihisa Osano, Susumu Takabayashi, Shinsuke Kunitsugu, Yuichi Imai and **Tatsuyuki Nakatani**, Application of nonlinear least square method to five-peak separation analysis of DLC Raman spectra using AC-HV-CVD method, 41st Symposium on Plasma Processing (SPP-41), Okayama campus, Tokyo Institute of Technology, 23P-9, January 23rd – 25th, (2024)
- Hiroyuki Fukue, Yoshihisa Osano, **Tatsuyuki Nakatani**, Susumu Takabayashi, Tadayuki Okano, Masahide Kuroiwa, Shinsuke Kunitsugu, Hiroki Oota and Ken Yonezawa, Reduction of Raman fitting parameters by differential spectrum method on DLC films using the HF-HiPIMS discharge, 16th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials and 13th International Conference on Plasma-Nano technology & Science (ISPlasma 2024/IC-Plants 2024/APSPT-13), 04P-P2-03, Nagoya, Japan, March 3-7, (2024)

- Yoshihisa Osano, Hiroyuki Fukae, **Tatsuyuki Nakatani**, Susumu Takabayashi, and Shinsuke Kunitsugu, An automated five-peak fitting of Raman spectrum on diamond-like carbon films using HiPIMS discharge, 16th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials and 13th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma 2024/IC-Plants 2024/APSPT-13), 04P-P2-04, Nagoya, Japan, March 3-7, (2024)
- Yoshihisa Osano, Hiroyuki Fukae, Susumu Takabayashi, Shinsuke Kunitsugu, Yuichi Imai and **Tatsuyuki Nakatani**, Chemometric Raman Spectral Analysis of Diamond-like Carbon Films Deposited by Plasma Discharge, The 41th International Conference of Photopolymer Science and Technology Materials & Processes for Advanced Lithography, Nanotechnology and Phototechnology (ICPST-41), B02-03, International Conference Hall Makuhari Messe, Chiba, Japan, June 25 - 27, (2024).
- Y. Fujii, **T. Nakatani**, Potential and Challenges of Diamond-Like Carbon in Cardiovascular Medicine, 34th Annual Meeting of MRS-J, D3-I18-005, Yokohama City Opening Memorial Hall (Jack's Tower), 16th (Mon.)-18th (Wed.) Dec., 2024 KANAGAWA, (2024).
- Yoshihisa Osano, **Tatsuyuki Nakatani**, Application of DX processes in the research of diamond-like carbon films deposited by RF plasma-enhanced CVD, 17th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials / 18th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science / (ISPlasma2025/IC-PLANTS2025), 04P-16, March 3-7, Aichi, Japan (2025).
- Yasuhiro Fujii, Daiki Ousaka, Yasushi Sasai, and **Tatsuyuki Nakatani**, Advances and Emerging Trends in Medical Applications of Diamond-Like Carbon (DLC) Coatings, International Conference on Materials Science and Engineering (Materials Oceania 2025), Yonsei University, Seoul, South Korea, September 16-19, (2025). (Invited)
- Yoshihisa Osano, **Tatsuyuki Nakatani**, Raman Spectra-Based PLS Regression for Data-Driven Optimization of PECVD-Deposited DLC Films, The 14th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering (AEPSE2025) / ICSE & Regional Interfinish 2025, A05-11, November 2-6, Phuket, Thailand (2025).
- Yoshihisa Osano, **Tatsuyuki Nakatani**, Raman-Guided PLS Modeling for Machine-Learning Optimization of DLC Films deposited by RF-PECVD, The 46th International Symposium on Dry Process (DPS2025), P2-26, November 13-15, Ehime, Japan (2025).
- Yoshihisa Osano, **Tatsuyuki Nakatani**, Machine Learning-Driven Optimization of PECVD-Deposited DLC Films via Raman Spectra-Based PLS Regression, Materials Research Meeting 2025 (MRM2025), H4-P302-01, December 8-13, Yokohama, Japan (2025).
- R. Yamaguchi, D. Ishii, R. Ichiki, **T. Nakatani**, M. Sonoda, T. Furuki, S. Kanazawa, Corrosion Properties and Oxide Film Nonuniformity of Plasma-Jet-Oxidized Magnesium Alloy, The 14th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology (APSPT-14), A0011, National Sun Yat-sen University, Dec. 11th - 14th (2025).
- 山崎俊嗣, 小山内彩, 池原実, **畠山唯達**, 山口飛鳥, Paleointensity-assisted chronostratigraphy of a sediment core from the Southern Ocean, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2025 年秋季大会, R004-09, 神戸大学, 2025 年 11 月 23 ~ 27 日, (2025)
- 畠山唯達**, 田中心菜, 渋谷秀敏, Update of Japan Archaeomagnetic Database, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2025 年秋季大会, R004-P08, 神戸大学, 2025 年 11 月 23 ~ 27 日, (2025)
- 畠山唯達**, 山田爽, 三阪一徳, 片岡啓介, 弥生時代住居内焼土の古地磁気・岩石磁気: 1 弥生時代中後期の地磁気方位について, 日本文化財科学会第 42 回大会, B-11, 九州大学, 2025 年 7 月 5 ~ 6 日, (2025)
- 畠山唯達**, 山田爽, 三阪一徳, 片岡啓介, 弥生時代住居内焼土の古地磁気・岩石磁気: 2 焼土面の被熱温度について, 日本文化財科学会第 42 回大会, P-006, 九州大学, 2025 年 7 月 5 ~ 6 日, (2025)

- 畠山唯達**, 山本裕二, 加藤千恵, 北原優, 大野正夫, 考古地磁気学・考古岩石磁気学の発展, 日本地球惑星科学連合 2025 年大会, MZZ43-04, 幕張メッセ, 2025 年 5 月 25~30 日, (2025)
- 北原優, ルー・ティ・フォン・ラン, グエン・ヴァン・ト, グエン・ホアン・バク・リン, **畠山唯達**, 山本裕二, 加藤千恵, 大野正夫, 山形眞理子, 体系的な磁気分析の導入によるベトナムにおける考古学的課題解決の試み, 日本地球惑星科学連合 2025 年大会, MZZ43-05, 幕張メッセ, 2025 年 5 月 25~30 日, (2025)
- 吉村由多加, アン・ヒョンソン, 加藤千恵, 山本裕二, 穴井千里, 田尻義了, **畠山唯達**, 大野正夫, 弥生土器から推定された考古地磁気強度と東アジアにおける紀元前 600 年~紀元 1700 年の考古地磁気強度標準曲線の構築, 日本地球惑星科学連合 2025 年大会, MZZ43-P06, 幕張メッセ, 2025 年 5 月 25~30 日, (2025)
- 加藤千恵, **畠山唯達**, 足立達朗, 加熱による磁性鉱物変化を利用した考古遺物・遺構の被熱環境推定, 日本地球惑星科学連合 2025 年大会, MZZ43-P04, 幕張メッセ, 2025 年 5 月 25~30 日, (2025)
- 馬場章, 岡本土輝, **畠山唯達**, Paleomagnetic directions from pyroclastic flow deposits at the eastern foot of Fuji volcano, Japan, 日本地球惑星科学連合 2025 年大会, SEM16-08, 幕張メッセ, 2025 年 5 月 25~30 日, (2025)
- Hatakeyama, T.**, Tema, E., Ferrara, E., Davit, P., Polymeris, G.S., Mitsumoto, J., Matsumoto, N., Rock magnetic investigation of Japanese ceramic coffins: Insights on their magnetic mineralogy and firing temperature, 日本地球惑星科学連合 2025 年大会, SEM16-P14, 幕張メッセ, 2025 年 5 月 25~30 日, (2025)
- 吉村由多加, アン・ヒョンソン, 加藤千恵, 山本裕二, 穴井千里, 田尻義了, **畠山唯達**, 大野正夫, 異なる加熱雰囲気をもたらす考古地磁気強度の差異とその信頼性について, 日本地球惑星科学連合 2025 年大会, SEM16-P17, 幕張メッセ, 2025 年 5 月 25~30 日, (2025)
- 畠山唯達**, 横田大峻, 北原優, 下岡順直, 中村直子, 新内裕貴, 山田爽, 加藤千恵, 考古遺物・遺跡の被熱に関する磁気学的手法の適用, 「地球科学と考古学・人類学の協働による人類進化環境の復元」, 高知大学, 2024 年 12 月 26 ~ 27 日, (2024)
- 畠山唯達**, 下岡順直, 古地磁気・岩石磁気学的手段による被熱遺物の熱履歴の復元, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2024 年秋季大会, R004-P12, 国立極地研究所 & オンライン, 2024 年 11 月 23 ~ 27 日, (2024)
- 北原優, 船引彩子, 久保純子, グエン ヴァント, 山本裕二, 穴井千里, **畠山唯達**, 山形眞理子, ベトナム中部トゥーボン川下流平野堆積物の磁気特性に関する基礎研究, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2024 年秋季大会, R004-P13, 国立極地研究所 & オンライン, 2024 年 11 月 23 ~ 27 日, (2024)
- 吉村由多加, 安鉉善, 加藤千恵, 山本裕二, 穴井千里, 森木涼介, 田尻義了, **畠山唯達**, 政岡浩平, 大野正夫, 紀元前 250 年から紀元 50 年の弥生時代中期~後期に作成された土器から推定される日本の考古地磁気強度の増加, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2024 年秋季大会, R004-04, 国立極地研究所 & オンライン, 2024 年 11 月 23 ~ 27 日, (2024)
- 畠山唯達**, スピナー磁力計用標準試料の作成, 地磁気・古地磁気・岩石磁気夏の学校 2024, 2024 年 9 月 11 ~ 13 日, 岡山理科大学御津国際交流会館, (2024)
- 吉岡優希, 加藤千恵, **畠山唯達**, 柳由貴子, 森裕樹, 平館俊太郎, 秋吉台および久住高原から採取した土壌の磁気分析による被熱履歴の推定, 日本土壌肥料学会 2024 年度福岡大会, 2024 年 9 月 3 ~ 5 日, 九州大学, (2024)
- 内田泰蔵, 橋本善孝, 山本裕二, **畠山唯達**, The heating signature within fossil sesimogenic zone recorded as secondary magnetization: Cretaceous Shimanto Belt, Yokonami mélange, southwest Japan, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, SCG40-P36, 2024 年 5 月 26 ~ 31 日, 幕張メッセ国際会議場, (2024)
- 北原優, グエン リン, 穴井千里, **畠山唯達**, 深山絵実梨, 石井治一, 山形眞理子, ベトナム・ニョントイン遺跡堆積物の磁気特性に関する基礎的研究, 日本地球惑星科学連合 2024 年大会, SEM13-P07, 2024 年 5 月 26 ~ 31 日, 幕張メッセ国際会議場, (2024)

