

ヒト結腸癌由来細胞株を用いて作製した腸管絨毛様構造体の蛍光顕微鏡写真

培養皿上で細胞を集めて小さな凝集塊として培養することで、立体的なミニ臓器を作製することができる。写真は、ヒト結腸癌由来細胞株 (Caco-2) を用いて作製した腸管表面の絨毛様構造体の細胞核を青色蛍光で、Caco-2 が産生する微絨毛のマーカ― (Villin) を緑色蛍光で標識したものである。Caco-2 が整列して絨毛様の凹凸構造を形成し、その表面に微絨毛を産生していることが分かる。

(写真・文 岩井良輔)

[Mo₂O₃S(Tpms)₂] の合成と構造解析

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

2024 年 12 月 25 日受理

[Mo₂O₃S(H₂O)₆]²⁺ と LiTpms の反応から, [Mo₂O₃S(Tpms)₂].2MeOH (黄色粉末) を合成することに成功した. この黄色粉末を, クロロホルム / メタノールから再結晶して得た単結晶を用いて, 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 P2₁/*m* (#11), Lattice parameters; *a* = 12.0678(4) Å, *b* = 8.9443(2) Å, *c* = 27.0907(9) Å, β = 90.664(3)°, *V* = 2923.92(15) Å³, *Z* = 4, *R*₁ = 0.0490, *wR* = 0.0769.

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, 架橋硫黄原子が 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. Mo1 に, Tpms 配位子がピラゾリル環の窒素原子 3 つで配位していたのに対して, Mo2 には, Tpms 配位子のピラゾリル環の窒素原子 2 つと, スルホ基の酸素原子 1 つで配位した, 左右非対称の構造であることが明らかになった.

1. Introduction

我々は, 酸化イオン (O²⁻) が配位したモリブデン (オキソモリブデンイオン) を硫黄, または, 硫黄と酸素原子が架橋したモリブデン複核錯体について, その合成法, 性質および構造に関する研究を行ってきた.¹⁾ 一連の研究の中で, 我々は水溶性のポリピラゾリル化合物である, トリスピラゾリルメタンスルホン酸 (= LiTPMS)²⁾ を配位子とする, 硫黄架橋オキソモリブデン錯体, [Mo₂O₃S₂(Tpms)₂] を合成して, その構造を報告している.³⁾

今回, 硫黄および酸素架橋をもつオキソモリブデン複核錯体, [Mo₂O₃S(H₂O)₆]²⁺⁴⁾ と LiTPMS との反応より, トリスピラゾリルメタンスルホネートを配位子とする [Mo₂O₃S(Tpms)₂] を合成し, その結晶構造解析を行ったので報告する.

2. Experimental

合成

[Mo₂O₃S(Tpms)₂]

この実験は窒素雰囲気下で行った.

[Mo₂O₃S(H₂O)₆]²⁺ (1 M HCl) を減圧下で乾固して得られる, 赤橙色の粉末をメタノールに溶かし, LiTpms のメタノール溶液 (LiTPMS / Mo = 2.5) を加えた. 反応溶液を約 65 °C に加熱しながら攪拌すると黄色粉末が析出した. この黄色粉末をろ過により回収し, クロロホルム中で攪拌し, クロロホルムに溶解しない粉末を取り除いた後, 溶液を減

圧下で乾固すると, 錯体, [Mo₂O₃S(Tpms)₂].2MeOH が得られた (Yield 76%). Anal. Calcd for [Mo₂O₃S(Tpms)₂].2MeOH (C₂₂H₂₆N₁₂Mo₂O₁₁S₃): C, 28.64; H, 2.84; N, 18.22; S, 10.43. Found: C, 28.96; H, 2.61; N, 18.16; S, 10.15%.

この粉末をクロロホルム / メタノールより再結晶すると, 黄色板状結晶の [Mo₂O₃S(Tpms)₂] が得られた.

X 線結晶構造解析

[Mo₂O₃S(Tpms)₂] の結晶を Fluorolube (SIGMA-ALDRICH) でコーティングし, Mounted Cryoloop (HAMPTON RESEARCH 社製) に固定した. X 線回折データの測定は, 岡山理科大学総合機器センターの Rigaku Saturn724 自動 X 線回折計を用いて, Graphite monochromator により単色化した MoKα 線を用いて行った. 測定中は, 吹付低温装置を用いて, 結晶を -180 °C に保った. 構造解析は直接法 (SHELXT)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, 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, Uiso(H) = 1.2Ueq) 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. 単結晶 X 線回折データの処理は CrysAlis^{Pro} を用いて行った.⁶⁾ 分子構造の精密化に関するすべての計算は OLEX² を用いて行った.⁷⁾

3. Results and discussion

$[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ と LiTpms の反応から、 $[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Tpms})_2] \cdot 2\text{MeOH}$ を合成することに成功した。この反応は、窒素雰囲気下で、溶液を 65°C まで加熱しながら行った。このことは $[\text{Mo}_2\text{O}_2\text{S}_2(\text{Tpms})_2]$ が、 $[\text{Mo}_2\text{O}_2\text{S}_2(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ と LiTpms を混ぜるだけで生成したことと対照的である。この結果から、 $[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ は、 $[\text{Mo}_2\text{O}_2\text{S}_2(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ と比べると配位子置換活性が低く、錯体自身も空気酸化を受けやすいことを反映していることが明らかである。

$[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Tpms})_2] \cdot 2\text{MeOH}$ の黄色粉末を、クロロホルム / メタノールから再結晶して得た単結晶を用いて、X線結晶構造解析を行った。

$[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Tpms})_2]$ 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。 $[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Tpms})_2]$ の ORTEP 図を Figure 1 に示した。水素を除く各原子の座標と等方性温度因子 (Atomic coordinates and Biso / Beq) を Table 2, 異方性温度因子 (anisotropic displacement parameters) を Table 3, 各

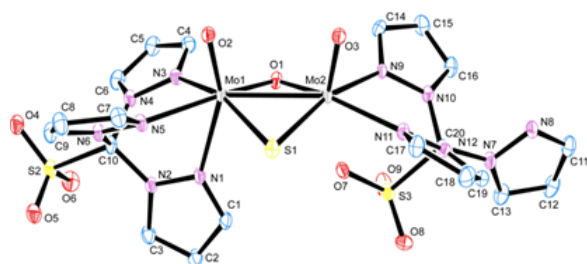


Figure 1. ORTEP drawing of $[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Tpms})_2]$. The thermal ellipsoids are shown at 50% probability level. Hydrogen atoms have been omitted for clarity.

原子間の原子間距離 (Bond lengths (Å)) と結合角 (Bond angles ($^\circ$)) をそれぞれ Table 4 と Table 5 に示している。水素原子の座標と等方性温度因子を Table 6 に示した。

$[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Tpms})_2]$ の単結晶を用いた構造解析の結果、各モリブデン原子には、末端の酸素原子、架橋酸素原子、架橋硫黄原子が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一分子ずつ配位している。Mo1 に、Tpms 配位子がピラゾール環の窒素原子3つで配位していたのに対して、Mo2 には、Tpms 配位子のピラゾール環の窒素原子2つと、スルホ基の酸素原子1つで配位した、左右非対称の構造であることが明らかになった (Figure 1)。これらの配位構造は、 $[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Tpms})_2]$ のモリブデン原子間の距離を $[\text{Mo}_2\text{O}_2\text{S}_2(\text{Tpms})_2]$ の配位構造と類似した構造であった。両方のモリブデン原子にピラゾール環の窒素原子のみで配位した場合、末端の酸素原子のトランス位に配位しているピラゾール環同士の立体反発が大きくなると考えられるため、この立体反発による不安定化を避けるために、片方のモリブデンには、3番目のピラゾール環ではなく、スルホ基の酸素原子で配位したと考えている。

$[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Tpms})_2]$ のモリブデン原子間の距離 (2.6635\AA) と $[\text{Mo}_2\text{O}_2\text{S}_2(\text{Tpms})_2]$ のモリブデン原子間の距離 (2.8351\AA) を比較すると、 $[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Tpms})_2]$ の方が約 0.17\AA 短くなっていることが明らかになった。これは、モリブデン原子を架橋している硫黄原子が、酸素原子に置換されたことによるもので、硫黄原子と酸素原子のファンデルワールス半径の差に起因するものと考えられる。

Table1. Crystal data and structure refinement for [Mo₂O₃S(Tpms)₂].

Empirical formula	C ₂₀ H ₁₈ Mo ₂ N ₁₂ O ₉ S ₃
Formula weight	858.52
Temperature /K	293(2)
Crystal system	monoclinic
Space group	P21/n
a /Å	12.0678(4)
b /Å	8.9443(2)
c /Å	27.0907(9)
β /°	90.664(3)
Volume /Å ³	2923.92(15)
Z	4
ρ calc g/cm ³	1.950
μ /mm ¹	1.144
F(000)	1704.0
Crystal size /mm ³	0.05 × 0.05 × 0.02
Radiation	MoK α (λ = 0.71073)
2 θ range for data collection/°	3.71 to 63.068
Index ranges	-17 ≤ h ≤ 17, -12 ≤ k ≤ 12, -39 ≤ l ≤ 39
Reflections collected	55106
Independent reflections	9263 [Rint = 0.0832, Rsigma = 0.0694]
Data/restraints/parameters	9263/0/483
Goodness-of-fit on F ²	1.050
Final R indexes [I ≥ 2 σ (I)]	R1 = 0.0490, wR2 = 0.0769
Final R indexes [all data]	R1 = 0.0818, wR2 = 0.0851
Largest diff. peak/hole /e Å ⁻³	0.97/-0.71

Table2. Fractional Atomic Coordinates ($\times 10^4$) and Equivalent Isotropic Displacement Parameters ($\text{\AA}^2 \times 10^3$) for $[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Tpms})_2]$. Ueq is defined as 1/3 of the trace of the orthogonalised UIJ tensor.

Atom	x	y	z	U(eq)
Mo(1)	6848.6(2)	5847.7(3)	4748.0(2)	11.46(6)
Mo(2)	7229.8(2)	5407.1(3)	5707.4(2)	11.54(7)
S(1)	8407.1(7)	4644.5(9)	5079.3(3)	16.36(17)
S(2)	8839.0(7)	8071.7(9)	6321.3(3)	16.96(18)
S(3)	7186.0(8)	9342.0(9)	3170.5(3)	17.09(17)
O(1)	5904.9(19)	4492(2)	4644.3(8)	14.9(5)
O(2)	6371.8(19)	3969(2)	5800.8(8)	15.5(5)
O(3)	6391.4(19)	6844(2)	5337.5(8)	14.8(5)
O(4)	6212(2)	8918(3)	2891.6(8)	20.5(5)
O(5)	8225(2)	8905(3)	2961.0(8)	19.7(5)
O(6)	7157(2)	10828(3)	3375.2(9)	23.1(5)
O(7)	8410(2)	7346(3)	5869.1(8)	18.2(5)
O(8)	10009(2)	7904(3)	6381.8(9)	25.2(6)
O(9)	8372(2)	9521(3)	6403.1(9)	28.4(6)
N(1)	8088(2)	7715(3)	4526.5(9)	16.4(6)
N(2)	7997(2)	8472(3)	4087.1(9)	14.5(6)
N(3)	5855(2)	7655(3)	4428.6(9)	14.7(6)
N(4)	6037(2)	8364(3)	3987.7(9)	15.0(6)
N(5)	7360(2)	5479(3)	3966.6(9)	13.9(6)
N(6)	7199(2)	6531(3)	3602.9(9)	13.7(6)
N(7)	8596(2)	7226(3)	7294.3(10)	16.9(6)
N(8)	8225(2)	6324(3)	7668.1(10)	18.6(6)
N(9)	6511(2)	6546(3)	6344.3(9)	12.6(5)
N(10)	7050(2)	6884(3)	6774.7(9)	13.8(6)
N(11)	8381(2)	4560(3)	6285.5(9)	14.4(6)
N(12)	8687(2)	5324(3)	6702.5(9)	12.5(5)
C(1)	9020(3)	8197(4)	4733.7(12)	19.6(7)
C(2)	9530(3)	9265(4)	4441.1(12)	21.9(8)
C(3)	8867(3)	9413(4)	4032.5(12)	20.3(7)
C(4)	4970(3)	8305(4)	4617.5(12)	16.3(7)
C(5)	4583(3)	9455(4)	4310.7(13)	19.5(7)
C(6)	5285(3)	9476(4)	3921.6(13)	19.9(7)
C(7)	7527(3)	4189(4)	3733.5(12)	17.2(7)
C(8)	7475(3)	4395(4)	3222.4(12)	20.7(8)
C(9)	7260(3)	5867(4)	3150.8(12)	18.4(7)
C(10)	7100(3)	8109(3)	3743.1(11)	14.5(7)
C(11)	8518(3)	7051(4)	8071.9(13)	21.0(8)
C(12)	9066(3)	8384(4)	7971.6(13)	23.7(8)
C(13)	9098(3)	8493(4)	7468.4(13)	20.4(8)
C(14)	5453(3)	6888(4)	6416.6(12)	15.8(7)
C(15)	5312(3)	7470(4)	6889.2(13)	20.3(8)
C(16)	6341(3)	7476(4)	7101.9(12)	18.8(7)
C(17)	9009(3)	3332(4)	6284.6(12)	19.3(7)
C(18)	9744(3)	3329(4)	6686.3(13)	20.9(8)
C(19)	9534(3)	4615(4)	6938.1(12)	16.2(7)
C(20)	8259(3)	6823(3)	6805.3(11)	13.3(6)

Table3. Anisotropic Displacement Parameters (Å²×10³) for [Mo₂O₃S(Tpms)₂]. The Anisotropic displacement factor exponent takes the form: -2π²[h²a²U₁₁+2hka*b*U₁₂+...].

Atom	U11	U22	U33	U23	U13	U12
Mo(1)	16.56(15)	9.65(12)	8.12(12)	0.68(10)	-1.33(10)	-2.06(11)
Mo(2)	16.15(15)	10.44(12)	8.00(12)	0.35(10)	-1.38(10)	-1.30(11)
S(1)	19.6(4)	17.1(4)	12.4(4)	0.0(3)	-0.8(3)	2.5(3)
S(2)	26.0(5)	13.3(4)	11.6(4)	1.9(3)	-1.4(3)	-7.2(3)
S(3)	26.5(5)	12.6(4)	12.1(4)	4.6(3)	-1.1(3)	-1.2(3)
O(1)	19.1(12)	14.2(11)	11.4(10)	1.6(8)	-1.9(9)	-3.3(9)
O(2)	20.0(13)	14.7(11)	11.9(11)	1.1(9)	-2.3(9)	-3.8(10)
O(3)	19.8(13)	15.1(11)	9.4(10)	-1.2(8)	-2.5(9)	0.1(10)
O(4)	28.9(14)	19.6(12)	13.0(11)	4.3(9)	-2.9(10)	-2.1(11)
O(5)	26.0(14)	18.6(12)	14.4(11)	5.2(9)	-0.3(10)	-0.3(10)
O(6)	33.7(15)	13.0(11)	22.5(13)	4.2(10)	-1.2(11)	-2.3(11)
O(7)	23.6(13)	20.1(12)	10.8(11)	1.6(9)	0.5(9)	-8.5(10)
O(8)	22.7(14)	31.2(15)	21.5(13)	6.5(11)	-1.5(11)	-14.6(12)
O(9)	52.8(18)	12.6(12)	19.9(13)	1.4(10)	0.6(12)	-1.4(12)
N(1)	23.2(16)	17.0(14)	8.9(12)	2.8(10)	-1.7(11)	-4.7(12)
N(2)	20.6(16)	12.9(13)	10.1(12)	2.0(10)	-1.6(11)	-4.4(11)
N(3)	21.1(16)	11.7(13)	11.3(12)	0.9(10)	-0.9(11)	-3.1(11)
N(4)	21.6(16)	13.1(13)	10.4(12)	2.6(10)	-0.8(11)	0.3(11)
N(5)	21.5(15)	9.9(12)	10.4(12)	2.4(10)	0.3(11)	-1.7(11)
N(6)	21.2(16)	9.4(12)	10.6(12)	1.2(10)	-0.4(11)	0.5(11)
N(7)	24.4(16)	16.8(14)	9.5(13)	-0.6(10)	-2.0(11)	-2.6(12)
N(8)	22.0(16)	23.3(15)	10.3(13)	2.8(11)	-1.7(11)	-2.4(12)
N(9)	17.8(15)	12.6(13)	7.5(12)	1.4(10)	-2.0(10)	-2.7(11)
N(10)	19.7(15)	12.9(13)	8.8(12)	-1.4(10)	-1.3(11)	0.9(11)
N(11)	18.7(15)	14.4(13)	9.9(12)	0.0(10)	-2.0(11)	-0.9(11)
N(12)	13.5(14)	13.3(13)	10.7(12)	0.4(10)	-1.2(10)	-1.5(11)
C(1)	25(2)	23.9(18)	9.8(15)	-1.2(13)	-2.9(14)	-8.2(15)
C(2)	29(2)	23.0(18)	13.6(16)	-1.8(13)	-2.4(14)	-14.7(16)
C(3)	31(2)	16.4(17)	13.4(16)	2.1(13)	-0.6(14)	-8.6(15)
C(4)	21.1(19)	13.7(15)	14.2(15)	-2.2(12)	0.0(13)	-1.1(13)
C(5)	26(2)	14.8(16)	18.1(16)	0.4(13)	-3.6(14)	4.5(15)
C(6)	29(2)	13.8(16)	16.7(16)	1.0(13)	-4.5(14)	2.5(14)
C(7)	23.8(19)	12.0(15)	15.8(15)	0.3(13)	1.5(13)	0.3(14)
C(8)	34(2)	15.4(17)	13.1(16)	-1.5(13)	1.7(14)	-2.4(15)
C(9)	29(2)	16.8(16)	9.7(14)	-1.4(13)	-1.0(13)	-2.8(15)
C(10)	25.4(19)	8.3(14)	9.7(14)	1.9(11)	-2.8(13)	-1.4(13)
C(11)	25(2)	26.3(19)	11.5(16)	-3.1(14)	-1.5(14)	8.2(16)
C(12)	33(2)	20.6(18)	16.9(17)	-8.8(14)	-8.2(16)	6.2(16)
C(13)	30(2)	14.7(16)	16.8(16)	-3.4(13)	-5.5(15)	1.9(15)
C(14)	17.7(18)	14.4(16)	15.2(16)	1.1(12)	-5.4(13)	1.1(13)
C(15)	24(2)	21.1(18)	15.8(17)	-0.8(14)	3.3(15)	9.4(15)
C(16)	27(2)	18.5(17)	11.2(15)	-2.7(13)	-2.0(14)	5.1(15)
C(17)	25(2)	17.2(17)	15.2(16)	-0.7(13)	-2.5(14)	4.9(15)
C(18)	21(2)	21.0(18)	21.1(18)	4.3(14)	-3.2(15)	6.7(15)
C(19)	15.5(17)	19.9(16)	13.1(15)	3.8(13)	-2.3(13)	-1.4(14)
C(20)	17.3(17)	11.8(14)	10.8(14)	-1.2(11)	-3.1(12)	-3.5(13)

Table4. Bond Lengths for [Mo₂O₃S(Tpms)₂].

Atom	Atom	Length /Å	Atom	Atom	Length /Å
Mo(1)	Mo(2)	2.6635(4)	N(5)	N(6)	1.374(3)
Mo(1)	S(1)	2.3370(9)	N(5)	C(7)	1.331(4)
Mo(1)	O(1)	1.685(2)	N(6)	C(9)	1.364(4)
Mo(1)	O(3)	1.915(2)	N(6)	C(10)	1.467(4)
Mo(1)	N(1)	2.325(3)	N(7)	N(8)	1.374(4)
Mo(1)	N(3)	2.185(3)	N(7)	C(13)	1.366(4)
Mo(1)	N(5)	2.236(3)	N(7)	C(20)	1.428(4)
Mo(2)	S(1)	2.3313(9)	N(8)	C(11)	1.317(4)
Mo(2)	O(2)	1.673(2)	N(9)	N(10)	1.362(3)
Mo(2)	O(3)	1.912(2)	N(9)	C(14)	1.330(4)
Mo(2)	O(7)	2.283(2)	N(10)	C(16)	1.348(4)
Mo(2)	N(9)	2.191(3)	N(10)	C(20)	1.462(4)
Mo(2)	N(11)	2.215(3)	N(11)	N(12)	1.367(3)
S(2)	O(7)	1.475(2)	N(11)	C(17)	1.334(4)
S(2)	O(8)	1.428(3)	N(12)	C(19)	1.356(4)
S(2)	O(9)	1.432(3)	N(12)	C(20)	1.464(4)
S(2)	C(20)	1.865(3)	C(1)	C(2)	1.389(5)
S(3)	O(4)	1.441(3)	C(2)	C(3)	1.365(5)
S(3)	O(5)	1.436(3)	C(4)	C(5)	1.399(5)
S(3)	O(6)	1.441(3)	C(5)	C(6)	1.359(5)
S(3)	C(10)	1.907(3)	C(7)	C(8)	1.397(5)
N(1)	N(2)	1.373(3)	C(8)	C(9)	1.356(5)
N(1)	C(1)	1.324(4)	C(11)	C(12)	1.392(6)
N(2)	C(3)	1.355(4)	C(12)	C(13)	1.368(5)
N(2)	C(10)	1.457(4)	C(14)	C(15)	1.394(5)
N(3)	N(4)	1.372(3)	C(15)	C(16)	1.363(5)
N(3)	C(4)	1.324(4)	C(17)	C(18)	1.395(5)
N(4)	C(6)	1.357(4)	C(18)	C(19)	1.363(5)
N(4)	C(10)	1.468(4)			

Table5. Bond Angles for [Mo₂O₃S(Tpms)₂].

Atom	Atom	Atom	Angle /°	Atom	Atom	Atom	Angle /°
S(1)	Mo(1)	Mo(2)	55.11(2)	C(3)	N(2)	N(1)	110.3(3)
O(1)	Mo(1)	Mo(2)	99.49(7)	C(3)	N(2)	C(10)	129.8(3)
O(1)	Mo(1)	S(1)	105.78(8)	N(4)	N(3)	Mo(1)	126.4(2)
O(1)	Mo(1)	O(3)	105.85(10)	C(4)	N(3)	Mo(1)	127.8(2)
O(1)	Mo(1)	N(1)	155.42(10)	C(4)	N(3)	N(4)	105.8(3)
O(1)	Mo(1)	N(3)	95.74(10)	N(3)	N(4)	C(10)	118.1(3)
O(1)	Mo(1)	N(5)	85.95(10)	C(6)	N(4)	N(3)	109.9(3)
O(3)	Mo(1)	Mo(2)	45.84(7)	C(6)	N(4)	C(10)	129.9(3)
O(3)	Mo(1)	S(1)	97.60(7)	N(6)	N(5)	Mo(1)	122.65(19)
O(3)	Mo(1)	N(1)	94.21(10)	C(7)	N(5)	Mo(1)	128.4(2)
O(3)	Mo(1)	N(3)	79.86(10)	C(7)	N(5)	N(6)	105.9(3)
O(3)	Mo(1)	N(5)	160.59(9)	N(5)	N(6)	C(10)	119.0(2)

Table5. Bond Angles for [Mo₂O₃S(Tpms)₂] (continued).

Atom	Atom	Atom	Angle /°	Atom	Atom	Atom	Angle /°
N(1)	Mo(1)	Mo(2)	104.70(6)	C(9)	N(6)	N(5)	109.7(3)
N(1)	Mo(1)	S(1)	84.99(7)	C(9)	N(6)	C(10)	131.0(3)
N(3)	Mo(1)	Mo(2)	125.70(7)	N(8)	N(7)	C(20)	116.3(3)
N(3)	Mo(1)	S(1)	158.13(8)	C(13)	N(7)	N(8)	112.3(3)
N(3)	Mo(1)	N(1)	73.62(10)	C(13)	N(7)	C(20)	130.6(3)
N(3)	Mo(1)	N(5)	83.71(10)	C(11)	N(8)	N(7)	103.6(3)
N(5)	Mo(1)	Mo(2)	148.81(7)	N(10)	N(9)	Mo(2)	126.0(2)
N(5)	Mo(1)	S(1)	93.79(7)	C(14)	N(9)	Mo(2)	127.8(2)
N(5)	Mo(1)	N(1)	71.12(9)	C(14)	N(9)	N(10)	105.8(3)
S(1)	Mo(2)	Mo(1)	55.31(2)	N(9)	N(10)	C(20)	120.4(2)
O(2)	Mo(2)	Mo(1)	99.28(7)	C(16)	N(10)	N(9)	110.5(3)
O(2)	Mo(2)	S(1)	105.60(8)	C(16)	N(10)	C(20)	128.2(3)
O(2)	Mo(2)	O(3)	105.75(10)	N(12)	N(11)	Mo(2)	125.0(2)
O(2)	Mo(2)	O(7)	160.23(9)	C(17)	N(11)	Mo(2)	129.2(2)
O(2)	Mo(2)	N(9)	89.27(10)	C(17)	N(11)	N(12)	105.4(3)
O(2)	Mo(2)	N(11)	90.82(10)	N(11)	N(12)	C(20)	121.5(2)
O(3)	Mo(2)	Mo(1)	45.96(6)	C(19)	N(12)	N(11)	110.5(3)
O(3)	Mo(2)	S(1)	97.90(7)	C(19)	N(12)	C(20)	127.2(3)
O(3)	Mo(2)	O(7)	85.13(9)	N(1)	C(1)	C(2)	111.2(3)
O(3)	Mo(2)	N(9)	83.59(9)	C(3)	C(2)	C(1)	105.7(3)
O(3)	Mo(2)	N(11)	157.55(10)	N(2)	C(3)	C(2)	107.4(3)
O(7)	Mo(2)	Mo(1)	100.09(6)	N(3)	C(4)	C(5)	111.0(3)
O(7)	Mo(2)	S(1)	88.76(6)	C(6)	C(5)	C(4)	105.4(3)
N(9)	Mo(2)	Mo(1)	129.35(7)	N(4)	C(6)	C(5)	108.0(3)
N(9)	Mo(2)	S(1)	163.90(7)	N(5)	C(7)	C(8)	110.5(3)
N(9)	Mo(2)	O(7)	75.36(9)	C(9)	C(8)	C(7)	106.0(3)
N(9)	Mo(2)	N(11)	81.55(10)	C(8)	C(9)	N(6)	107.8(3)
N(11)	Mo(2)	Mo(1)	147.17(7)	N(2)	C(10)	S(3)	110.1(2)
N(11)	Mo(2)	S(1)	91.91(7)	N(2)	C(10)	N(4)	108.9(2)
N(11)	Mo(2)	O(7)	74.90(9)	N(2)	C(10)	N(6)	108.5(3)
Mo(2)	S(1)	Mo(1)	69.58(3)	N(4)	C(10)	S(3)	109.5(2)
O(7)	S(2)	C(20)	100.91(13)	N(6)	C(10)	S(3)	109.9(2)
O(8)	S(2)	O(7)	112.74(15)	N(6)	C(10)	N(4)	109.9(3)
O(8)	S(2)	O(9)	117.88(17)	N(8)	C(11)	C(12)	112.6(3)
O(8)	S(2)	C(20)	103.62(15)	C(13)	C(12)	C(11)	105.9(3)
O(9)	S(2)	O(7)	113.07(15)	N(7)	C(13)	C(12)	105.5(3)
O(9)	S(2)	C(20)	106.38(15)	N(9)	C(14)	C(15)	110.4(3)
O(4)	S(3)	C(10)	102.85(14)	C(16)	C(15)	C(14)	105.6(3)
O(5)	S(3)	O(4)	115.59(15)	N(10)	C(16)	C(15)	107.6(3)
O(5)	S(3)	O(6)	115.33(15)	N(11)	C(17)	C(18)	110.8(3)
O(5)	S(3)	C(10)	102.72(14)	C(19)	C(18)	C(17)	105.6(3)
O(6)	S(3)	O(4)	114.94(15)	N(12)	C(19)	C(18)	107.6(3)
O(6)	S(3)	C(10)	102.63(14)	N(7)	C(20)	S(2)	113.3(2)
Mo(2)	O(3)	Mo(1)	88.20(9)	N(7)	C(20)	N(10)	108.5(3)
S(2)	O(7)	Mo(2)	134.90(13)	N(7)	C(20)	N(12)	108.1(3)
N(2)	N(1)	Mo(1)	122.2(2)	N(10)	C(20)	S(2)	108.7(2)
C(1)	N(1)	Mo(1)	132.1(2)	N(10)	C(20)	N(12)	112.2(2)
C(1)	N(1)	N(2)	105.4(3)	N(12)	C(20)	S(2)	106.2(2)
N(1)	N(2)	C(10)	119.7(3)				

Table6. Hydrogen Atom Coordinates ($\text{\AA}\times 10^4$) and Isotropic Displacement Parameters ($\text{\AA}^2\times 10^3$) for $\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Tpms})_2$].

Atom	x	y	z	U(eq)
H(1)	9280(30)	7790(40)	5048(13)	18(9)
H(2)	10180(30)	9730(40)	4496(13)	20(10)
H(3)	8960(30)	10010(40)	3780(13)	16(9)
H(4)	4647.64	8033.21	4914.53	20
H(5)	3960(30)	10070(40)	4348(12)	8(8)
H(6)	5270(30)	10050(40)	3627(14)	26(11)
H(7)	7700(30)	3350(50)	3925(14)	29(11)
H(8)	7560(30)	3690(40)	2985(13)	15(9)
H(9)	7180(30)	6430(40)	2866(13)	18(10)
H(11)	8410(40)	6670(50)	8341(16)	39(13)
H(12)	9310(30)	9020(40)	8192(14)	24(10)
H(13)	9370(30)	9240(40)	7243(12)	10(9)
H(14)	5000(30)	6730(40)	6171(13)	13(9)
H(15)	4690(30)	7760(40)	7016(13)	13(9)
H(16)	6600(30)	7760(40)	7405(13)	16(9)
H(17)	8950(30)	2640(40)	6034(13)	17(9)
H(18)	10200(30)	2610(40)	6758(13)	21(10)
H(19)	9850(30)	5000(40)	7212(14)	22(10)

4. References

- 1) Shibahara, Takashi; Akashi, Haruo; Toupadakis, Andreas; Coucouvanis, Dimitri, *Inorganic Syntheses* (1992), 29, 254-60.
- 2) Klaui, Wolfgang; Berghahn, Michael; Rheinwald, Gerd; Lang, Heinrich, *Angewandte Chemie, International Edition* (2000), 39(14), 2464-2466.
- 3) 下瀬さちえ; 赤司治夫, 自然科学研究所研究報告, 岡山理科大学 (2007), 33, 3-11
- 4) T. Shibahara and H. Akashi, *Inorganic Syntheses*, 1992, 29, 254-260.
- 5) Sheldrick, G. M., *Acta Cryst.*, 2015, A71, 3-8.
- 6) CrysAlisPRO, Oxford Diffraction/Agilent Technologies UK Ltd, Yarnton, England.
- 7) Dolomanov, O. V., Bourhis, L. J., Gildea, R. J., Howard, J. A. K., Puschmann, H., *J. Appl. Cryst.*, 2009, 42, 339-341.