- 高山唯達, 地磁気・古地磁気・岩石磁気学的手法による考古学・人類学への貢献, 「地球電磁気学と考古学・人類学の連携による人類生息環境の変遷研究の展開」, P03, 2024年3月1~2日, 岡山理科大学, (2024)
- 高山唯達, 古備前焼復元窯における温度測定と燃焼環境の推定, 「地球電磁気学と考古学・人類学の連携による人類生息環境の変遷研究の展開」, P04, 2024年3月1~2日, 岡山理科大学, (2024)
- S. Maki, S. Tanaka, S. Fujiwara, M. Hagiwara, “Recent study on the measurements of thermal properties of some protein crystals”, The 5th International OUS Frontier Symposium, Science of Functional Materials for a Sustainable Future, November, 4, 2025, Okayama, Japan, p. 17, (4 November 2025).
- 牧祥, “薬剤耐性菌交叉耐性率の月次変動から読み取れること”, 第5回 OUS フロンティアセミナー 生体異物に抗い利用する知識と技術 公衆衛生から医薬品・医療機器開発まで, 岡山理科大学今治キャンパス, 講演要旨集 p5, (2024, 2, 22).
- 横田千尋, 牧祥, 津村誠一, 山本俊政, 山口太一, “国際宇宙ステーションを想定した閉鎖循環型水生生物飼育法の開発”, 日本水産学会大会講演要旨集 (CD-ROM), 京都大学, p.261 (2024, 9, 24-27).
- 中林誠, 牧祥, 木村伊織, 櫻井尋, 至田拓馬, 北畑奨典, 森本正太郎, 伊中浩治, 森本幸生, “ガドリニウム存在化で生成した卵白リゾチーム結晶の構造解析”, 日本結晶学会令和6年(2024年)度年会, 名古屋大学東山キャンパス 豊田講堂, PC-II-17 (2024, 11, 8-10).
- 牧祥, “磁気力による熱対流の制御”, OUS フォーラム 2024 基礎から応用・未来技術への出会いと対話, 岡山プラザホテル, アブストラクト集 p 18, ポスター発表 (2024, 11, 25).
- (招待講演) 牧祥, “タンパク質結晶の熱物性値計測の研究の最前線”, Biothermology Workshop 2024, (2024, 12, 27-28).
- (講演会主催者) 牧祥, “模擬月砂粒子 FJS-1 を用いた基礎研究の紹介”, 第6回フロンティア OUS セミナー「宇宙環境利用に関する技術課題と将来展望」, 岡山理科大学岡山キャンパス, 加計学園 50周年記念会館 (4F 多目的ホール), 講演要旨 pp. 16-20, (2025, 2, 28).
- Shahinal Mamun MD, S. Maki, K. Kuwagi, “Heat transfer phenomena under pseudo-weightless environment due to magnetic force; three-dimensional computation of magnetothermal convection in the Rayleigh-Bénard model”, 第19回日本磁気科学学会年会, 信州大学 松本キャンパス, プログラム・要旨集 pp.60-61, ポスター発表 P-04 (2025, 11, 19-21)..
- 牧祥, 横田千尋, 津村誠一, 亀山寛司, 熊野創太, 山本俊政, 田所竜介, “高速回転クリノスタットによる擬似無重力下でのエビの摂餌過程”, OUS フォーラム 2025 「基礎から応用・未来技術への出会いと対話」, 岡山コンベンションセンター, アブストラクト集 p 65, ポスター発表 (2025, 11, 21).
- 小栗大侑, 吉鶴歩実, 橋本真悟, 岩井良輔, 森脇健司, 磁性ピラーを用いた骨格筋様細胞組織体への力学刺激系の作製, 日本機械学会 第34回バイオフィロンティア講演会, 山口大学 (宇部), 2023年12月16日.
- 吉鶴歩実, 藤原溪, 米田大珠, 伊豆弥生, 森脇健司, 岩井良輔, 細胞自己凝集化技術を用いた腱固定化骨格筋ファイバーの作製検討, 日本機械学会 第34回バイオフィロンティア講演会, 山口大学 (宇部), 2023年12月16日.
- 張雲洋, 滕魯鵬, 福島宗一郎, 岡野ジェイムス洋尚, 大木隆生, 岩井良輔, X線造影可能なタン粒子担持型 - 移植用細胞凝集塊の作製, 日本機械学会 第34回バイオフィロンティア講演会, 山口大学 (宇部), 2023年12月16日.
- 橋本真悟, 杉山晶彦, 森脇健司, 木股敬裕, 岩井良輔, 血管様構造を有するファイバー状細胞組織体へのせん断応力負荷のための灌流培養系の設計, 日本機械学会 第34回バイオフィロンティア講演会, 山口大学 (宇部), 2023年12月16日.
- 滕魯鵬, 唐振宇, 岩井良輔, 細胞自己凝集化技術を用いた皿状立体軟骨組織体の作製, 日本機械学会 第34回バイオフィロンティア講演会, 山口大学 (宇部), 2023年12月16日.