Preparation and X-ray structure determination of $[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Tpms})_2]$

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

The reaction of $[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ with LiTpms successfully yielded $[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Tpms})_2]\cdot 2\text{MeOH}$ as a yellow powder. Single crystals suitable for X-ray crystallographic analysis were obtained by recrystallization of the yellow powder from a chloroform/methanol solvent. The crystallographic data are as follows: crystal system, monoclinic; space group, $P2_1/m$ (#11); lattice parameters: $a = 12.0678(4)$ Å, $b = 8.9443(2)$ Å, $c = 27.0907(9)$ Å, $\beta = 90.664(3)^\circ$, $V = 2923.92(15)$ Å³, $Z = 4$; $R_I = 0.0490$, $wR = 0.0769$.

The X-ray structure analysis revealed that each molybdenum atom is coordinated by one terminal oxygen atom, one bridging oxygen atom, and one bridging sulfur atom, in addition to a single tris(pyrazolyl)methanesulfonate (Tpms) ligand. Mo1 is coordinated by three nitrogen atoms from the pyrazolyl rings of the Tpms ligand, while Mo2 exhibits an asymmetric coordination structure involving two nitrogen atoms from the pyrazolyl rings and one oxygen atom from the sulfonate group of the Tpms ligand.

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

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

2024 年 12 月 25 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、対象物の表面に多様な機能を付与できる機能性薄膜である。その卓越した特性に加えて高い膜設計の自由度から、多岐にわたる分野で応用されており、今後も用途の多様化や活用拡大が期待される¹⁻⁴⁾。

一方で、複雑かつ高機能な膜を設計する必要が増す中、要求性能を満たす DLC 膜を実現するには、膜構造の詳細な解析と、それに基づく膜設計・成膜プロセスの最適化が不可欠である。しかし、膨大なパラメータの組み合わせから最適条件を見いだすには、多大な時間とコストを要する。そこで、研究開発プロセスを DX (Digital Transformation) 化し、データサイエンスを駆使してそれらのプロセスを効率的に進めることが有効と考えられる。

膜構造解析の高精度化・効率化に向けては、Chemometrics(計量化学)の適用が有効である。これは、化学データの解析に統計的・数学的手法を用いて有用な情報を抽出するアプローチを指す⁵⁾。DLC 膜の化学構造を迅速かつ非破壊で把握する手段として、ラマン分光が広く活用されている⁶⁻⁹⁾。スペクトル解析では、G バンドと D バンドの 2 ピーク分離解析が主流だが、いずれのバンドもグラファイト構造に由来するため、得られる情報に限界がある。これに対し、本研究グループが提唱している N、D、G⁻、G⁺、D' の 5 つのバンドを用いる 5 ピーク分離解析では、sp³ C-C 結合比率の情報も含め、より詳細な情報抽出が可能である¹⁰⁻¹³⁾。さらに、Chemometrics の適用によりスペクトル解析の自動化や解析精度の向上にも成功しており、適用の拡大が期待されている^{13,14)}。

また、材料開発やプロセス最適化を加速する手段として、MI(Materials Informatics) や PI(Process Informatics) が注目されており、情報処理技術を駆使してデータに基づいて設計や解析の最適化を効率よく進められるという点から、今後の DLC 膜研究の発展に重要な役割を果たすと考えられる^{15,16)}。

ここで、ラマンスペクトルを用いた DLC 膜の物性予測に目を向けると、スペクトル解析パラメータを説明変数とする研究例が多い^{17,18)}。一方、D.R.Tallant らは、1990 年代に部分的最小二乗(Partial Least Squares; PLS) 回帰を用いて DLC 膜のラマンスペクトルから膜密度を予測している¹⁹⁾。この手法は、スペクトルデータを物性予測に直接使用できるため、MI や PI との親和性が高いと考えられる。PLS 回帰は 1966 年に提唱され、Chemometrics の領域で活用されてきた多変量解析手法であり、サンプル数よりも説明変数が多い場合でも高精度なモデルを構築でき、スペクトルデータとの相性がよいとされる²⁰⁻²²⁾。現在では多くの分野に応用が広がっており、入力変数の最適化法の提案など、継続的な性能向上が図られている^{23,24)}。しかしながら、DLC 膜のラマンスペクトルに PLS 回帰を適用した物性予測に関しては、精度向上や MI/PI の枠組みへの応用を意識した研究例は、ほとんど見当たらない。

以上の背景から、本研究では、DLC 膜の研究開発プロセスの効率化と高精度化をさらに推進することを目的に、ラマンスペクトルから得られる情報とデータサイエンスを組み合わせ、膜構造解析と物性予測の新たなアプローチを試みた。その成果を報告し、DLC 膜開発への応用可能性や今後の展望について考察する。

2. 実験方法

本研究では、新たに開発したスパッタ支援プラズマ CVD 成膜装置を用いて DLC 膜を作製した。成膜には、同装置の RF-CVD(Radio Frequency Chemical Vapor Deposition) 機能を使用した。図 1 に RF-CVD 法の模式図、表 1 に主な成膜条件を示す。DLC 膜の成膜条件は、圧力を 0.5 ~ 5 Pa、RF 出力を 30 ~ 110 W、CH₄ 流量を 5 sccm、成膜時間を 28 min. とした。

続いて、成膜した DLC 膜の膜密度とラマンスペクトルを測定した。膜密度は、X 線反射率測定法(X-Ray Reflectivity; XRR) で求め、ラマンスペクトルは顕微ラマン分光装置(Nicolet Almega XR, Thermo Fisher

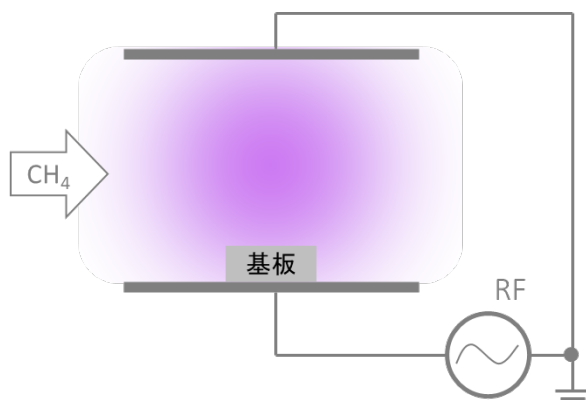


図1 RF-CVD法の模式図

表1 成膜条件

Pressure [Pa]	0.5, 1, 2, 3, 4, 5
RF power output [W]	30, 50, 70, 90, 110
CH4 gas flow rate [sccm]	5

Scientific) を用い、励起波長 532 nm で取得した。

その後、独自開発のPythonプログラムを用いて、ラマンスペクトルの5ピーク分離解析を行った。そして、 N 、 D 、 G^- 、 G^+ 、 D' の各バンドのピークフィッティングパラメータに基づいて膜構造を解析し、最新の5ピーク分離解析の適用効果を検討した。

さらに、膜密度を例にとり、ラマンスペクトルからの物性予測を行った。ここでは、取得した合計 27 本のラマンスペクトルデータのうち、21 本のスペクトルを学習用に、残り 6 本のスペクトルをモデルの検証に用いた。前処理として、すべてのラマンスペクトルデータにバックグラウンド除去と標準化を施した。PLS 回帰には、NIPALS(Non-linear Iterative Partial Least Squares) アルゴリズムを用い、サンプル数が限られる状況でもモデルの汎化性能を評価できるよう K -分割交差検証を行った²⁰⁾。ここで、予測精度の向上を図るアプローチとして、ラマンスペクトルの各波数における強度と膜密度との相関分析を行い、その結果をもとに PLS 回帰に輸入する変数を選択することを検討した。そして、変数選択を介さない通常の PLS 回帰との比較を通して、膜物性の予測精度の向上効果の評価した。

3. 実験結果と考察

3-1. データサイエンスを適用した膜構造解析

図 2(a) に、成膜条件に対する膜密度のヒートマップを示す。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 1 ~ 2 Pa の領域は正常な成膜が得られず、膜密度データを取得できなかったためグレーで示してある。膜密度は RF 出力 30 W、圧力 2 Pa 付近で最大となり、この点から条件が遠ざか

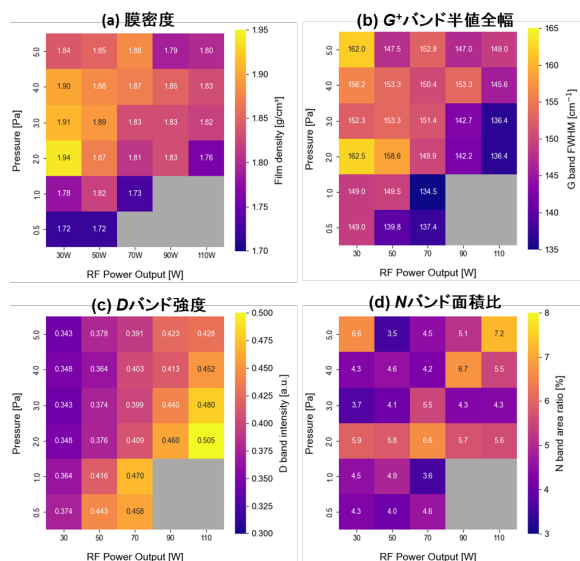


図2 膜密度と5ピーク分離解析パラメータの比較

るほど膜密度が低下する傾向が確認された。

次に、ラマン分光法による DLC 膜の化学構造分析を行った。各バンドのピーク位置、強度、面積比、FWHM などの主要パラメータと膜密度との相関を分析した結果、 D バンド強度と G^+ バンドの FWHM が重要な指標として抽出された。現行の5ピーク分離解析では、従来手動操作に起因して生じやすかったばらつきが自動化により抑えられ、解析結果の安定性が向上している¹⁴⁾。この利点を活かし、図 2(b,c,d) に従来は活用しづらかったヒートマップ表示を用いてパラメータの分布を可視化した。ここでは、 D バンド強度と G^+ バンドの FWHM に加え、先行研究で sp^3 C-C 結合比率との相関が報告されている N バンド面積比の分布を示している¹³⁾。膜密度分布と比較すると、膜密度は D バンド強度と負の相関を示し、 G^+ バンドの FWHM とは正の相関を示し、一方で、 N バンド面積比との明確な相関は顕在化していないことがわかる。これらの結果から、本研究で成膜した DLC 膜では、膜密度の変化は、グラファイト構造の影響をより強く受けており、アモルファス性が高く構造欠陥が少ないほど高密度化しやすいことが示唆された。

以上の結果より、Chemometrics を適用して精度と効率を高めたラマンスペクトルの5ピーク分離解析と、パラメータの相関分析、新たな可視化手法を組み合わせることで、膜物性と膜構造との関連性を従来よりも効率的に把握できる可能性が示された。

3-2. ラマンスペクトルからの物性予測

図 3 に、各成膜サンプルのラマンスペクトル(各波数における強度)と膜密度との相関分析結果を示す。およそ 1180 ~ 1620 cm^{-1} の波数領域でスペクトル強度と膜

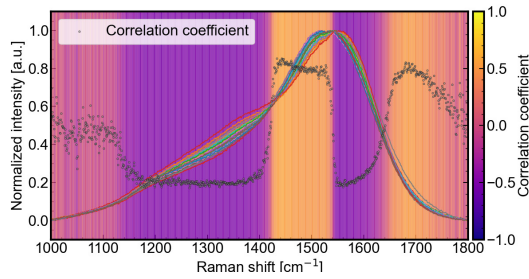


図3 ラマンスペクトルと膜密度の相関分析結果

密度の間に比較的高い相関係数が認められる。この領域は N 、 D 、 G^- 、 G^+ 、 D' の各バンドが位置する波数領域と一致している。一方で、その外側の領域では、スペクトル強度と膜密度の相関係数は低下することがわかる。この結果から、本研究で成膜した DLC 膜のラマンスペクトルと膜密度の関係に対して、線形回帰の適用が有効であることが示唆された。また、PLS 回帰に用いる変数を、各ラマンバンドの FWHM に相当する波数領域のスペクトル強度に絞こむこととした。

図4は、変数選択を行わずに、通常の PLS 回帰を用いて構築した膜密度予測モデルの予測値と実測値の関係を示している。さらに、図5には、各バンドの FWHM をもとに変数選択を行って PLS 回帰を適用した際の、膜密度予測モデルの検証結果を示す。両図を

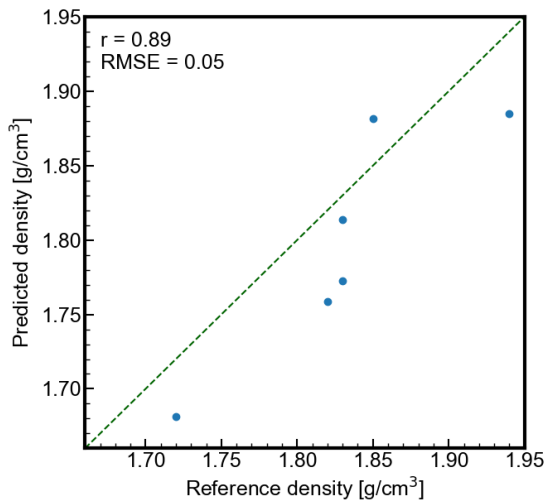


図4 PLS回帰のみによる膜密度の予測値と実測値

比較すると、変数選択を適用したモデルのほうが膜密度をより高精度に予測できていることがわかる。なお、FWHM はラマンスペクトルの自動解析によって導かれるため、予測モデルの構築において効率や客観性が損なわれることはない。