- 日笠理公，藤佳，**岩井良輔**，森脇健司，岩井麻理菜，細胞の自己凝集化技術を用いた乳腺細胞凝集塊の作製，立体形状制御と組織構造化検討，日本機械学会，第34回バイオフィロンティア講演会，山口大学（宇部），2023年12月17日。
- 出口幸一，宇賀菜緒子，岩崎駿，野村元成，渡邊美穂，上野豪久，神山雅史，田附裕子，**岩井良輔**，中山泰秀，奥山宏臣，完全自己由来組織より構成される移植可能な再生気管組織の開発，第124回日本外科学会定期学術集会，2024年4月19日。
- 岩井良輔**，Development of cell self-aggregation technique-based tissue engineering. -Challenges for applications in regenerative medicine and 3D culture models-，第47回日本基礎老化学会大会，芝浦工業大学（東京），2024年6月15日，招待講演
- 藤魯鵬，**岩井良輔**，ヒト結腸癌由来細胞株の多細胞凝集塊を用いた腸管クリプト様構造の誘導可能性，日本組織培養学会第96回大会，つくば国際会議場（つくば），2024年6月27日。
- 岩井麻理菜，日笠理公，**岩井良輔**，細胞の自己凝集化技術を用いた乳腺細胞凝集塊の立体形状制御と力学刺激による組織構造化の試み，日本組織培養学会第96回大会，つくば国際会議場（つくば），2024年6月27日。
- 吉鶴歩実，藤原溪，伊豆弥生，小栗大侑，森脇健司，**岩井良輔**，細胞の自己凝集化現象を利用したコアシェル型・筋-腱接合構造体の作製検討，第13回細胞再生医療研究会学術集会，甲南大学（神戸），2024年9月7日。
- 岩井良輔**，橋本真悟，杉山晶彦，水野理介，細胞自己凝集化技術を用いた“内皮-間葉層逆転”脈管モデルの開発，第66回日本平滑筋学会総会，日本医科大学（東京），8月2日。
- 橋本真悟，杉山晶彦，森脇健司，松本洋，**岩井良輔**，細胞自己凝集化技術によるファイバー状血管様構造体の灌流培養検討，第76回日本生物工学会大会，東京工業大学（東京），9月10日。
- 藤魯鵬，**岩井良輔**，ヒト結腸癌由来細胞株スフェロイドの腸管吸収モデルへの応用検討，第76回日本生物工学会大会，東京工業大学（東京），2024年9月10日。
- 小栗大侑，**岩井良輔**，森脇健司，骨格筋細胞組織体に対する電磁石による力学刺激系の構築，第76回日本生物工学会大会，東京工業大学（東京），2024年9月9日。
- 東田隆治，宮崎真奈美，余川陽子，中山泰秀，**岩井良輔**，岩井麻理菜，坂上倫久多能性幹細胞集積器（鋳型）による生体内組織形成術で得られるバイオシートを用いた難治性足潰瘍の治療経験，第16回日本創傷外科学会総会・学術集会，ホテル日航金沢（金沢），2024年11月11日。
- 古谷心，花木祥二郎，藤澤佑樹，高尾知佳，山田大祐，**岩井良輔**，宝田剛志，ヒトiPS細胞由来軟骨細胞を利用した小児気管疾患の再生治療法の開発，第47回日本分子生物学会年会，福岡国際会議場（福岡），2024年11月28日。
- 藤澤佑樹，樽平将太，高尾知佳，山田大祐，太田智之，北口陽平，**岩井良輔**，井上智博，中田英二，木股敬裕，尾崎敏文，宝田剛志，臨床応用を志向した大型動物へのヒトiPS細胞由来軟骨組織体の移植，第47回日本分子生物学会年会，福岡国際会議場（福岡），2024年11月29日。
- 吉鶴歩実，神吉けい太，伊豆弥生，**岩井良輔**，3次元筋組織作製のための筋芽細胞の分化培養馴化による高生存化検討，日本農芸化学会2025，札幌コンベンションセンター（札幌），2025年3月5日。
- 日笠理公，**岩井良輔**，岩井麻理菜，間葉系細胞の多細胞凝集塊を組織床としたin vitro汗腺導管の出芽形成誘導，第52回日本毒性学会学術年会，沖縄コンベンションセンター（那覇），2025年7月2日。
- 藤魯鵬，**岩井良輔**，ヒト結腸癌由来細胞株の自己凝集・組織化誘導による立体腸管様組織体の作製－組織構造と形状の再現に向けて－，第52回日本毒性学会学術年会，沖縄コンベンションセンター（那覇），2025年7月2日。
- 藤魯鵬，福島宗一郎，小泉誠，張雲洋，長谷川実奈美，岡野ジェイムス洋尚，大木隆生，**岩井良輔**，動脈瘤塞栓・再生治療への応用を指向したチタン粒子担持間葉系幹細胞凝集塊の開発，第77回日本生物工学会大会，広島工業大学（広島），2025年9月10日。
- 藤魯鵬，**岩井良輔**，Successful preparation of three-dimensional intestinal tract-like tissues using human colon cancer-derived cell lines，日本動物実験代替法学会第38回大会，パシフィコ横浜（横浜），2025年11月2日。

- L. Teng, S. Fukushima, M. Koizumi, H. J. Okano, T. Ohki, and **R. Iwai**, Successful Preparation of Fiber-Shaped Cell Aggregates Loaded with X-ray Contrast Titanium Particles: Toward Minimally Invasive Arterial Regeneration via Catheter-Based Cell Delivery, The 5th International OUS Frontier Symposium on Science of Functional Materials for a Sustainable Future, Okayama University of Science (Okayama), 2025 年 11 月 4 日.
- R. Hikasa, M. Iwai, and **R. Iwai**, Self-Organized Formation of Sweat Gland Ducts from Multicellular Spheroids, The 5th International OUS Frontier Symposium on Science of Functional Materials for a Sustainable Future, Okayama University of Science (Okayama), 2025 年 11 月 4 日.
- 藤魯鵬, 小野勝暉, **岩井良輔**, 間葉系細胞の老化度合いが腸管上皮の細胞凝集と形態形成に及ぼす影響, OUS フォーラム 2025, 岡山コンベンションセンター・ママカリフォーラム (岡山), 2025 年 11 月 21 日.

兼任研究員

- 新谷洸介, Md Yakub Ali Khan, 戸田雄一郎, 笠 展幸, Gia Minh Thao NGUYEN, パルス振幅変調インバータ励磁下での SPMSM のコア損と銅損の測定と評価, 第 34 回計測自動制御学会中国支部学術講演会, pp. 65 - 66, 第一セントラルビル 1 号館 (岡山市), 2025 年 11 月 29 日

兼務研究員

- T. Iwanaga**, K. Kawano, Synthesis and emission behaviors of anthracene bisimide-based donor-acceptor molecules incorporating N-containing aromatic donor units, 2025 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies: PACIFICHEM2025, Honolulu, Hawaii, USA, 2025.12.19.
- T. Iwanaga**, Synthesis and Chromic Luminescence Properties of Aromatic Bisimide-Based Donor-Acceptor Molecular Arrays, International Seminar on Sustainable Materials, Chemistry, and Chemical Engineering (3rd OUS-MU Frontier Colloquium 2025), Mapúa University, Manila, Philippine, 2025.10.9 (Invited)
- 岩永哲夫**, らせん構造を有した含窒素パイ共役系の自在合成と展望構造有機化学若手研究者研究会 2025, 東京理科大学 (東京都), 2025 年 8 月 27 日 (依頼講演)
- T. Iwanaga**, K. Kawano, Mechanochromic fluorescence of anthracene bisimide derivatives incorporating N-containing aromatic donor units, International Symposium on Macrocyclic & Supramolecular Chemistry: ISMSC2025, Kyoto, 2025. 5.
- 槇原輝, **岩永哲夫**, パイ拡張トリアザ [11] ヘリセンの合成とキラル光学特性日本化学会第 105 春季年会 (2025), 関西大学 (大阪市), 2025 年 3 月 28 日
- 河野健人, **岩永哲夫**, 含窒素パイ共役系ドナーを組み込んだアントラセンビスイミド誘導体の合成と分光学的特性, 2024 年日本化学会中国四国支部大会, 2C-29, 岡山大学, 2024 年 11 月 17 日
- 河野健人, 高橋広奈, 酒井誠, **岩永哲夫**, 9-フェニルアントラセンを組み込んだアントラセンビスイミド誘導体の特異な発光挙動第 34 回基礎有機化学討論会 3C06, 札幌コンベンションセンター (札幌市), 2024 年 9 月 13 日
- 岩永哲夫**, 特異な発光挙動を示すアントラセンビスイミドを基盤としたドナー/アクセプター型分子の創製構造有機化学若手研究者研究会 2024, 愛媛大学 (松山市), 2024 年 8 月 (依頼講演)