これをもとに、ラマンスペクトルデータ駆動による膜設計や成膜プロセスの最適化が可能となる。

図6は、本研究の手法で構築した膜密度予測モデル

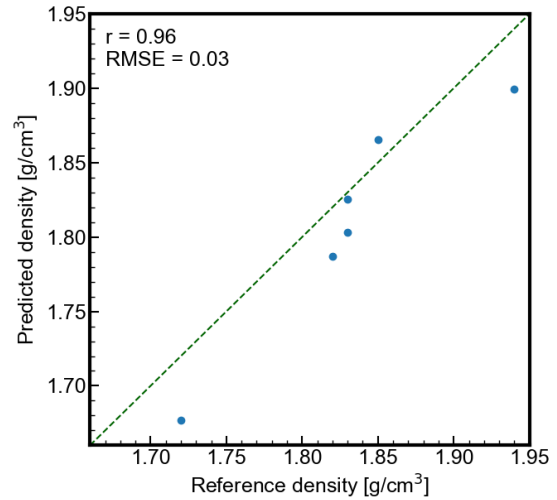


図5 変数選択+PLS回帰による膜密度の予測値と実測値

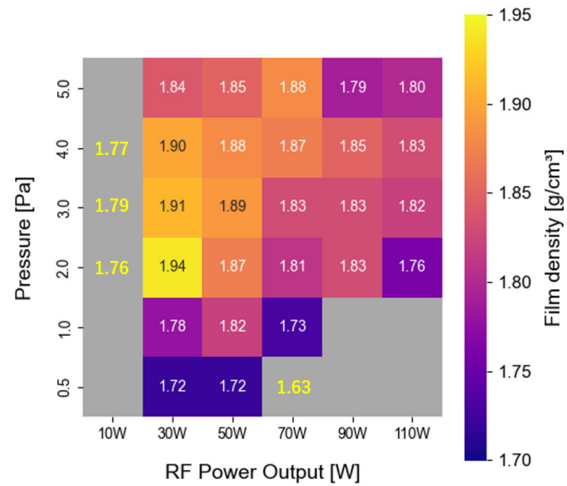


図6 未知サンプルの膜密度推定への活用例
(黄色字の数値が膜密度の予測値)

を用いて、図2の成膜条件範囲外で成膜した DLC 膜の膜密度を推定した結果を示している。

図中で、黄色で示した数値が膜密度の予測値にあたる。実測値との比較で矛盾のない数値が得られていることがわかる。

以上の結果から、ラマンスペクトル5ピーク分離解析を活用した変数選択と PLS 回帰を組み合わせることで、従来よりも高精度に膜物性を予測できる可能性が示された。近年ますます高性能化しているラマン分光測定との融合や、他の物性への適用拡大により、DLC 膜の研究開発効率や性能向上に寄与すると考えられる。

4. 結言

本研究では、DLC 膜のラマンスペクトルを活用した膜構造解析と特性予測へのデータサイエンス適用の可能性を検討した。その結果、5ピーク分離解析

の自動化やヒートマップによる可視化手法により、膜構造と膜物性の相関を容易に把握できることが明らかとなった。さらに、PLS 回帰に5ピーク分離解析から得られたFWHM値を活用した変数選択法を組み合わせることで、DLC膜の物性予測の精度をさらに向上できることを明らかにした。これらの知見は、DLC膜の研究開発プロセスにおけるDXの有効性を裏付けるものであり、DLC膜の用途拡大や性能向上に寄与し得ると考えられる。

参考文献

- 1) T. Nakatani et al., Journal of Photopolymer Science and Technology, 20, (2007), pp. 221-228.
- 2) Y. Mabuchi et al., SAE Technical Paper, 2007-01-1752, (2007)..
- 3) M. Nakaya et al., Coatings, 5, (2015), pp.987-1001.
- 4) D.K.Rajak, et al., Applied Science, 11, (2021), 4445.
- 5) S. Wold, Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 30, (1995), pp.109-115.
- 6) J. Robertson, Materials Science and Engineering: R: Reports, 37, (2002), pp. 129-281.
- 7) A. C. Ferrari, Diamond and Related Materials, 11, (2002), pp. 1053-1061.
- 8) C. Casiraghi et al., Diamond and Related Materials, 14, (2005), pp. 1098-1102.
- 9) F. C. Tai et al., Journal of Raman Spectroscopy, 40, (2009), pp. 1055-1059.
- 10) S. Takabayashi et al., Surface and Coatings Technology, 330, (2017), pp. 26-33.
- 11) S. Takabayashi et al., Diamond and Related Materials, 81, (2018), pp. 16-26.
- 12) S. Takabayashi et al., Surface and Interface Analysis, 50, (2018), pp. 441-447.
- 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) A.W. Zia et al., Ceramics International, 48,(2022), pp. 36000-36011.
- 16) C. Sauer et al., Lubricants, 10, (2022), 22.
- 17) 崔竣豪 他, トライボロジスト, 58, (2013),.pp. 596-602.
- 18) 崔竣豪 他, トライボロジスト, 62, (2017),.pp. 228-235.
- 19) D.R.Tallant et al., MRS Online Proceedings Library, 498, (1997), pp.37-48.
- 20) H. Wold, Journal of Applied Probability, 12, (1975), pp.117-142.
- 21) S. Wold et al., Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 58, (2001), pp.109-130.
- 22) S. Wold et al., Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 58, (2001), pp.131-150.
- 23) K.Fujiwara et al., Frontiers in Chemistry, 6, (2018), 171.
- 24) K.Fujiwara et al., Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 118, (2012), pp.109-119

Data Science-Driven Approach Using Raman Spectra for DLC Film Research and Development.

Yoshihisa OSANO^{1,2)}, Tatsuyuki NAKATANI³⁾

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

In this study, we investigated the applicability of data science techniques focused on structural analysis and property prediction based on Raman spectroscopy to improve the efficiency and accuracy of the research and development process of diamond-like carbon (DLC) films. First, we combined chemometric-based five-peak separation analysis of Raman spectra with heat map visualization techniques. This approach allowed us to analyze the relationship between film properties and film structure more quickly and accurately than with conventional methods. Furthermore, we demonstrated that the accuracy of direct prediction of film density from Raman spectra can be improved by using the information obtained from the five-peak decomposition analysis in the variable selection of partial least squares (PLS) regression. This finding has the potential to be extended to other properties such as the sp³ C:C bond ratio. These results demonstrate the effectiveness of digital transformation (DX) in the research and development of DLC films, and are expected to contribute to further improvements and expanded applications of DLC films.

Keywords : diamond-like carbon; Raman spectroscopy; data science; chemometrics; partial least squares

Rock magnetic investigation of two Japanese ceramic coffins: Insights on their magnetic mineralogy and firing temperature

^{1*}Tadahiro Hatakeyama and ²Evdokia Tema

¹*Institute of Frontier Science and Technology, Okayama University of Science, 700-0005 Okayama, Japan*

²*Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Torino, via Valperga Caluso 35, 10125 Torino, Italy*

*Corresponding author

Abstract

In this brief report, we disclose the results obtained from the rock magnetic investigation of two ceramic coffins excavated at the Sada-Nishizuka tumulus in Maniwa City, Okayama Prefecture, Japan. Samples from these coffins were previously used for paleointensity determination (Tema et al., 2023) and for the estimation of the firing temperature through a combination of rock magnetism, thermoluminescence, and X-ray diffraction analysis (Tema et al., 2024). Here, we present a discussion focused on the ceramic coffins No 2 (SADA2) and No 4 (SADA4), which are probably fired at different conditions and temperatures, including new rock magnetic data, not reported in the previous papers. The results of isothermal remanent magnetization acquisition experiments before and after heating in the laboratory showed that one of the coffins was fired at low temperature, showing significant differences in the magnetic properties before and after heating, whereas the other coffin, even though similar to the first one in dimensions and style, was fired at higher temperature, showing only minor variation of the magnetic properties upon heating. The measurement of magnetic properties in low-temperature clearly shows the differences between the two coffins, which were fired at high and low temperatures, and can be used as useful indicator of the mineralogical changes of these ancient artifacts.

1. Introduction

In the Kinai (present-day Osaka, Kyoto and Nara prefectures) and Kibi (present-day Okayama and part of Hiroshima prefectures) regions, coffins made of baked clay, so-called ceramic coffins, were common in the Late Kofun Period (the 6th-7th century). Especially in the Kibi region (Mimasaka and Bicchu areas), Haji- or Sue-type coffins of various sizes have been excavated in many locations. The Haji-type coffins were fired at relatively low temperatures (800-1000 °C) in an oxidizing kiln, while the Sue-type coffins were fired at high temperatures (1000-1200 °C) in a reducing atmosphere, using a Sue ware kiln. The target of this study is the Sada-Nishizuka tumulus in Maniwa City, Okayama Prefecture, Japan. The mound was most probably constructed and buried in the 7th century AD. Inside the stone chamber, a total of six ceramic coffins were discovered during excavation (Niuro and Mitsumoto, 2001). Two of the coffins, No 2 (SADA2) and No 4 (SADA4), are investigated, with the SADA4 coffin (650-675AD) having an estimated firing temperature higher than 600 °C and a measured paleomagnetic intensity ($45.6 \pm 7.8 \mu\text{T}$), determined using the classical Thellier modified by Coe method (Tema et al., 2023). On the other hand, the paleointensity

investigation of SADA2 ceramic coffin was not possible due to the significant alteration observed during laboratory heating. Most probably, the large alteration observed during the laboratory treatment was caused due to insufficient firing at the past, resulting at unstable magnetic mineralogy during heating. Combined rock magnetic, thermoluminescence (TL) and X-ray diffraction analyses applied in SADA2 coffin showed that it was fired at a low temperature of about 500 °C (Tema et al., 2024).

This report presents some additional rock magnetic data, not published in the previous papers, in order to discuss and compare the magnetic properties of the two coffins, most likely produced under different conditions and firing temperatures.

2. Rock magnetic analyses

2.1 Isothermal remanent magnetization upon heating

The variation of the magnetic properties upon laboratory heating can offer useful information regarding the ancient firing temperature experienced by the ceramics during their production. Tema et al. (2024) used the variation of the magnetic susceptibility as well as the variation of the magnetic moment measured at increasing laboratory heating temperatures in order

to estimate the alteration temperature, which would correspond to the ancient firing temperature reached inside the production kiln. Here, in addition to these analyses, we performed stepwise isothermal remanent magnetization (IRM) measurements repeated before and after laboratory heating for 1h at 600 °C to determine how the type and amount of magnetic minerals changed after heating. This analytical technique allows us to better distinguish relatively weak ferromagnetic minerals such as hematite ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), which are not well visible in magnetization under an applied high magnetic field. Magnetite (Fe_3O_4), the iron oxide most commonly found in rocks and earthenware, has a higher magnetization, magnetic susceptibility, and residual magnetization per unit volume than hematite and other iron oxides, but the magnetite/hematite ratio of remanent magnetization is lower than that of other magnetic quantities, so it is useful to use remanent magnetization to detect hematite magnetically (Hunt et al., 1995; Dunlop and Özdemir, 1997; Dunlop, 2002).

The samples were made by crushing and grinding the pieces of the ceramic coffin, and the amount of powder used for each measurement was 40 to 50 mg. The IRM measurements were performed at $T=300\text{K}$ using the MPMS (Magnetic Property Measurement System) owned by the Research Instruments Center, Okayama University of Science. In order to identify the types of magnetic minerals, first, a magnetic field of -5T was applied in the axial direction and returned to zero, and then the remanent magnetization was measured. Next, a magnetic field was applied in the range of $+1\text{mT}$ to $+5\text{T}$, with logarithmically equal intervals, and the remanent magnetization was measured. During each measurement step, the Reset Magnet command was issued to ensure that no residual magnetic field was present. Then all samples were heated at 600 °C in an electric furnace with magnetic shield and the same IRM measurements were repeated in order to compare the two IRM curves, before and after 600 °C laboratory heating.

2.2 Low-temperature magnetic experiments

Magnetic minerals often show phase transitions at low temperatures, and magnetic measurements with changing temperatures are useful for characterizing the type and behaviour of the present minerals. In this study, the following two types of low-temperature magnetism were analyzed for the ceramic coffin samples SADA2 and SADA4. All measurements were performed with the

MPMS available at the Research Instruments Center, Okayama University of Science.

[1] Magnetization is sequentially measured in the process of thermal demagnetization of remanence after warming from cryogenic temperature, 5K, to the room temperature, 300K. There are two types of remanent magnetization to be applied: (1) isothermal remanent magnetization (ZFC), which is magnetized by cooling in no magnetic field from 300 K to 5 K and then applying 5 T at 5 K. (2) thermal remanent magnetization (FC), which is magnetized by cooling in 5 T from 300 K to 5 K.

[2] Isothermal remanent magnetization is applied under 300 K and 5 T, and the change is measured as the temperature is changed from 300 K to 5 K to 300 K (low-temperature demagnetization).

3. Results

3.1 Magnetic properties variation upon heating

The IRM acquisition curves measured for different pieces collected from the SADA2 and SADA4 ceramic coffins measured before and after heating to 600 °C are shown in Figure 1. The cumulative remanent magnetization is the value of magnetization at each step minus the IRM magnetized at -5T , and the incremental value is the difference between each step. The most prominent peak in the incremental value graphs of both samples is that of magnetite. The presence of magnetite is also confirmed by thermomagnetic analysis (see Fig. 2a and 2c in Tema et al., 2024). Magnetite has the strongest and most pronounced magnetization per volume in both magnetization measurements at high magnetic field and remanent magnetization measurements at zero magnetic field. It is also identified as the most prominent component in the stepwise thermal demagnetization of natural remanent magnetization (Fig. A1e and A1f in Tema et al., 2024). The pre- and post-heating changes of the two minerals show quite different aspects.