- Kosuke Takeya, Hyebeen Kim, Yoshinori Tanaka, **Masumi Eto**, Comparison of Smooth Muscle Regulatory Protein CPI-17 Expression in Rat Renal Arterioles, 第 101 回日本生理学会大会, 北九州国際会議場, 2024 年 3 月 28 ~ 30 日

- Masumi Eto**, Yohei Mochizuki, Toshiyasu Matsui, Minami Ohashi, Yuki Shimojima, Masakatsu Nohara, Ikki Mitsui, Kosuke Takeya, Yoshinori Tanaka and Risuke Mizuno, Gastrointestinal Implications of High Salt Diet: Insights from a Mouse Model, 第 101 回日本生理学会大会, 北九州国際会議場, 2024 年 3 月 28 ~ 30 日

- Masumi Eto**, Yui Miyagawa, Shuichi Katsuki, Minami Ohashi, Yoshinori Tanaka, Kosuke Takeya, Toshio

- Kitazawa, Evolutionary insights into smooth muscle contraction and blood pressure control: Possible roles of intrinsically disordered domains of the myosin phosphatase regulator, CPI-17, 第101回日本生理学会大会, 幕張メッセ, 2025年3月17~19日
- 宮川ゆい, 倉原琳, 竹谷浩介, 田中良法, 平野勝也, **江藤真澄**, 新規1型ホスファターゼ調節タンパク質 GBPI は消化管粘膜上皮細胞に発現し, 細胞分化(状態)依存的に細胞内局在が変化する, 第76回日本生理学会中国四国地方会, サンポート高松, 2024年11月3~4日
- 赤木徹也, 久野弘明, 趙菲菲, 横田雅司, 三木英資, 古本佳代, 佐伯香織, 朱夏希, 久枝啓一, **江藤真澄**, いきものQOLプロジェクト:プロトタイプの改良と研究開発基盤の構築へむけて, OUS フォーラム 2024, 岡山プラザホテル, 2024年11月25日
- 江藤真澄**, HimePet, Beyond - 環瀬戸内発, 岡山理科大学・獣理工連携が萌芽する新規動物産業の可能性, OUS フォーラム 2024, 岡山プラザホテル, 2024年11月25日
- 崔炯範, 齋藤文代, 田中良法, 竹谷浩介, **江藤真澄**, ヒト膀胱がん細胞の核内に局在するミオシンホスファターゼ阻害タンパク質 CPI-17 の役割, 第67回日本平滑筋学会総会, 東京都立大学荒川キャンパス, 2025年8月22~23日
- 宮川ゆい, 倉原琳, 竹谷浩介, 松井利康, 平野勝也, **江藤真澄**, 腸粘膜上皮細胞における CPI-17 類似タンパク質 GBPI を介した新たな PP1 シグナル-細胞分化に依存的な細胞内局在の変化, 第67回日本平滑筋学会総会, 東京都立大学荒川キャンパス, 2025年8月22~23日
- 山下 哲生, 古寺 哲幸, **江藤真澄**, 木村理沙, 平野勝也, 平滑筋ミオシン軽鎖脱リン酸化酵素サブユニット M20 は MYPT1 を介する 2 量体形成を抑制することにより MYPT1 の自己脱リン酸化を阻害する, 第67回日本平滑筋学会総会, 東京都立大学荒川キャンパス, 2025年8月22~23日
- Jee In Kim, Gwan Beom Lee, **Masumi Eto**, Deficiency of Exocyst component Sec10 induces hypertension, 第67回日本平滑筋学会総会, 東京都立大学荒川キャンパス, 2025年8月22~23日
- 赤木徹也, 趙菲菲, 久野弘明, 横田雅司, 三木英資, 片山謙吾, 川畑宣之, 荒井伸太郎, 寺野元規, 古本佳代, 佐伯香織, 宮部真裕, 足利和奏, 小出彩奈, 幸村星那, 西川奈緒, 松吉陽向, 下川愛莉, 望月陽菜, 久枝啓一, 井上陽一, 大西章弘, 吉竹涼平, **江藤真澄**, いきもの QOL の新次元: 理大発スマートアニマルケアの実証をめざして, OUS フォーラム 2025, 岡山コンベンションセンター, 2025年11月21日
- 猶原 順**, 寺田貢優, 川北偉央, 張 揚, 李 唐, 浦上逸男, UV-LED 照射通水装置の殺菌性能評価, OUS フォーラム 2025, 岡山, 2025年11月
- 張 揚, **猶原 順**, 寺田貢優, 川北偉央, 李 唐, 浦上逸男, UV-LED による微生物不活化性能評価, 環境科学会 2025 年会, 広島, 2025年9月
- 猶原 順**, 張 揚, 宍 罌, 渡辺涼太, 小川 峻, 鄭 賢, 井上大知, 浦上逸男, 流水型 UV-LED 微生物の不活化装置に及ぼす処理水透過率の影響, OUS フォーラム 2024, 岡山, 2024年11月
- 榎本梨世, 寺戸大樹, 橋川成美, **橋川直也**, 脳内アミロイドβ蓄積がマウスのうつ様行動に及ぼす影響, 第33回霧島神経薬理フォーラム, にきだつ会館(松山市), 2024年8月17~18日
- 寺戸大樹, 山城茉唯, 橋川成美, **橋川直也**, 抗 Aβ 抗体投与によるマウスうつ様行動への影響, 第19回日本臨床検査学教育学会学術大会, 新潟大学(新潟市), 2024年8月23~24日
- 榎本梨世, 寺戸大樹, 飯間匠海, 黒田宥貴, 都築優衣, 橋川成美, **橋川直也**, 抗 Aβ 抗体投与によるマウスうつ様行動への影響, 第19回日本臨床検査学教育学会学術大会, 新潟大学(新潟市), 2024年8月23~24日
- 飯間匠海, 榎本梨世, 長樂美早紀, 大呂正宗, 丹原空良, 橋川成美, **橋川直也**, アクセス制限によるスクロース摂餌率の変化を利用した新たなマウスの意欲評価, 第19回日本臨床検査学教育学会学術大会, 新潟大学(新潟市), 2024年8月23~24日
- 長樂美早紀, 新村貴博, 橋川成美, **橋川直也**, 医療データベースを用いた新たな I 型アレルギー抑

- 制薬の探索, 第 19 回日本臨床検査学教育学会学術大会, 新潟大学 (新潟市), 2024 年 8 月 23 ~ 24 日
- 檜本梨世, 寺戸大樹, 橋川成美, **橋川直也**, 脳内タンパク質蓄積とマウスのうつ様行動の関連についての解析, 第 97 回日本生化学会大会, パシフィコ横浜 (横浜市), 2024 年 11 月 6 ~ 8 日
- 飯間匠海, 大呂正宗, 丹原空良, 橋川成美, **橋川直也**, アクセス制限を用いた新たなマウスの意欲評価法の開発, 第 97 回日本生化学会大会, パシフィコ横浜 (横浜市), 2024 年 11 月 6 ~ 8 日
- 飯間匠海, 大呂正宗, 丹原空良, 小椋真輔, 西本紗奈, 橋川成美, **橋川直也**, マウスにおける磁気感覚関連遺伝子の探索, 第 34 回霧島神経薬理フォーラム, 岡山いこいの村 (岡山市), 2025 年 8 月 9 ~ 10 日
- 檜本梨世, 高橋英里, 飯間匠海, 橋川成美, **橋川直也**, 社会敗北ストレスによる A β 蓄積とうつ様行動の関連性, 第 20 回日本臨床検査学教育学会学術大会, 岡山大学 (岡山市), 2025 年 8 月 21 ~ 22 日
- 飯間匠海, 小椋真輔, 西本紗奈, 橋川成美, **橋川直也**, マウスの磁気感覚に関与する遺伝子の探索, 第 20 回日本臨床検査学教育学会学術大会, 岡山大学 (岡山市), 2025 年 8 月 21 ~ 22 日
- 長樂美早紀, 多賀智香, 橋川成美, **橋川直也**, 医療データベース FAERS を用いた間質性肺炎抑制薬の探索, 第 20 回日本臨床検査学教育学会学術大会, 岡山大学 (岡山市), 2025 年 8 月 21 ~ 22 日
- 大呂正宗, 丹原空良, 橋本武道, 橋川成美, **橋川直也**, 細胞膜透過ペプチドを基盤とした非侵襲的 IgG 脳送達法の開発, 第 20 回日本臨床検査学教育学会学術大会, 岡山大学 (岡山市), 2025 年 8 月 21 ~ 22 日
- 丹原空良, 大呂正宗, 橋本武道, 橋川成美, **橋川直也**, アミロイド β の形態の違いが記憶機能に及ぼす影響, 第 20 回日本臨床検査学教育学会学術大会, 岡山大学 (岡山市), 2025 年 8 月 21 ~ 22 日
- 檜本梨世, 高橋英里, 橋川成美, **橋川直也**, 社会的敗北ストレスによるマウスのうつ様行動と抗体投与による改善効果の検証, 第 98 回日本生化学会大会, 京都国際会議場 (京都市), 2025 年 11 月 3 ~ 5 日
- 飯間匠海, 大呂正宗, 丹原空良, 小椋真輔, 西本紗奈, 橋川成美, **橋川直也**, マウスの磁気感覚関連遺伝子発現と行動の相関, 第 98 回日本生化学会大会, 京都国際会議場 (京都市), 2025 年 11 月 3 ~ 5 日
- 長樂美早紀, 多賀智香, 大呂正宗, 丹原空良, 橋川成美, **橋川直也**, 間質性肺炎モデルマウスにおける熱ショックタンパク質発現誘導の影響, 第 98 回日本生化学会大会, 京都国際会議場 (京都市), 2025 年 11 月 3 ~ 5 日
- 大呂正宗, 丹原空良, 橋本武道, 橋川成美, **橋川直也**, 経鼻投与による IgG 脳内移行における細胞膜透過ペプチドの比較検討, 第 98 回日本生化学会大会, 京都国際会議場 (京都市), 2025 年 11 月 3 ~ 5 日
- 橋川成美**, 田村凌雅, 湯谷柊哉, 橋川直也, Risk of developing Parkinson's disease associated with calcitonin gene-related peptide inhibition, 第 97 回日本薬理学会年会, 神戸国際会議場 (神戸市), 2023 年 12 月 14 ~ 16 日
- 橋川成美**, 石川晴貴, 江田康輝, 小野杏花, 橋川直也, CGRP 欠損が引き起こす HSP90 減少とパーキンソン病様症状の関連性, 第 146 回日本薬理学会近畿部会, 京都薬科大学 (京都市), 2024 年 11 月 30 日
- 橋川成美**, 石川晴貴, 江田康輝, 小野杏花, 橋川直也, The role of CGRP deficiency and HSP90: Elucidating the mechanism of Parkinson's disease-like motor dysfunction, 第 98 回日本薬理学会年会, 幕張メッセ (千葉市), 2025 年 3 月 17 ~ 19 日
- 石川晴貴, 田中徳乃介, 大平菜月, 橋川直也, **橋川成美**, CGRP と HSP90 を介したドパミン神経保護機構の解明, 第 19 回日本臨床検査学教育学会学術大会, 岡山大学 (岡山市), 2025 年 8 月

21日

石川晴貴, 田中徳乃介, 大平菜月, 橋川直也, **橋川成美**, ドパミン神経障害における CGRP 欠損と HSP90 発現低下の関与, 第 27 回 活性アミンに関するワークショップ, 金沢医科大学 (河北郡), 2025 年 8 月 22 日

石川晴貴, 田中徳乃介, 大平菜月, 橋川直也, **橋川成美**, CGRP 欠損マウスにおける AAV-CGRP 投与による行動およびドパミン神経への影響, 第 148 回 日本薬理学会近畿部会, 大阪公立大学 (大阪市), 2025 年 11 月 29 日

大島貴宏, 若松寛, 藤澤清史, **東村秀之**, ヘキサアザトリナフチレン還元体合成の反応機構, 日本化学会第 104 春季年会, 2024 年 3 月 18 日 武智士門, 中野晟志, 大島貴宏, 東村秀之 5-シアノ-2-メトキシフェノール酸化重合体の不純構造同定, 日本化学会第 104 春季年会, 2024 年 3 月 18 日

中野晟志, 大島貴宏, Vivek S. Rau, 浅尾直樹, **東村秀之** 酵素モデル触媒酸化重合によるエチニル基をもつポリアリレンオキサイドの新規直接合成法, 第 73 回高分子討論会 2024 年 9 月 25 日

中野晟志, 大島貴宏, Vivek S. Rau, 浅尾直樹, 若松寛, **東村秀之** エチニル基を有するフェノールの C-O 選択的カップリング反応, 2024 年日本化学会中国四国支部大会岡山大会, 2024 年 11 月 16 日

大島貴宏, 中野晟志, 若松寛, 藤澤清史, **東村秀之** ヘキサアザトリナフチレン還元体の生成反応機構, 2024 年日本化学会中国四国支部大会岡山大会, 2024 年 11 月 16 日

内田龍佑, 中野晟志, 吉井良太, 柴川和之, 亀川孝, 松岡雅也, **東村秀之** Zn/ジチオテレフタル酸-MOF の合成と性質, 2024 年日本化学会中国四国支部大会岡山大会, 2024 年 11 月 16 日

大島貴宏, 池田健太郎, 橋本朋佳, 斉藤誠, **東村秀之** 規な共役ポリイミンの合成と応用, 日本化学会第 105 春季年会, 2025 年 3 月 27 日

矢城陽一郎, 木村崇知, 亀澤 誠, 松浦信康, 核内受容体 PPAR- γ 複合体の生体分子シミュレーション (英題: Biomolecular Simulations on the Complexes of PPAR- γ and Organic Compounds), 第 68 回 香料・テルペンおよび精油化学に関する討論会 (TEAC2024), 信州大学伊那キャンパス (長野県上伊那郡南箕輪村 8304), 2024 年 10 月 26 日 - 10 月 28 日.

逢坂大樹, 生成 AI で処理した結果は論文で受け入れられるか? ~医学系での一例提示~日本医用 DLC 研究会 2025 年 8 月 26 日

逢坂大樹, データサイエンス×創薬のスキームを基材×生体適合性に応用できるか? 関東支部 第 106 回講演会 第 7 回表面・材料技術の医療・産業応用 2025 年 11 月 21 日

逢坂大樹, 医学データサイエンスの結果をどのように確認するか? ~ゼブラフィッシュ×ゲノム編集を組み合わせた検証モデル提案~第 7 回 OUS フロンティアセミナー 2025 年 11 月 28 日

大島貴宏, **若松 寛**, 藤澤清史・東村秀之, ヘキサアザトリナフチレン還元体合成の反応機構, 日本化学会第 104 春季年会, P1-1pm-23, 日本大学理工学部船橋キャンパス (船橋市), 2024 年 3 月 18 ~ 21 日.

小島 翼, 梶間由幸, 山田知宏, 前川博史, 土江松美, **若松 寛**, リグニンの効率的分解法の開発とその応用に関する研究, 日本化学会第 104 春季年会, P2-2am-05, 日本大学理工学部船橋キャンパス (船橋市), 2024 年 3 月 18 ~ 21 日.

若松 寛, 白濱理沙, 中村輝晃, 大前陽太郎, N-置換-o-アルキニルアニリン誘導体の光環化を経由する複素環合成, 日本化学会第 104 春季年会, P4-2vn-20, 日本大学理工学部船橋キャンパス (船橋市), 2024 年 3 月 18 ~ 21 日.

大前陽太郎, **若松 寛**, 川原三宝, 白濱理沙, 中村輝晃, o-アルキニルアニリンの N-スルホニルカルボキサミド誘導体の光環化, 第 34 回基礎有機化学討論会, 1P140, 札幌コンベンションセンター (札幌市), 2024 年 9 月 11 ~ 13 日.