In SADA4, which is expected to have been fired at a higher temperature than 600 °C (Tema et al., 2023), the magnetite peak slightly decreases before and after heating, but its position (remanent coercivity) remains the same. In contrast, in SADA2, which is expected to be fired at around 500°C, the peak increases significantly after heating, and the position of the peak increases from about 14 mT to about 18 mT. In SADA4, the originally existing magnetite was somewhat oxidized by the laboratory heating of the powder sample and transformed into a less magnetic sample such as hematite, and the

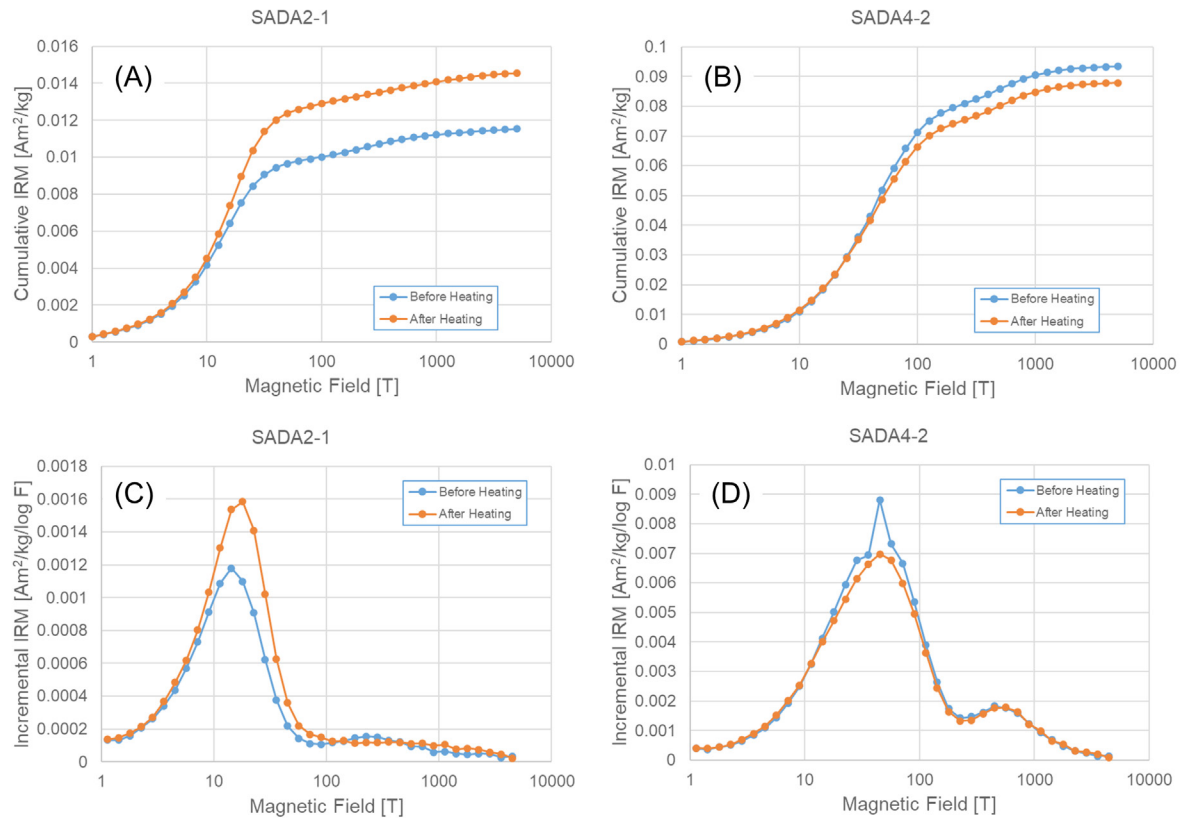


Figure 1: Isothermal remanent magnetization (IRM) acquisition curves obtained before and after laboratory heating at 600 C for SADA2 and SADA 4ceramic coffins. (A) and (B) show the cumulative IRM and (C) and (D) are their increments. The spike seen at the top of the graph is the result of a relatively large error caused by the measured magnetization passing near zero.

height of this peak simply decreased. On the other hand, in SADA2, the amount of magnetite increased and the average particle size also changed. This is thought to correspond to the large increase in magnetization at 500°C in the thermomagnetic analysis shown in the original paper (Fig. 2a and 2c in Tema et al., 2024), as the iron contained in the sample other than magnetite was oxidized to magnetite. The shift in the position of the peak is considered to be due to a slight annealing from the fine grains (single domain particles) as they crystallized, resulting in a slight coarsening of the grains.

Next, magnetic minerals with high remanent coercivity are discussed. A secondary peak is observed between 500 and 700 mT in SADA4 (Fig. 1D), which may be due to the presence of minor hematite, a magnetic mineral that is stable at high temperatures. The peak is almost the same before and after heating, but there is a slight increase on the high coercivity side of the peak, suggesting the influence of oxidation of magnetite due to heating in the laboratory. On the other hand, the

high remanent coercive force component shown by the isothermal remanent magnetization curve of SADA2 is a little more complicated. A peak is seen around 200-300 mT before heating, but this peak weakens after heating. Instead, a peak that was rarely seen around 1T before heating continues to show positive values (increments) after heating, connecting with the peak on the left. It is therefore reasonable to assume that the mineral shifted toward a higher remanent coercivity as a result of chemical changes induced by heating in the laboratory at 600°C. What is the ferromagnetic material with a peak in the 200-300 mT range? One possibility is a highly coercive magnetite with a grain size distribution different from that of the main constituent. In particular, the high remanent coercive force means that the particles are among the largest in size in the single domain particle range. This peak shift may be due to oxidation of these particles during heating in the laboratory, transforming them into a highly coercive mineral.

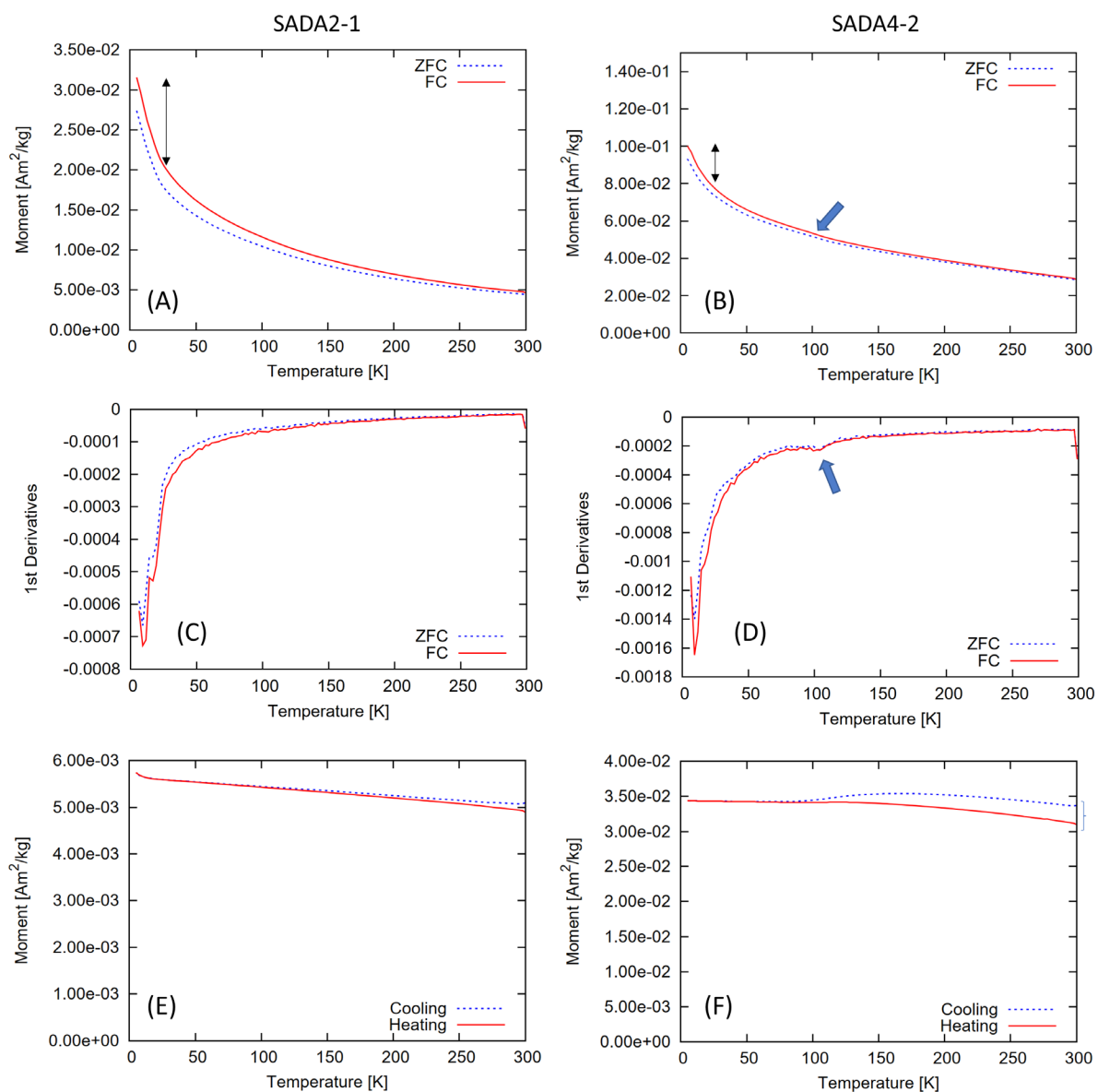


Figure 2: Results of low-temperature magnetic properties of coffins SADA2 and SADA4. Blue (ZFC) and red (FC) lines in (A) and (B) indicate the thermal demagnetization curves of IRM and TRM (thermoremanent magnetization), respectively. (C) and (D) show the difference values of the changes of the magnetization in (A) and (B), respectively. The double-ended arrows indicate a decrease in remanent magnetization at cryogenic temperatures of 5-25 K. The thick arrows indicate the Verwey transition of magnetite, which is slightly observed around 100~105 K which is clearly seen by bending curves in (D). Blue and red lines in (E) and (F) indicate the cooling and heating curves, respectively, of low-temperature demagnetization between 5 and 300K.

3.2. Magnetic mineralogy at low-temperature

Figure 2 shows the results of low temperature experiments performed on SADA2 and SADA4 coffins. In the results of thermal demagnetization [1] for both samples, the FC curves are higher than the ZFC curves, which suggests that the overall magnetite particle size is in a single domain (SD) to pseudo-single domain (PSD) structure (Moskovitz et al., 1993; Kosterov, 2003; Carter-Stiglitz et al., 2006; Sato et al., 2015). On the other hand, two major differences between the two samples, SADA2 (Fig. 2A) and SADA4 (Fig. 2B), were observed in thermal demagnetization curves from low temperatures. The Verwey transition of magnetite is completely absent in SADA2-1, while a slight Verwey transition is observed in SADA4-2 at 100-105 K (see the difference value in Fig. 2D). In general, the Verwey transition tends to be observed when the chemical stoichiometry is good (Dunlop and Özdemir, 1997), and it is assumed that the ceramic coffin of SADA4 was fired at a higher temperature, which reduced the number of vacancies in the crystal, and thus the Verwey transition became more apparent. In addition, the decrease in remanent magnetization in the cryogenic region from 5 K to 25 K is larger in SADA2. This part is thought to be caused by ultra-fine magnetite particles which show superparamagnetism (SP) at room temperature. In other words, it is reasonable to assume that fine magnetite particles with SP to SD regions are first crystallized during the firing of the clay, and then become larger and purer during the firing process.

The results of low-temperature demagnetization measurements in the lower part of Fig. 2 suggest that the drop in magnetization before and after low-temperature demagnetization indicates the amount of multidomain particles with large particle size among the magnetite. This drop-off is almost negligible in SADA2 (Fig. 2E), while a little is observed in SADA4 (Fig. 2F). In other words, SADA4 is considered to contain more particles that are closer to multidomains (MD), a result that supports the annealing process described above. Moreover, in the result of SADA2 sample, a drop in remanent magnetization due to the SP grains in the room temperature is observed in the cryogenic region as well as the drop in Fig. 2 (A).

4. Conclusions

The results of rock magnetic measurements on two ceramic coffins excavated from within the stone

chamber of the Sada-Nishizuka tumulus showed that iron-containing minerals changed before and after the laboratory heating at 600°C in the No. 2 ceramic coffin (SADA2), but not significantly in the No. 4 ceramic coffin (SADA4). This supports the results of previous studies suggesting that SADA4 was fired at a higher temperature, whereas SADA2 was fired at a lower temperature than 600°C. Taken together with the results of the low-temperature magnetometry measurements, it can be inferred that a relatively fine-grained magnetite was formed from the low-temperature firing for the raw clay and that the magnetite particles were annealed to become coarse-grained as they were fired at higher temperatures.

Combined with rock magnetic measurements, further mineralogical investigations and luminescence measurements, can be useful to examine the various stages of the transformation from clay to ceramic that took place during the production of large ceramic artifacts, such as the ceramic coffins.

Acknowledgements

This study was partially financed by the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme under the Marie Skłodowska-Curie RISE Action 'BEYOND ARCHAEOLOGY: An advanced approach linking East to West through Science, Field archaeology and Interactive Museum Experiences' project (Grant agreement no. 823826, E.T.). This study is also supported JSPS KAKENHI grants (no. 21K00994 and 24H00105, T.H.). Prof. Naoko Matsumoto and Prof. Jun Mitsumoto (Okayama University) are warmly acknowledged for providing the samples and for their continuous and fruitful collaboration.

References

- Carter-Stiglitz, B., Moskovitz, B., Solheid, P., Berquó, T.S., Jackson, M., Kosterov, A., 2006, Low-temperature magnetic behavior of multidomain titanomagnetites: TM0, TM16, and TM35, *J. geophys. Res.*, 111, B12S05, <https://doi.org/10.1029/2006JB004561>
- Dunlop, D.J., Özdemir, Ö., 1997, *Rock Magnetism*, Cambridge University Press, 573pp.
- Dunlop, D.J., 2002, Theory and application of the Day plot (Mrs/Ms versus Hcr/Hc) 2. Application to data for rocks, sediments, and soils, *J. Geophys. Res.*, 107, B000487, <https://doi.org/10.1029/2001JB000486>
- Hunt, C.P., Moskovitz, B.M., Banerjee, S.K., 1995,

- Magnetic Properties of Rock and Minerals, Rock Physics and Phase Relations, AGU Reference Shelf 3, 189-204
- Kosterov, A., 2003, Low-temperature magnetization and AC susceptibility of magnetite: effect of thermomagnetic history, *Geophys. J. Int.*, 154, 58-71, <https://doi.org/10.1046/j.1365-246X.2003.01938.x>
- Moskowitz, B.M., Frankel, R.B., Bazylinski, D.A., 1993, Rock magnetic criteria for the detection of biogenic magnetite, *Earth planet. Sci. Lett.*, 120, 283-300, [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(93\)90245-5](https://doi.org/10.1016/0012-821X(93)90245-5)
- Niino, I., Mitsumoto J. (eds.), , 2001, Sada Higashizuka and Nishizuka Kofun, Excavation Report, Archaeological Institute of Okayama University and Okayama Prefecture, 410pp. (in Japanese)
- Sato, M., Yamamoto, Y., Nishioka, T., Kodama, K., Mochizuki, N., Usui, Y., Tsunakawa, H., 2015, Pressure effect on magnetic hysteresis parameters of single-domain magnetite contained in natural plagioclase crystal, *Geophys. J. Int.* 202, 394-401, <https://doi.org/10.1093/gji/ggv154>
- Tema. E., Hatakeyama, T., Ferrara, E., Davit, P., Polymeris, G.S., Mitsumoto, J., Matsumoto, N., 2024, 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>
- Tema. E., Santos, Y., Trindade, R., Hartmann, G.A., Hatakeyama, T., Terra-Nova, F., Matsumoto, N., Mitsumoto, J., Gulmini, M., 2023, Archaeointensity record of weak field recurrence in Japan: New data from Late Yayoi and Kofun ceramic artifacts, *Geophys. J. Int.*, 233, 950-963, <https://doi.org/10.1093/gji/ggac498>

陶棺片に対する岩石磁気学的研究：磁性粒子と焼成温度について

^{1*} 畠山 唯達, ² テマ イブドキア

¹ 岡山理科大学フロンティア理工学研究所,

² イタリア, トリノ大学地球科学科

* 責任著者

2024年12月25日受理

本報告では、岡山県真庭市定西古墳出土の陶棺に関する2件の研究、古地磁気強度測定結果(Tema et al., 2023) および岩石磁気・熱ルミネッセンス・X線回折を使用し、陶棺の焼成温度を見積もった研究(Tema et al., 2024) と関連して、論文にて使用しなかった岩石磁気学データを用いて低温と高温での焼成が考えられる2つの陶棺についての考察を行った。実験室内加熱前後における等温残留磁化獲得実験の結果から、低温で焼成されたと考えられる陶棺は加熱前後に顕著な違いを見せたのに対し、高温で焼成されたと考えられる陶棺では違いが小さかった。低温磁性の測定では、2つの陶棺の結果を通して、粘土から焼成される過程での磁鉄鉱粒子の成長を観察した。