大岩優太, 前田直哉, **若松 寛**, 2-エチニルフェノール誘導体の光環化を利用した複素環合成, 第

- 34 回基礎有機化学討論会, 2P137, 札幌コンベンションセンター (札幌市), 2024 年 9 月 11 ~ 13 日.
- 大岩優太, 若松 寛, ジエチニルベンゼンジオール誘導体の光環化を利用したベンゾジフラン誘導体の合成, 第 35 回基礎有機化学討論会, 1P112, 名古屋大学東山キャンパス (名古屋市), 2025 年 9 月 9 ~ 11 日.
- 大前陽太郎, 若松 寛, o-アルキニルアニリンの N-スルホニルカルボキサミド誘導体の光反応, 第 35 回基礎有機化学討論会, 2P101, 名古屋大学東山キャンパス (名古屋市), 2025 年 9 月 9 ~ 11 日.
- 若松 寛, 大前陽太郎, 大岩優太, 励起状態プロトン移動を利用した複素環の光化学的合成, OUS フォーラム 2025, B9, 岡山コンベンションセンター (岡山市), 2025 年 11 月 21 日.
- A. Orita, H. Watanabe, **Y. Okuda**, Photocatalyst-assisted Reductive Desulfonylation of Ethenyl Sulfones, The 16th International Conference on Cutting-Edge Organic Chemistry in Asia (ICCEOCA-16), IL-25, December 1st - 4th, 2023, National University of Singapore (NUS), Singapore.
- A. Orita, H. Watanabe, T. Sakami, Y. Nakashima, S. Inohara, **Y. Okuda**, Synthesis of [n]helicenes via oxidative photocyclization of bis(sulfonylethenyl)arenes, International Joint Symposium 2023 on Synthetic Organic Chemistry, 2P-09, December 5th - 8th, 2023, Awaji Yumebutai International Conference Center, Hyogo, Japan
- 奥田靖浩, 森 まつり, 今田裕二, 松永夏旺, 折田 明浩, アミノ (ホスフィニル) アレーンの一電子還元によるパイ拡張カルバゾールの化学選択的合成, E1123-1vn-04, 日本化学会 第 104 春季年会, 日本大学理工学部 船橋キャンパス, 2024 年 3 月 18 ~ 21 日.
- 酒見俊輝, 岩倉旭良, 月田俊幸, 奥田靖浩, 折田明浩, ビス (エテニルスルホニル) アレーンの合成と光環化反応, P27, 第 43 回光がかかわる触媒化学シンポジウム, 岡山大学 津島キャンパス, 2024 年 7 月 26 ~ 27 日.
- 岩倉旭良, 酒見俊輝, 奥田靖浩, 折田明浩, ベンジルスルホンとジアルデヒドを用いたビス (エテニルスルホニル) アレーンのワンポット合成と酸化的光環化反応, P28, 第 43 回光がかかわる触媒化学シンポジウム, 岡山大学 津島キャンパス, 2024 年 7 月 26 ~ 27 日.
- 奥田靖浩, 三浦瑞希, 石塚彩水, 永長 陸, 折田明浩, アミノ (ホスフィニル) アレーンの一電子還元による光環化反応, P30, 第 43 回光がかかわる触媒化学シンポジウム, 岡山大学 津島キャンパス, 2024 年 7 月 26 ~ 27 日.
- 酒見俊輝, 岩倉旭良, 月田俊幸, 赤木宥太, 奥田靖浩, 折田明浩, エチニドを用いたエテニルスルホンの置換反応による (Z)-エンジンの合成とその光学的特性, 3P044, 2024 年光化学討論会, 2024 年 9 月 3 日 ~ 5 日.
- 酒見俊輝, 岩倉旭良, 月田俊幸, 奥田靖浩, 折田明浩, Synthesis and Reductive Desulfonylation of Substituted Aryl Ethenyl Sulfones, PB-13, 第 70 回有機金属化学討論会, 大阪公立大学 中百舌鳥キャンパス, 2024 年 9 月 9 ~ 11 日.
- 奥田靖浩, 石塚彩水, 三浦瑞希, 永長 陸, 折田明浩, Chemodivergent Synthesis of Polycyclic Aromatic Amines and Carbazoles through Palladium-Catalyzed Direct Annulation and Subsequent Dephosphinylation, O3-19, 第 70 回有機金属化学討論会, 大阪公立大学 中百舌鳥キャンパス, 2024 年 9 月 9 ~ 11 日.
- 折田明浩, 赤木宥太, 酒見俊輝, 奥田靖浩, アリアルエチンの 3 段階連結反応を用いた共役エンジンの合成とその光学特性, 1P054, 第 34 回基礎有機化学討論会, 札幌コンベンションセンター, 2024 年 9 月 11 ~ 13 日.
- 酒見俊輝, 岩倉旭良, 月田俊幸, 奥田靖浩, 折田明浩, π 拡張ヘリセンの合成を目的としたジスルホニル [6]ヘリセンの変換反応, 第 38 回若手化学者のための化学道場, 国立淡路青少年交流の家, 2024 年 9 月 27 ~ 28 日.
- 岩倉旭良, 酒見俊輝, 奥田靖浩, 折田明浩, ビス (スルホニルエテニル) アレーンのワンポット合成とスルホニル基の置換した [6]ヘリセンの合成, 第 38 回若手化学者のための化学道場, 国立淡路青少年交流の家, 2024 年 9 月 27 ~ 28 日.

- 奥田靖浩**, 永長陸, 三浦瑞希, 石塚彩水, 折田明浩, ホスフィニルイナミンの一電子酸化還元による含窒素パイ拡張化合物の合成, 10-03, 第 53 回複素環化学討論会, KDDI 維新ホール (山口市産業交流拠点施設), 2024 年 10 月 9 ~ 11 日.
- 折田明浩, 渡部 光, 酒見俊輝, 月田俊幸, 岩倉旭良, **奥田靖浩**, オルトプロモフェニルスルホンを出発原料に用いた光触媒あるいは遷移金属触媒による環状スルホンの合成, 3P1-70, 第 53 回複素環化学討論会, KDDI 維新ホール (山口市産業交流拠点施設), 2024 年 10 月 9 ~ 11 日.
- T. Sakami, A. Iwakura, T. Tsukida, **Y. Okuda**, A. Orita, Synthesis of π -Expanded Helicene from Sulfonyl-Substituted [6]Helicene, さくらサイエンスプログラム, 岡山理科大学 岡山キャンパス, 2024 年 10 月 26 日.
- 酒見俊輝, 岩倉旭良, 月田俊幸, **奥田靖浩**, 折田明浩, ジスルホニル [6]ヘリセンを利用した π 拡張ヘリセンの合成, 1PB-23, 第 12 回 (2024 年) 日本化学会中国四国支部大会 岡山大会, 岡山大学津島キャンパス, 2024 年 11 月 16 ~ 17 日.
- 岩倉旭良, 酒見俊輝, **奥田靖浩**, 折田明浩, ベンジルスルホンを用いたビス (スルホニルエチニル) アレーンの合成と Mallory 環化による [6]ヘリセンの合成, 1PB-24, 第 12 回 (2024 年) 日本化学会中国四国支部大会 岡山大会, 岡山大学津島キャンパス, 2024 年 11 月 16 ~ 17 日.
- 永長 陸, 今田裕二, **奥田靖浩**, 折田明浩, ワンポットでの連続変換を経由したチオアルキンの位置及び立体選択的ヒドロチオ化反応, 1PB-79, 第 12 回 (2024 年) 日本化学会中国四国支部大会 岡山大会, 岡山大学津島キャンパス, 2024 年 11 月 16 ~ 17 日.
- 奥田靖浩**, 三浦瑞希, 石塚彩水, 永長 陸, 折田明浩, 一電子還元型環化を利用した含窒素パイ拡張化合物の合成, 2C-28, 第 12 回 (2024 年) 日本化学会中国四国支部大会 岡山大会, 岡山大学津島キャンパス, 2024 年 11 月 16 ~ 17 日.
- 奥田靖浩**, 石塚彩水, 三浦瑞希, 永長 陸, 折田明浩, 岡山大学異分野基礎科学研究所, 光を利用した電子移動反応による含窒素パイ拡張化合物の合成, B3, OUS フォーラム 2024, 岡山プラザホテル, 2024 年 11 月 25 日.
- 奥田靖浩**, 永長 陸, 三浦瑞希, 石塚彩水, 松浦信康, 折田明浩, 位置および立体選択性を精密制御したチオール-チオアルキックリックケミストリー, B4, OUS フォーラム 2024, 岡山プラザホテル, 2024 年 11 月 25 日.
- 酒見俊輝, 岩倉旭良, 月田俊幸, **奥田靖浩**, 折田明浩, 官能基化 [n]ヘリセンのモジュラー合成への展開, B5, OUS フォーラム 2024, 岡山プラザホテル, 2024 年 11 月 25 日.
- 岩倉旭良, 酒見俊輝, **奥田靖浩**, 折田明浩, 酸化的光環化によるジスルホニル [n]ヘリセンの合成, B6, OUS フォーラム 2024, 岡山プラザホテル, 2024 年 11 月 25 日.
- 折田明浩, 赤木宥太, 酒見俊輝, 岩倉旭良, 月田俊幸, **奥田靖浩**, 三つの末端アリアルエチンの連続カップリングによる (Z)-エンジンの合成およびその光学特性, 3O-08, 第 51 回有機典型元素化学討論会, 京都大学 吉田キャンパス 百周年時計台記念館, 2024 年 12 月 5 ~ 7 日.
- Y. Okuda**, A. Orita, Process-Controlled Regiodivergent Synthesis of Polycyclic Aromatic Amines via Palladium-Catalyzed Cycloaddition of Ynamine, The 4th International OUS Frontier Symposium – Functional Complexes and Their New Applications –, Okayama University of Science, Okayama, Japan, February 15th, 2025.
- 奥田靖浩**, 永長 陸, 石塚彩水, 三浦瑞希, 折田明浩, ホスフィニルエチンの脱ホスフィニル化を鍵プロセスとする位置転換型の環化付加反応, [F]2304-3vn-01, 日本化学会 第 104 春季年会, 関西大学千里山キャンパス, 2025 年 3 月 26 ~ 29 日.
- 酒見俊輝, 岩倉旭良, 月田俊幸, **奥田靖浩**, 折田明浩, 酸化反応を用いた閉環 [6]ヘリセンの合成, [PB]-2vn-55, 日本化学会 第 104 春季年会, 関西大学千里山キャンパス, 2025 年 3 月 26 ~ 29 日.
- 奥田靖浩**, 高本朔汰, 三宅貴翔, 折田明浩, アミノ (ホスフィニル) アレーンの添加剤フリーな可視光誘起光環化によるパイ拡張カルバゾールの合成, 2025 年光化学討論会, 3P83, 立教大学池袋キャンパス, 2025 年 9 月 4 ~ 6 日.
- 折田明浩, 酒見俊輝, 岩倉旭良, 松永至恩, **奥田靖浩**, 閉環型 [6]ヘリセン骨格を有するねじれた

- π 共役系化合物の合成, 1P093, 第 35 回基礎有機化学討論会, 名古屋大学 東山キャンパス, 2025 年 9 月 9 ~ 11 日.
- 奥田靖浩**, 三宅貴翔, 高本朔汰, 折田明浩, 添加剤フリーな脱ホスフィニル型光環化によるテトラベンゾカルバゾールの合成, 3A03, 第 35 回基礎有機化学討論会, 名古屋大学 東山キャンパス, 2025 年 9 月 9 ~ 11 日.
- 奥田靖浩**, 三宅貴翔, 高本朔汰, 折田明浩, Palladium-Catalyzed Regiodivergent Synthesis of Polycyclic Aromatic Amines via [4+2] Benzannulation of Ynamine with 2-Halobiphenyl, PA-17, 第 71 回有機金属化学討論会, 岡山大学津島キャンパス, 2025 年 9 月 17 ~ 19 日.
- 酒見俊輝, 松永至恩, **奥田靖浩**, 折田明浩, Chemodivergent Synthesis of 5- and 6-Membered Cyclic Sulfones and Their Application in Desulfonylative Aminations, PA-24, 第 71 回有機金属化学討論会, 岡山大学津島キャンパス, 2025 年 9 月 17 ~ 19 日.
- 岩倉旭良, 酒見俊輝, **奥田靖浩**, 折田明浩, Synthesis of Oxa[7]circulene via a Scholl Reaction of a [6] Helicene Derivative, PC-37, 第 71 回有機金属化学討論会, 岡山大学津島キャンパス, 2025 年 9 月 17 ~ 19 日.
- 酒見俊輝, 松永至恩, **奥田靖浩**, 折田明浩, Chemodivergent Synthesis of 5- and 6-Membered Cyclic Sulfones and Their Application in Desulfonylative Aminations, PA-24, 第 39 回若手化学者のための化学道場 (愛媛 2025), にぎたつ会館, 2025 年 9 月 26 ~ 27 日.
- T. Sakami, A. Iwakura, S. Matsunaga, **Y. Okuda**, A. Orita, Chemodivergent Synthesis of π -Expanded Carbazoles and Benzacridines via 5- and 6-Membered Cyclic Sulfones, P-14, The 5th International OUS Frontier Symposium — Science of Functional Materials for a Sustainable Future —, Okayama University of Science, Okayama, Japan, November 4th, 2025.
- A. Iwakura, T. Sakami, **Y. Okuda**, A. Orita, Synthesis of Oxa[7]circulene via Sulfonyl[6]Helicene, P-15 The 5th International OUS Frontier Symposium — Science of Functional Materials for a Sustainable Future —, Okayama University of Science, Okayama, Japan, November 4th, 2025.
- 酒見俊輝, 大島蓮音, 原田夏樹, **奥田靖浩**, 折田明浩, 有機光電子材料創製を志向した環状アミンのケモダイバージェント合成, B1, OUS フォーラム 2025, 岡山コンベンションセンター, 2025 年 11 月 21 日.
- 岩倉旭良, 松永至恩, **奥田靖浩**, 折田明浩, マックエンジニアリング (株), タイガースポリマー (株), フローマイクロリアクターを用いた光反応の迅速化, B2, OUS フォーラム 2025, 岡山コンベンションセンター, 2025 年 11 月 21 日.
- 三宅貴翔, **奥田靖浩**, 折田明浩, 岡山大学異分野基礎科学研究所, (株)テクノシグマ, イナミンを用いた縮環含窒素パイ共役化合物の合成と光学特性の調査, B4, OUS フォーラム 2025, 岡山コンベンションセンター, 2025 年 11 月 21 日.
- 高本朔汰, **奥田靖浩**, 松浦信康, 折田明浩, 中国湖南科技大学 Peng 研究室, (株)テクノシグマ, チオアルキンをを用いた選択的ヒドロチオ化と生活習慣病治療薬の合成研究, B5, OUS フォーラム 2025, 岡山コンベンションセンター, 2025 年 11 月 21 日.
- 岩倉旭良, 酒見俊輝, 松永至恩, **奥田靖浩**, 折田明浩, マイクロリアクターを用いた光環化反応迅速化: ベンゾ [kl] チオキサテンジジオキシドの合成, 1PA-18, 2025 年日本化学会中国四国支部大会 香川大会, 徳島文理大学高松駅キャンパス, 2025 年 11 月 23 ~ 24 日.
- 酒見俊輝, 岩倉旭良, 大島蓮音, **奥田靖浩**, 折田明浩, 5 員環及び 6 員環スルホンのケモダイバージェント合成と π 拡張アミンへの変換反応, 1PB-02, 2025 年日本化学会中国四国支部大会 香川大会, 徳島文理大学高松駅キャンパス, 2025 年 11 月 23 ~ 24 日.
- 高本朔汰, **奥田靖浩**, 折田明浩, チオアルキンの保護基効果: ヒドロチオ化の反応性および選択性に及ぼす影響, 1PB-10, 2025 年日本化学会中国四国支部大会 香川大会, 徳島文理大学高松駅キャンパス, 2025 年 11 月 23 ~ 24 日.
- 三宅貴翔, **奥田靖浩**, 折田明浩, アミノ (ホスフィニル) アレーンの光環化によるパイ拡張カルバゾールの合成, 1PB-11, 2025 年日本化学会中国四国支部大会 香川大会, 徳島文理大学高松駅キャンパス, 2025 年 11 月 23 ~ 24 日.
- 奥田靖浩**, 高本朔汰, 三宅貴翔, 折田明浩, ホスフィニルイナミンの酸化的変換によるホスファジ

ニウム誘導体の合成, 第7回 OUS フロンティアセミナー『データサイエンスの基礎から応用展開～はじめてますか?使えますか?～』, 岡山理科大学岡山キャンパス, 2025年11月28日.