本報告では、岡山県真庭市の定西塚古墳から出土した2つの陶棺の岩石磁気測定の結果を報告する。これらの陶棺のサンプルから、古強度測定(Tema et al., 2023) と、岩石磁気学、熱ルミネッセンス法、およびX線回折分析の組み合わせによる焼成温度の推定(Tema et al., 2024) が行われている。ここでは、これまでの論文では報告されていない新しい岩石磁気データも用いて、おそらく異なる条件と温度で焼成されたと考えられる2号陶棺(SADA2) および4号陶棺(SADA4) に焦点を当てた考察を行う。実験室での600°C加熱前後の等温残留磁化(IRM)獲得実験の結果、低温で焼成されたと考えられる陶棺片では加熱前と加熱後で磁気特性に著しい違いが見られたのに対し、高温で焼成されたほうは、同じ土師式陶棺であるにもかかわらず加熱による磁気特性の変化はわずかであった。極低温までの磁気特性の測定は、高温と低温で焼かれた2つの棺の差異を明確に示しており、古代の陶片における鉱物学的変化を示す有益な指標として利用することができることを示している。

Keywords : Rock magnetism, Paleomagnetism, Ceramic Coffin, Haji-ware, Kofun periods in Japan, Sada-Nishi Kofun, MPMS

飛騨変成帯角閃石ミグマタイトの部分溶融反応の予察的検討

松尾晋太郎¹⁾・今山武志¹⁾*

1)岡山理科大学フロンティ理工学研究所

* 責任著者

2024年12月25日受理

日本列島の飛騨帯は、アジア大陸の古地理を理解する上で重要なペルム紀—三畳紀の飛騨変成帯が分布する。本研究では、飛騨変成帯角閃石ミグマタイトの岩石学的研究を実施して、飛騨変成帯における部分溶融の解明を試みた。角閃石ミグマタイトは、流体に富む角閃石の脱水溶融反応を被っており、単斜輝石花崗岩メルトが生成した可能性が高い。角閃石や単斜輝石は薄片・岩石スケールで不均質な化学組成を示し、上記の溶融反応はIタイプの花崗閃緑岩類の再溶融が非平衡におこった可能性がある。今後は、全岩組成による角閃石ミグマタイトの原岩推定、石英チタン温度計による変成温度の推定、放射年代による部分溶融年代を推定して、飛騨帯におけるテクトニクスや熱史のより具体的かつ包括的な理解を目指す。

1. はじめに

大陸地殻の部分溶融は、地殻を流動的にさせ高温変成岩体の上昇を促進させる。そのため、造山帯における部分溶融反応を理解することは、造山帯の上昇過程の解明に繋がるため重要である (Imayama et al., 2012, 2019)。

日本列島の飛騨帯は、原日本 (proto-Japan) の地質帯が広く分布しており、アジア大陸の古地理を理解する上で重要な地質帯とされる (e.g., Oh et al., 2024)。飛騨帯は、ペルム紀—三畳紀とジュラ紀の飛騨花崗岩類、眼球片麻岩類、飛騨片変成帯および宇奈月変成帯から主に構成される (図1)。これらの飛騨帯は、白亜紀の花崗岩類や火山岩類に貫入される。飛騨変成帯は、ペルム紀—三畳紀に高温低圧変成作用を被った片麻岩類が分布し、角閃石ミグマタイトやそれに付随する含単斜輝石優白質花崗岩が報告されている (Cho et al., 2021)。しかし、飛騨変成帯には、変成圧力—温度経路の推定に適したザクロ石を含む変成岩類が少ないこと、複数の熱イベントを被っていることなどから、具体的なテクトニクスや熱史を明らかにした研究例に乏しい。また、単斜輝石メルトを生成する部分溶融反応ははっきりとしていない。本研究では、角閃石ミグマタイトの岩石学的研究から、部分溶融の成因を推定することにより、飛騨帯におけるテクトニクスや熱史を理解することを目的とする。

2. 分析試料

飛騨変成帯の立山地域において、地質調査および試料採取を実施して、採取した岩石試料の偏光顕微



図1 飛騨帯の地質図。From Oh et al. (2024)。

鏡観察を行った。露頭の産状から、角閃石ミグマタイトは、アナテクシスの溶け残り部分に相当することが期待される。角閃石ミグマタイトの鉱物組み合わせは、角閃石 + 斜長石 + 石英 ± アパタイト ± 緑泥

石 \pm イルメナイト \pm ゾイサイトであった。角閃石ミグマタイトの原岩組成は明確ではないが、構成鉱物やそのモード組成から推察すると、堆積岩起源ではなく、沈み込み帯で形成した(Iタイプ)花崗閃緑岩起源の可能性が高い。含単斜輝石花崗岩は、角閃石ミグマタイトを生成したアナテクシスの優白質部分に相当する。含単斜輝石花崗岩は、単斜輝石+石英+斜長石+カリ長石+チタン石 \pm 角閃石から構成される。つまり、上記の原岩推定が正しいとすれば、Iタイプの花崗閃緑岩類の再溶融によることになる。

3. 鉱物組成

電子プローブマイクロアナライザーを用いて、各鉱物の定量化学分析及び角閃石の面分析を行った。鉱物化学組成の分析は、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(JEOL, JXA-8230)を用いて実施した。スポット分析の分析条件は、加速電圧15kV、照射電流12nA、スポット径は約3 μ mで行った。角閃石の面分析は、加速電圧15kV、照射電流25nAで行った(Kawabata et al., 2021)。また、岩石成因論グリッドにより、部分溶融反応の推定を行った。

角閃石ミグマタイトの角閃石は、薄片内でも大きくXMg比が異なり、不均質な組成分布を示し、その化学組成から2種類の角閃石に分類した。角閃石₁は、Al₂O₃、TiO₂、Na₂O値が相対的に高く、MgO値が相対的に低い一方で、角閃石₂はMgO値が高く、Al₂O₃、TiO₂、Na₂O値が低かった。さらに、それぞれの角閃石は、顕著な化学組成累帯構造が見られ、コアからリムへ普通角閃石からアクチノ閃石に変化(SiO₂値が増加)する。一般的には、アクチノ閃石はより低温で成長するため、この累帯化学組成構造は、冷却時に形成された可能性が高い。不均質な角閃石組成の原因については、後に議論する。斜長石は灰曹長石やアンデシンからなる。

優白質花崗岩の単斜輝石は、1試料は主に透輝石、もう1試料は主に普通輝石からなり、岩石ごとに不均質性が観察される。斜長石は灰曹長石やアンデシンからなり、カリ長石は、サニディンからなる。

4. 議論

単斜輝石の生成には角閃石の分解が関与する(Thompson, 2001)。一方、無水で角閃石が分解するには900–950 $^{\circ}$ C以上の高温が必要であるが、おそらく飛騨帯の変成温度はそれより低いため、流体が関与した可能性が高い。例えば、鉱物組み合わせを考慮すると、角閃石+斜長石+石英+水 or 二酸化炭素 = 単斜輝石+メルト(カリ長石+石英+斜

長石)などの反応は、約700 $^{\circ}$ C程度から起こりうる(Weinberg and Hasalova, 2015)。ペルム紀–三畳紀の高温低圧変成作用と同時期には、連続的な花崗岩の貫入が報告されており(図1, Takahashi et al., 2010)、これらの花崗岩貫入イベントが、角閃石ミグマタイトの部分溶融の熱源あるいは溶融温度を低下させた流体の起源に関与する可能性がある。

また、薄片レベルで不均質な角閃石₁と角閃石₂が観察される原因としては、1)火成起源(原岩)の角閃石の残留鉱物、2)複数の熱イベント、3)非平衡部分溶融反応などの可能性が挙げられる。1)および2)の場合は、2つの角閃石_{1,2}の前後関係が組織的に識別できることが期待されるが(例えば、コアとリムの関係)、両者に明確な組織的な違いは見当たらない。また、溶け残り岩の角閃石だけでなく、優白質部の単斜輝石も試料ごとに化学組成が異なることから、部分溶融反応が非平衡に起こったことが支持されるかもしれない。ただし、異なる流体組成により局所的に平衡に部分溶融反応が起きた可能性もあり、より詳細な岩石学的検討が必要である。

5. 今後の方針

上記の飛騨帯角閃石ミグマタイトの部分溶融反応の検討は、多くの作業仮説に基づいているため、今後は実証していく必要がある。角閃石ミグマタイトの原岩がIタイプの花崗閃緑岩か確認するために、全岩化学組成を分析して、その起源について特定していく。流体の関与した角閃石の脱水溶融反応の実体を探るために、石英のチタン濃度から具体的な変成温度を推定する。ジルコンのウラン–鉛年代測定を用いて、部分溶融の年代を高精度で決定する。また、中圧型変成作用を被っている宇奈月帯と高温低圧型の飛騨帯の関連性を詳しく検討する。これらから、飛騨帯におけるテクトニクスや熱史のより具体的かつ包括的な理解を目指す。

引用文献

- Cho, D.-L., Lee, T.-H., Takahashi, Y., Kato, T., Yi, K., Lee, S., and Cheong, A. C.-s., 2021, Zircon U–Pb geochronology and Hf isotope geochemistry of magmatic and metamorphic rocks from the Hida Belt, southwest Japan: *Geoscience Frontiers*, v. 12, no. 4.
- Imayama, T., Takeshita, T., Yi, K., Cho, D.-L., Kitajima, K., Tsutsumi, Y., Kayama, M., Nishido, H., Okumura, T., Yagi, K., Itaya, T., and Sano, Y., 2012, Two-stage partial melting and contrasting cooling history within the Higher Himalayan

Crystalline Sequence in the far-eastern Nepal Himalaya: *Lithos*, v. 134-135, p. 1-22.

Imayama, T., Takeshita, T., Yi, K., and Fukuyama, M., 2019, Early Oligocene partial melting via biotite dehydration melting and prolonged low-pressure-low-temperature metamorphism of the upper High Himalaya Crystalline Sequence in the far east of Nepal: Geological Society, London, Special Publications, v. 481, no. 1, p. 147-173.

Kawabata, R., Imayama, T., Kato, T., Oh, C. W., Horie, K., and Takehara, M., 2021, Multi-stage metamorphic history of the Oki gneisses in Japan: Implications for Paleoproterozoic metamorphism and tectonic correlations in northeastern Asia: *Journal of Metamorphic Geology*, v. 40, no. 2, p. 257-286.

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*, v. 113, p. 1241-1264.

Takahashi, Y., Cho, D.-L., and Kee, W.-S., 2010, Timing of mylonitization in the Funatsu Shear Zone within Hida Belt of southwest Japan: Implications for correlation with the shear zones around the Ogcheon Belt in the Korean Peninsula: *Gondwana Research*, v. 17, no. 1, p. 102-115.

Thompson, P., Harley, S. L., and Carrington, D. P., 2001, The distribution of H₂O-CO₂ between cordierite and granitic melt under fluid-saturated conditions at 5 kbar and 900 °C: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 142, no. 1, p. 107-118.

Weinberg, R. F., and Hasalová, P., 2015, Water-fluxed melting of the continental crust: A review: *Lithos*, v. 212-215, p. 158-188.

Preliminary study on partial melting of amphibole migmatite in the Hida metamorphic belt

Shintaro MATUO¹⁾ · 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

The Hida Belt in Japan includes the Permo-Triassic Hida metamorphic belt, which is crucial for understanding the reconstruction of the Asian continent. Here we conducted a petrological investigation of amphibole migmatite to clarify the processes of partial melting in the Hida metamorphic belt. Our findings suggest that amphibole migmatite experienced fluid-fluxed amphibole dehydration reaction, resulting in the formation of clinopyroxene granitic melt. Amphibole and clinopyroxene exhibit heterogeneous compositions at both thin-section- and rock- scales, implying that the partial melting occurred by non-equilibrium remelting of I-type granodiorites. In the future, we will investigate the origin of amphibole migmatite by analyzing whole-rock compositions, estimating metamorphic temperatures based on Ti-in quartz thermometer, and determining the partial melting event using radiometric dating. These efforts aim to provide comprehensive understanding of the tectonic and thermal history of the Hida Belt.

Keywords : Hida belt; partial melting; amphibole migmatite

ソーマチン結晶の磁場配向のその場観察

牧 祥¹⁾*・萩原政幸²⁾

¹⁾ 岡山理科大学 フロンティア理工学研究所

²⁾ 大阪大学大学院 理学研究科附属先端強磁場科学研究センター

*責任著者

2024年12月25日受理

1. はじめに

ソーマチン^{1,2)}は工業的に有用なタンパク質である。また、純粹に抽出されたソーマチンは肉眼で確認できるほど大きな結晶に成長する特徴があり、構造解析学をはじめ、さまざまな分野で研究試料として使用されるモデルタンパク質でもある³⁾。しかし卵白リゾチーム (HEWL) と比較すると、結晶成長と磁場効果に関する研究は非常に少ないのが実情である。調べた限りでは、全てがキャピラリ内で磁場配向化させた論文が数報あるのみであった⁴⁻⁸⁾。本研究では水平に磁場を印加した無容器条件でソーマチンを結晶成長させ、その成長過程を観察した。本技術は、将来的にはソーマチン結晶の熱物性値計測を実施するうえで欠かせない知見となる。我々は既にソーマチンの磁気浮上結晶成長には成功しており、この成果は2024年11月にPLOS ONEという学術誌に受理された⁹⁾。ソーマチンの磁場配向条件の探索は熱物性値の異方性の研究に重要な意味を有する¹⁰⁾。

2. 実験装置

図1(A)は超電導マグネット (JM TD-6T100EF3、ジャパンスーパーコンダクタテクノロジー株式会社 (JASTEC)) を水平な向きに置いた状態の写真である。本マグネットの最大磁束密度は6.0 Tである。図1(B)は超電導マグネットのボア内に設置された可視化システムである。これらは、(a) 結晶化容器、(b) 温調用ホース、(c) 恒温槽、(d) CCDカメラ (022MINI-5M-f12-DS、アートレイ株式会社)、(e) 鏡、(f) T型熱電対 (Anbe SMT 株式会社)、(g) 光源 (LA-100USW、林レピック株式会社) を組み合わせて独自開発した機器である。図1(C)は同システムの模式図である。図1(D)はボア内の磁束密度ベクトル B の分布である。この分布はビオ・サバルの式を使って実機に即したモデルを三次元数値計算を使って計算した結果である。

結晶化容器 (図1(B)、(C)の(a))は磁束密度が最大

となるマグネットコイル中心に設置した。ボア径は100 mmであるが、恒温槽 (図1(B)の(c))から恒温水を循環させるホース (図1(A)、(C)の(b))を挿入して温度制御させているため、実際に利用できる空間は直径70 mm以下であった。その狭小空間にCCDカメラ (図1(B)、(C)の(d))を固定し、鏡 (図1(B)、(C)の(e))の角度を調整して上方から結晶成長を観察した。結晶成長の様子をカバーガラスを通して液滴全体で観察した。本研究では液滴がカバーガラスに付着するため、いわゆるハンギングドロップ法とよく似た状態になっている。その結果、結晶がドロップの気液界面で無容器状態を維持したまま成長する。