折田明浩, 岩倉旭良, 松永至恩, 酒見俊輝, **奥田靖浩**, ベンジルスルホンを出発原料に用いたオキソ [7] サークュレンの合成, P-086, 第52回有機典型元素化学討論会, つくば国際会議場, 2025年12月~6日.

特許

フロンティア理工学研究所研究員

米国特許 US11969334B2: RTIFICIAL BLOOD VESSEL, Apr. 30, 2024, F. Fujii, S. Ozawa, **T. Nakatani**, Y. Imai, A
PCT/JP2025/015793: ダイヤモンドライクカーボン膜の評価方法, 2025年4月23日, **中谷達行**, 福江紘幸, 小佐野芳寿,

特許第7768513号: 細胞凝集塊の製造方法, 2025年11月14日, 鈴木康平, 広井佳臣, **岩井良輔**

特許第7536504号: 抑うつ症状改善剤及びそれを含む組成物, 2024年8月9日, 橋川成美, **橋川直也**, 指原紀宏, 安岡祐美子

伊特開2023-164281: ポリ(ヒドロキシアリーレン)、及びポリ(ヒドロキシアリーレン)誘導体、並びにそれらの製造方法, 東忍, 杉本秀樹, 植田悠太, **東村秀之**,

US2025-144614 A1.: Anion exchange resin, anion exchange membrane, anion-exchange-group-containing monomer, and quaternary-imidazole-group-containing monomer, **H. Higashimura**, M. C. Sheikh, T. Isomura, M. Uwamori

特許第7758287号: 「磁気力ブースター、強磁気力場発生装置、結晶及びその製造方法」, (2025年に確定、申請は2021年) 発明者 **牧祥**, 廣田憲之, 萩原政幸, 権利者名 学校法人加計学園 岡山理科大学 (90%), 国立研究開発法人 物質・材料研究機構 (10%).

受賞

フロンティア理工学研究所研究員

第52回日本毒性学会学術年会 学生ポスター発表賞 (日笠理公)

OUS フォーラム 2025 奨励賞 (2025年11月21日).

(対象講演) 「高速回転クリノスタットによる擬似無重力下でのエビの摂餌過程」

筆頭受賞 **牧祥**, 横田千尋, 津村誠一, 亀山寛司, 熊野創太, 山本俊政, 田所竜介

兼務研究員

【公益財団法人UBE学術振興財団第65回学術奨励賞】 **岩永哲夫** 「カルバゾール骨格を基盤としたらせん状含窒素ナノグラフェンの自在合成と機能開拓」, 公益財団法人UBE学術振興財団, 2025年6月

- 【奨励賞】宮川ゆい, 倉原琳, 竹谷浩介, 田中良法, 平野勝也, 江藤真澄, 新規1型ホスファターゼ調節タンパク質 GBPI は消化管粘膜上皮細胞に発現し、細胞分化(状態)依存的に細胞内局在が変化する, 第76回日本生理学会中国四国地方会, サポート高松, 2024年11月3~4日
- 【奨励賞】赤木徹也, 久野弘明, 趙菲菲, 横田雅司, 三木英資, 古本佳代, 佐伯香織, 朱夏希, 久枝啓一, 江藤真澄, いきものQOLプロジェクト:プロトタイプの改良と研究開発基盤の構築へむけて, OUS フォーラム 2024, 岡山プラザホテル, 2024年11月25日
- 【学部学生ポスター賞】崔炯範, 齋藤文代, 田中良法, 竹谷浩介, 江藤真澄, ヒト臍臓がん細胞の核内に局在するミオシンホスファターゼ阻害タンパク質 CPI-17 の役割, 第67回日本平滑筋学会総会, 東京都立大学荒川キャンパス, 2025年8月22~23日
- 【学部学生ポスター賞】宮川ゆい, 倉原琳, 竹谷浩介, 松井利康, 平野勝也, 江藤真澄, 腸粘膜上皮細胞における CPI-17 類似タンパク質 GBPI を介した新たな PP1 シグナル-細胞分化に依存的な細胞内局在の変化, 第67回日本平滑筋学会総会, 東京都立大学荒川キャンパス, 2025年8月22~23日
- 【優秀ポスター賞】山下 哲生, 古寺 哲幸, 江藤真澄, 木村理沙, 平野勝也, 平滑筋ミオシン軽鎖脱リン酸化酵素サブユニット M20 は MYPT1 を介する 2 量体形成を抑制することにより MYPT1 の自己脱リン酸化を阻害する, 第67回日本平滑筋学会総会, 東京都立大学荒川キャンパス, 2025年8月22~23日
- 【第33回霧島神経薬理フォーラム(最優秀発表賞)】榎本梨世, 寺戸大樹, 橋川成美, 橋川直也, 脳内アミロイドβ蓄積がマウスのうつ様行動に及ぼす影響, 第33回霧島神経薬理フォーラム 2024年8月18日
- 【第19回日本臨床検査学教育学会学術大会(研究奨励賞)】榎本梨世, 寺戸大樹, 飯間匠海, 黒田宥貴, 都築優衣, 橋川成美, 橋川直也, 抗Aβ抗体投与によるマウスうつ様行動への影響, 第19回日本臨床検査学教育学会学術大会 2024年8月24日
- 【第34回霧島神経薬理フォーラム(最優秀発表賞)】飯間匠海, 大呂正宗, 丹原空良, 小椋真輔, 西本紗奈, 橋川成美, 橋川直也, マウスにおける磁気感覚関連遺伝子の探索, 第34回霧島神経薬理フォーラム 2025年8月10日
- 【第27回活性アミンに関するワークショップ(奨励賞)】石川晴貴, 田中徳乃介, 大平菜月, 橋川直也, 橋川成美, CGRP欠損マウスにおける AAV-CGRP 投与による行動およびドパミン神経への影響, 日本薬理学会, 2025年8月22日
- 【教育功労賞, 岡山大学大学院医歯薬学総合研究科】2025年1月
- 【公益社団法人有機合成化学協会, 東ソー・ファインケム研究企画賞】奥田靖浩, 多環芳香族骨格の迅速構築を指向したアレーニド形成によるパイ拡張化学, 公益社団法人有機合成化学協会, 2024年2月15日.
- 【公益財団法人山陽放送学術文化・スポーツ振興財団, 学術奨励賞】奥田靖浩, 光励起一電子酸化還元種を利用した多環芳香族アミンの有機合成化学, 公益財団法人山陽放送学術文化・スポーツ振興財団, 2024年5月27日.

その他**フロンティア理工学研究所研究員**

牧 祥, “無重力に関する研究紹介”, セタエコナイト, 岡山理科大学 (2024, 7, 3).

親子自然観察教室 ビカリア化石発掘と化石標本作り, 奈義ビカリアミュージアム (2024, 9, 15).

さくらプロジェクト (マプア大学との交流) (2024, 10, 20-26).

タンパク質結晶の構造解析結果の Protein Data Bank へ登録 (2025, 2, 26).

Deposition Author(s): M. Nakabayashi, K. Inaka, M. Fujiwara, M. Hagiwara, **S. Maki**,

8YK6, <https://www.rcsb.org/structure/8YK6>

PDB DOI: <https://doi.org/10.2210/pdb8YK6/pdb>

Classification: PLANT PROTEIN, Organism(s): *Thaumatococcus daniellii*, Mutation(s): No, Deposited:
2024-03-04 Released: 2025-02-26

2025 年からバイオメディカル・ファジィ・システム学会の和文誌編集員として活動 (任期 2 年)

兼務研究員

矢城陽一朗, 研究進捗報告 (岡山理大 Gr), FMO 創薬コンソーシアム第 20 回全体会議, オンライン,
2024 年 12 月 10 日

矢城陽一朗, 核内受容体 PPAR γ 複合体の FMO 計算 (研究進捗報告・岡山理大 Gr), FMO 創薬
コンソーシアム第 21 回全体会議, 大阪, 2025 年 8 月 25 日

岡山理科大学
フロンティア工学研究所研究報告 第7号

2025年12月31日 発行

編集兼
発行所 岡山理科大学フロンティア工学研究所
〒700-0005 岡山市北区理大町1-1
TEL 086(252)3161
FAX 086(256)8480

発行者 赤 司 治 夫

編 集 フットプリントかわの
〒595-0005 大阪府泉大津市森町2-23-2
TEL 0725(34)0165