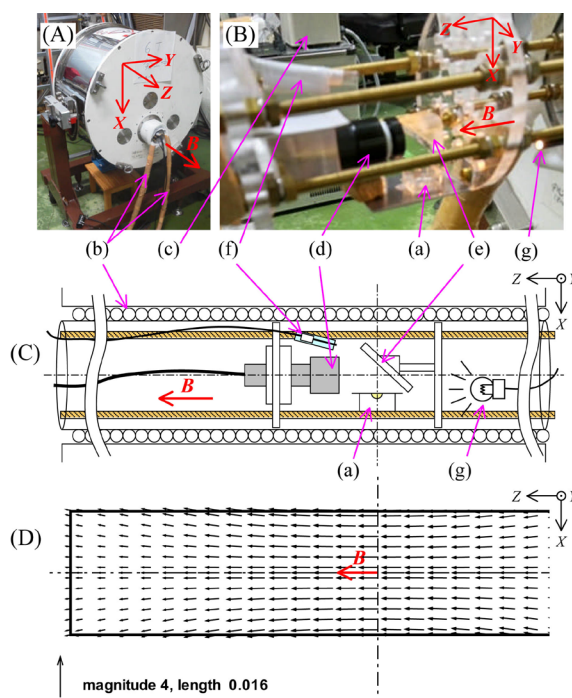


図1. 実験装置概形と模式図. (A) 超電導マグネット JM TD-6T100EF3, (B) 超電導マグネットのボア内に設置された可視化システム, (C) 装置模式図, (D) ボア内の磁束密度ベクトル B の分布 (三次元数値計算で解析). 結晶化容器は磁束密度が最大になるコイル中心に設置した。

3. 結晶化条件

結晶化は、溶解したソーマチン、緩衝液、沈殿剤の3種類の溶液を最適な体積比で混合させて行った。最適比率は事前のスクリーニング実験を通して決定した。スクリーニングの詳細データは論文10に記載している。本研究では、濃度 25 mg/mL (2.5%(w/v)) のソーマチン溶液 175.0 μ L を準備し、それに緩衝液として、0.2 M N-(2-アセトアミド)イミノ二酢酸-NaOH 緩衝液 (pH6.5) と 1.2M 酒石酸カリウムナトリウムと 0.04%NaN₃ が入った緩衝バッファ液 283.5 μ L を加え、さらに、沈殿剤として 0.4 M GdCl₃ 水溶液 70.0 μ L を添加した。結晶化の温度は 20 °C に設定した。

次に、この溶液の液滴(約 3 μ L) を、ハンギングドロップ法と同様にカバーガラスの下に設置し、図 1(B) および 1(C) に示すように、液滴を吊るしたカバーガラスを結晶化容器(1000 μ L) の上部に置いた。溶液を容器の底に、20 μ L の 0.4M GdCl₃ 溶液と 81 μ L の沈殿剤溶液と混合してリザーバーとして設置した。最後に、乾燥を防ぐためにパラフィルムで容器全体を密閉した。

図 1(C) に示しているように、結晶成長過程は透明なカバーガラスの上方から観察した。すべての画像は 10 分ごとに自動的に PC に保存した。結晶化容器はマグネット中心付近に配置し、図 1(D) に示した 6.0 T の定常磁場 (磁束密度) を水平方向に印加した。ポア内の温度は T 型熱電対 (図 1(B) および 1(C) の (f) を使用して自動的に測定した。温度データはデータロガー (NR-1000、株式会社キーエンス) を使用して取得した。

4. 結果

図 2 は結晶成長の経時変化である。図 2 では磁束密度ベクトルが写真上を向いている。図 2(a) は 4 時間後の結晶化の状態を表している。小さな結晶が現れているのがわかる。図 2(b) は 20 時間後の状態である。凹凸のある結晶が大きくはつきりと成長している。これらの結晶は三角形のように見えるが、実際は八面体または両錐体である。成長速度は開始 6 時間後から鈍化し、ほとんど変化しなくなった。図 2(c) は図 2(b) の白色の四角枠内を拡大した写真である。拡大写真を見て判るように、両錐体の結晶が磁場方向に対して配向していることが判る。全ての結晶が最初から配向して成長したことを確認した。先行研究では印加磁場はいずれも 10-11 T であったが、本研究により 6 T でも磁場配向が可能であることが判った。ただし、磁気浮上は見られず、半径方向の磁気力が不十分であることが判った。半径方向の磁気力を使った磁気浮上は HEWL を使って論文 10 で初めて成功したが、ソーマチンの場合には新たな方法の開拓が必要であることが判った。

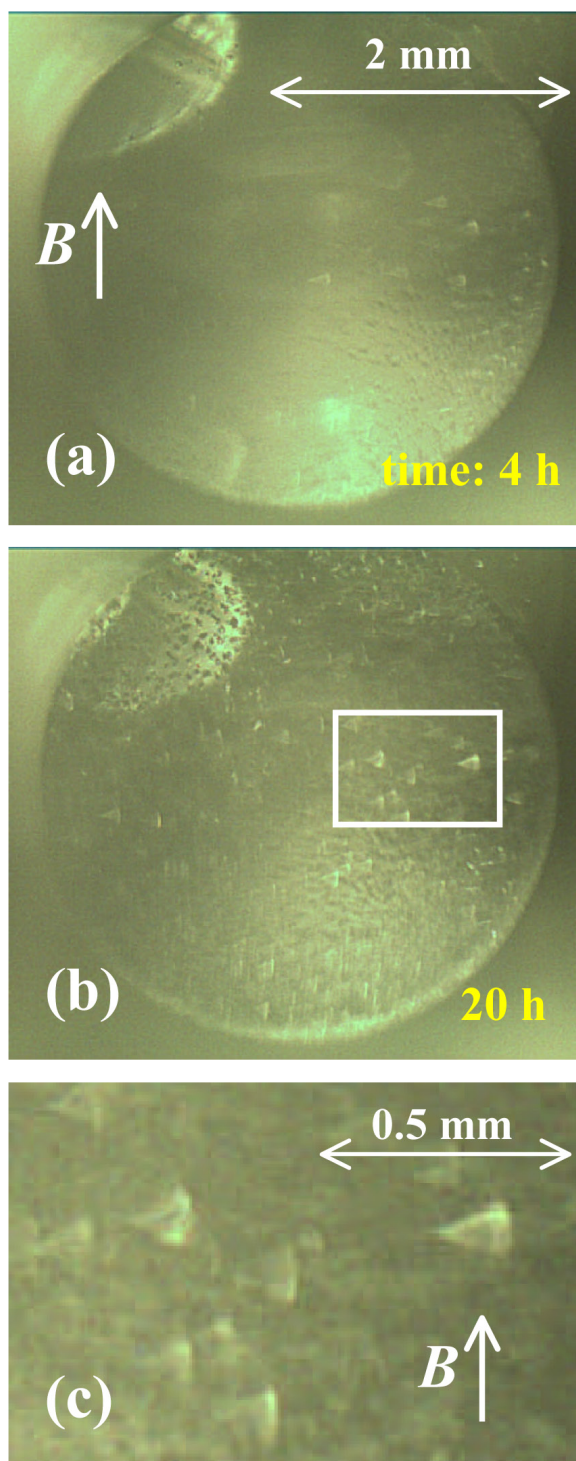


図 2. ソーマチンの磁場配向過程のその場観察. 温度 20 °C, 印加磁束密度 6 T, (a) 4 時間後, (b) 20 時間後, (c) (b) の白枠内の拡大写真. 磁束密度ベクトルに対して両錐体のソーマチン結晶が配向していることが判る.

7. 結論

我々は独自の観察装置を開発し、水平方向に磁場を印加して無容器条件でソーマチンの結晶成長過程をその場観察して時系列で記録した。磁場中で配向させたソーマチン結晶プロセスを直接的に可視化した研究は、おそらくこれが初めてだと思われる。ソーマチンの磁場効果の先行研究は非常に少なく、わずかに10～11 Tの強磁場を使用した研究が知られているだけであったが、本研究により6 Tでも磁場配向が可能であることを実験的に示すことが出来た。本結果は、今後、我々がソーマチンの熱物性値を計測する際の磁場効果を検討する上で貴重な基礎データとなりうる。さ

らに無容器結晶成長の技術の発展に貢献すると期待している。

謝辞

本研究では文部科学省/JSPS 科研費 助成番号 JP15K04669 および助成番号 JP20K04335 の支援を受けた。さらに岡山理科大学フロンティア理工学研究所の研究資金も活用した。装置の製作は岡山理科大学工作センター(サイエンスドリームラボ)の協力を得た。結晶の磁場配向は、東京大学物性研究所の外来研究員制度の支援により、大阪大学大学院理学研究科附属先端強磁場科学研究センターで実施した。

参考文献

1. Van Der Wel, H.; Loeve, K. "Isolation and characterization of thaumatin I and II, the sweet-tasting proteins from *Thaumatococcus daniellii* Benth", *Eur. J. Biochem.* 31, pp. 221–225, (1972).
DOI: 10.1111/j.1432-1033.1972.tb02522.x.
2. B.H. Most, R.J. Summerfield, and M. Boxall, "Tropical plants with sweetening properties physiological and agronomic problems of protected cropping 2. *Thaumatococcus daniellii*". *Econ. Bot.* 32, pp. 321–335 (1978).
<https://link.springer.com/article/10.1007/BF02864706>
3. Protein Data Bank of thaumatin,
DOI:10.2210/pdb1RQW/pdb
4. A. Moreno, B. Quiroz-García, F. Yokaichiya, V. Stojanoff, and P. Rudolph, "Protein crystal growth in gels and stationary magnetic fields", *Cryst. Res. Technol.* 42, No. 3, pp. 231-236 (2007).
DOI: 10.1002/crat.200610805
5. S. Surade, T. Ochi, D. Nietlispach, D. Chirgadze, and A. Moren, "Investigations into protein crystallization in the presence of a strong magnetic field", *Crystal Growth & Design*, 10(2), pp. 691-699, (2010).
DOI: 10.1021/cg901109e
6. E-K. Yan, C-Y. Zhang, J. He, and D-C. Yin, "An Over-view of hardware for protein crystallization in a magnetic field", *Int. J. Mol. Sci.* 17(11), 1906, (2016).
DOI: 10.3390/ijms17111906
7. O. Velásquez-González, V. Stojanoff, "Crystal Growth in Gels from the Mechanisms of Crystal Growth to Control of Polymorphism: New Trends on Theoretical and Ex-perimental Aspects", *Crystals* 9, 443, (2019).
DOI: 10.3390/cryst9090443
8. M. Tataru, T. Okabe, N. Hirota, and I. Yamamoto, "Magnetic field effects of thaumatin crystallized by LLIP method", 7th Int. Conf. Magneto-Science (ICMS2017), P29, Abs. pp. 99-100, Reims, France (2017).
9. 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* (2025), in press.
10. S. Maki, S. Tanaka, K. Miyagi, T. Mori, Y. Isaka, M. Hagiwara, and S. Fujiwara, "Thermal conductivity and thermal diffusivity of lysozyme crystals, the c-axis of which is magnetically orientated along the direction of the probe wire", *Experimental Heat Transfer* 36 (4), (2023).
DOI: 10.1080/08916152.2023.2197903

In situ observation of magnetic orientation on crystal growth of thaumatin

Syou Maki^{1*} and Masayuki Hagiwara^{1,2}

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

²*Center for Advanced High Magnetic Field Science (AHMF),
Graduate School of Science, Osaka University
1-1 Machikaneyama-cho, Toyonaka, Osaka 560-0043, Japan*

*Corresponding author

We developed an observation system and equipment and observed the crystal growth of thaumatin in situ where maintaining a containerless condition on the growth, and applying a magnetic field from the horizontal direction. There has been only a few previous research on the magnetic field effect on thaumatin crystallization, and it was only known that it exhibits orientation in a strong magnetic field of 10-11 T. In this study, we experimentally demonstrated that magnetic orientation is possible even at 6 T.

Keywords :

固有層を含む *in vitro* 腸管吸収モデル作製のための基礎的検討

膝 魯鵬¹⁾・岩井良輔^{1),2)*}

1) 岡山理科大学大学院 理工学研究科自然科学専攻

2) 岡山理科大学フロンティア理工学研究所

* 責任著者

2024年12月25日受理

1. 緒言

腸管は、その内腔の絨毛表面に存在する腸管上皮細胞によって物質を吸収している (Fig. 1A). このような上皮細胞による薬物の吸収は、セルカルチャーインサート (CI) と呼ばれる底面に多孔膜構造を有する培養基材内で腸管上皮細胞への分化能を有するヒト結腸癌由来細胞株 (Caco-2) を培養することで *in vitro* にて評価できる. 具体的には, Caco-2 を CI 内に播種して多孔膜上に隙間のない細胞単層を形成させた後, 薬物を添加する. Caco-2 によって吸収された薬物は多孔膜を通過して CI 下部の培養ウェルに移動する. ここで, ウェル内の薬物を定量することで吸収量が評価できる (Fig. 1B)¹⁻³.

さて, 腸絨毛においては腸管上皮細胞層の直下に固有層と呼ばれる結合組織を有し, そこには間葉系細胞, マクロファージや毛細血管が存在している (Fig. 1A). ここで, 腸管上皮から吸収された物質は固有層を通過して毛細血管に至り体内を巡るため, CI と Caco-2 を用いた *in vitro* 評価モデルにおいても, 固有層の構成成分を加えた方がより生体腸管に近い薬物の吸収評価が可能になると考えられる (Fig. 1C).

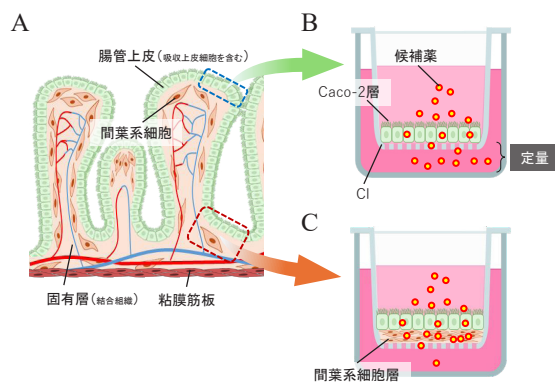


図1 腸絨毛の構造(A)をセルカルチャーインサート(CI)内でヒト結腸癌由来細胞株(Caco-2)を単独培養することで部分的に再現した(B), またはCaco-2と間葉系細胞(C)を共培養することで全体的に再現することを目指した *in vitro* 吸収評価モデル.

そこで, 本研究では固有層様の結合組織を有する腸管吸収モデルの作製に向けた基礎的検討として, CI 内での Caco-2 と間葉系細胞の共培養による固有層様の結合組織の作製を検討することとした.

2. 材料と方法

2.1. 細胞培養

Caco-2(KAC Co., Ltd., Kyoto, Japan) は 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) と 1%L- グルタミン (Fujifilm Wako Pure Chemical Corporation) を添加した Advanced DMEM (Thermo Fisher Scientific) 培地 (Caco-2 培地) を用いて増殖培養し実験に用いた. 間葉系細胞としてラット骨髄液由来間葉系幹細胞 (F344 Rat Mesenchymal Stem Cells With GFP; KAC Co., Ltd.) を 1% PS (Fujifilm Wako Pure Chemical Corporation) を添加した Mesenchymal Stem Cell Growth Medium 2 (Promocell, Heidelberg, Germany) 培地を用いて増殖培養し実験に用いた.

1.0×10^5 cells の Caco-2, または 1.0×10^5 cells の Caco-2 に 1.0×10^5 cells と 4.0×10^5 cells の間葉系幹細胞を混合した細胞懸濁液を, それぞれ 24 ウェルプレート (AGC Techno Glass Co., Ltd., Tokyo, Japan) のウェル内に設置した CI (Falcon® セルカルチャーインサート (ポアサイズ: $0.4 \mu\text{m}$); Corning, NY, USA) 内の多孔膜上に播種し, Caco-2 培地を用いて 14 日間培養した.

2.2. 組織分析

Caco-2 または Caco-2 と間葉系幹細胞を 14 日間養った CI 内の多孔膜部分を切り取り, 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多孔膜に対し垂直方向に約 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、マッソングズトリクローム染色を行い倒立型顕微鏡 (Eclipse Ti2; Nikon Corporation, Tokyo, Japan) を用いて観察した。一方、腸管上皮細胞のマーカーである微絨毛 (Villin) に対する免疫組織化学染色として、再水和した薄切片を 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 anti-villin rabbit polyclonal antibody (1:200; ab120751; Abcam, Cambridge, UK) を添加し 4°C で一晩静置した後、二次抗体として goat anti-rabbit IgG H&L antibody (1:1000; ab150077; 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 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, Tokyo, Japan) を用いて観察した。

3. 結果と考察

Caco-2 単独、および Caco-2 に間葉系幹細胞を混合したいずれの条件においても、細胞は播種 1 時間以内には CI 多孔膜表面上に隙間のない細胞層を形成し、14 日間の培養の間、それらは剥離することなく維持された。薄切片のマッソングズトリクローム染色を行った結果、Caco-2 の細胞層は単層状態であったが (図 2A-1)、Caco-2 と間葉系細胞のから成る細胞層は多層化しており、間葉系幹細胞の混合量が多くなるとその厚みは増加していることが分かった (図 2A-2, A-3)。ここで、Caco-2 と間葉系幹細胞の混合細胞層においては、青色に染まる膠原線維が認められ、間葉系幹細胞によって分泌された膠原線維による結合組織が形成していることが分かった (図 2A-2, A-3)。一方、Caco-2 の腸管上皮層形成の指標である微絨毛は、Caco-2 への間葉系幹細胞混合の有無に関わらず、いずれの細胞層において

も上部表面に途切れなく認められた (図 2B-1, B-2, B-3)。すなわち、Caco-2 は間葉系幹細胞と混合した状態で培養しても、自発的に細胞層の上部表面に局在化し、極性を持った状態で整列することが分かった。このように混合状態であった Caco-2 と間葉系幹細胞が自発的に局在化して、それぞれ上皮層と結合組織を形成する詳細なメカニズムは分かっていない。ここで、Foty らは、異なる細胞種が自発的に集合して細胞凝集塊を形成する際には、細胞種間の接着力の差によって、強い細胞種は中心部に、弱い細胞種は外側に局在化することを報告している⁴。この報告から、本研究においては、間葉系幹細胞の方が Caco-2 よりも細胞間の接着力が強く、CI の多孔膜表面に間葉系幹細胞が接着した後、間葉系幹細胞同士が選択的に接着してことで間葉系幹細胞のみの層が形成し、その上部表面に取り残された Caco-2 が単層を形成した可能性があると考えている。

4. まとめと展望

本研究では、腸管上皮細胞のモデルとして利用される Caco-2 に間葉系幹細胞を混合して CI の多孔膜上で培養するだけで、細胞の自発的な組織化が生じて、極性を持って整列した Caco-2 単層の下層に固有層様の間葉系幹細胞と膠原線維から成る結合組織を形成させ得ることが分かった。

今後は、間葉系幹細胞に加えて、マクロファージや血管構成細胞を混合することで、生体の固有層に近似した組織構造体の構築を進めていく。また、本研究で作製した間葉系幹細胞を含む結合組織様の組織が薬物吸収に及ぼす影響についても検証していく予定である。

参考文献

- 1) Lea T. Caco-2 Cell Line. In: Verhoeckx K, Cotter P, López-Expósito I, et al. The impact of food bioactives on health: in vitro and ex vivo models. Springer. 2015; Chapter10:103-111.

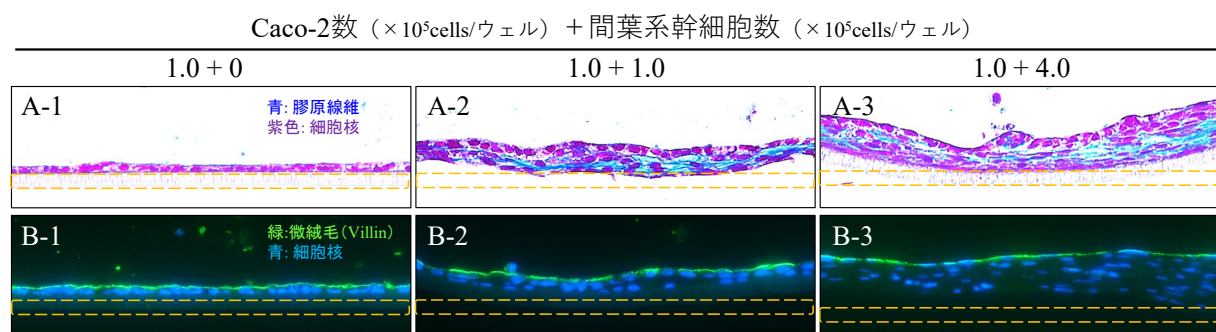


図2 Caco-2 単独 (A-1, B-1) または Caco-2 と間葉系幹細胞 (A-2, A-3, B-2, B-3) を 14 日間培養した CI 内多孔膜の薄切片のマッソングズトリクローム染色像 (A-1, A-2, A-3) および Villin 抗原に対する免疫染色像 (B-1, B-2, B-3)。黄点線枠内: CI。

50 μm

- 2) Kus M, Ibragimow I, Piotrowska-Kempisty H. Caco-2 cell line standardization with pharmaceutical requirements and *in vitro* model suitability for permeability Assays. *Pharmaceutics*. 2023;15(11):2523.
- 3) Panse N, Gerk PM. The Caco-2 model: Modifications and enhancements to improve efficiency and predictive performance. *Int J Pharm*. 2022;624:122004.
- 4) Foty RA, Steinberg MS. The differential adhesion hypothesis: a direct evaluation. *Developmental Biology*. 2005; 278(1):255-263.

Attempts to prepare an intestinal absorption model including the intestinal connective tissue structure.

Lupeng Teng¹ and Ryosuke Iwai^{1,2*}

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

²*Institute of Frontier Science and Technology, Okayama University of Science, 1-1, Ridai-cho, Kita-ku, Okayama, 700-0005, Japan*

*Corresponding author

Construction of the connective tissue structure like a lamina propria containing macrophages, mesenchymal cells and capillaries under a monolayer of human colon adenocarcinoma cell line (Caco-2) *in vitro*, which is used as a model for intestinal absorption epithelial cells, would make it possible to evaluate the dynamics of drugs absorbed by the epithelial cells in the intestinal tissue. In this study, we attempted to induce the formation of connective tissue by co-culturing Caco-2 and mesenchymal stem cells as preliminary investigation for the construction of connective tissue structures similar to the lamina propria. The results obtained by simply culturing a mixture of Caco-2 and mesenchymal stem cells on the porous membrane culture surface in the cell culture inserts showed that spontaneous cell organization occurred, forming a connective tissue composed of mesenchymal stem cells and collagen fibers, similar to the lamina propria, underlying a polarized Caco-2 monolayer. Additional study will be conducted in the future by mixing macrophages and vascular component cells in addition to mesenchymal stem cells to construct tissue structures that resemble the native lamina propria.

Keywords : Caco-2 cell line; Intestinal absorption; *In vitro* culture model; Mesenchymal stem cells

生体試料（毛髪・爪）中の必須及び有害微量元素濃度の測定

猶原 順^{1)*}・北川 幸²⁾

1) 岡山理科大学生命科学部生物科学科

2) 岡山理科大学工学部生命医療工学科

* 責任著者

2024年12月25日受理

1. はじめに

水銀、カドミウム、ヒ素などの有害元素の摂取による慢性暴露により慢性中毒の発症リスクが増加することはよく知られている。有害元素の慢性中毒の例として、水銀の「水俣病」、カドミウムの「イタイイタイ病」などの公害が有名である。また、亜鉛、銅、鉄などの必須微量元素の欠乏による代謝異常が高齢者で多く認められている。例えば、カルシウムの不足による「骨粗鬆症」、亜鉛の不足による「味覚・嗅覚の低下」、銅や鉄の不足で「貧血」等の症状が報告されている^{1, 2, 3, 4)}。

体内の元素濃度の評価に血液や尿が用いられることがあるが、血液や尿では直前の食事や生活習慣などに影響を受けており、数週間から数か月の元素濃度を反映していない。また血液の採取については侵襲である⁵⁾。しかし、毛髪や爪は採集や保存が簡便であり、非侵襲で試料の採集が可能である。また濃度も血液や尿に比べ10～50倍の濃度で検体として非常に安定している。毛髪は約1 cm/月、爪は3～6 mm/月と長期間の元素濃度を反映している。そのため、毛髪や爪中の元素を測定することにより、生活習慣の予防や過剰症、欠乏症の予測や治療経過観察が可能になると考える。

本実験では、高周波プラズマ質量分析計(ICP-MS)を用いて、必須及び有害微量元素の濃度を明らかにした。

2. 実験方法

2-1 試料

毛髪試料と爪試料は採取後、メタノール、蒸留水、超純水(Milli-Q)で洗浄した。高周波プラズマ質量分析計(以下ICP-MSとする)は液体しか測定できないため、各試料をマイクロウェーブ試料分解装置(Multi-wave3000: Anton Paar製)で600 W、150℃、30分間分解した。各試料分解後、DISMIC 25HP(ADVANTEC 0.45 μm)により濾過し、定容と

した。

分解した試料溶液は、高周波プラズマ質量分析計(Inductively coupled plasma-mass spectrometry: ICP-MS)を用い試料中の元素の分析を行った。ICP-MSは、多元素同時分析が可能、迅速な定性・定量、検出下限値 ppt オーダーの高感度分析が可能である。

毛髪試料と爪試料は採取後、メタノール、蒸留水、超純水(Milli-Q)で洗浄した。電子天秤を使用し精秤し試料重量約0.01 gとしたものと硝酸6 mlをテフロン容器に入れ各試料をマイクロウェーブ試料分解装置(Multiwave3000: Anton Paar製)で600 W、150℃、30分間分解した。各試料分解後、DISMIC 25HP(ADVANTEC 0.45 μm)により濾過し、定容した。

分解条件

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

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。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. 実験結果及び考察

3-1 髪・爪中元素濃度

髪元素濃度を図1に爪中元素濃度を図2に示した。毛髪中元素のうちCaは平均値が766 mg/kgであり、Naは平均値が237 mg/kg、Zn、Mg、Fe、Kは200～100 mg/kg、Se、Cu、Alは100～10 mg/kg、Cr、Ag、

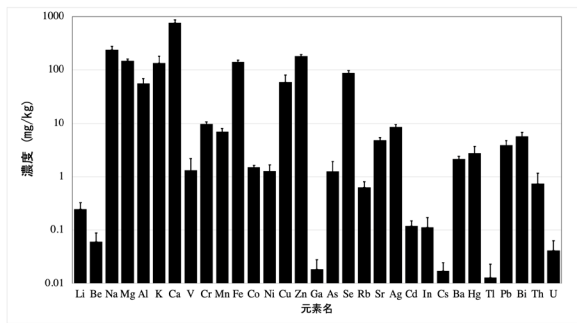


図1 毛髪中元素濃度

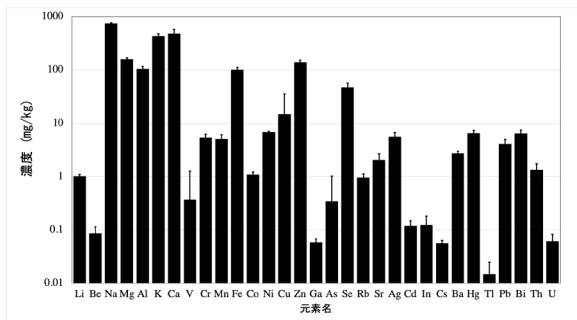


図2 爪中元素濃度

Mn、Bi、Sr、Pb、Hg、Ba、Co、V、Ni、Asは10～1.0 mg/kg、Th、Rb、Li、Cd、Inは1.0～0.1 mg/kg、Be、U、Ga、Cs、Tlは0.1～0.01 mg/kgの範囲であった。爪中元素のうち、Naは平均値が733 mg/kgであり、Ca、Kは500～400 mg/kg、Mg、Zn、Al、Feは200～100 mg/kg、Se、Cuは100～10 mg/kg、Ni、Hg、Bi、Ag、Cr、Mn、Pb、Ba、Sr、Th、Co、Liは10～1.0 mg/kg、Rb、V、As、In、Cdは1.0～0.1 mg/kg、Be、U、Ga、Cs、Tlは0.1～0.01 mg/kgの範囲であった。

CaやNa、Zn、Mg、Kは常量元素のために大きな値であった。有害元素であるCd、Hg、Pb、As、Al、U、Sr、Baは毛髪、爪ともに10～0.1 mg/kgの範囲であった。

3-2 元素の相関関係

髪と爪の元素には相関があるかを調べた。図3～図8より毛髪中元素の相関係数はMg-Ca($r^2=0.75$)、Mg-Sr($r^2=0.69$)、Ca-Sr($r^2=0.66$)と、図8～図13より爪中元素の相関係数はMg-Ca($r^2=0.71$)、Sr-Ba($r^2=0.52$)とやや高い相関係数は認められた。毛髪中、爪中どちらも二族に属している元素で正の相関関係が認められた。これは二族に属している元素はその性質が似ているため相関関係があると考えられる。

3-3 同一人物における毛髪-爪の関係

同一人物における毛髪と爪の必須微量元素濃度を図15に、有害微量元素濃度を図16に示した。図15では、Cr、Zn、Seはほぼ同じ値をとっていたが、Cuは

毛髪の方が多く、Mn、Feは爪の方が高い値であった。図16では爪中のAs、Cd、Ba、Hg、Uが高い値をとっているが、似たような形をとっているのがわかる。

また、分子に(爪中各元素濃度の平均値)、分母に(毛髪中各元素濃度の平均値)をとり平均値の比をとったものを図17に示した。爪中の元素は毛髪と比べ高い濃度を示した元素があり、Ga:24.2、Ni:13.5、In:13.3、Th:10.3が特に高い値をであった。Li、Na、Mg、K、V、Cr、Mn、Fe、Co、As、Rb、Ag、Cd、Cs、Ba、Hg、Pb、Bi、Uは5～1以上であった。Be、Al、Ca、Cu、Zn、Se、Srは1以下であった。

毛髪や爪に含まれる元素のほとんどは経口摂取によるものである。Znは海藻や魚介類などの海産物等に多く含まれている。Alは日本の水道水に多く含まれており、Cdは一部の土壌に多く含まれていることが知られている。食品や飲料の摂取量や頻度が、各個人の毛髪、爪中の元素濃度に影響していると考えられる。

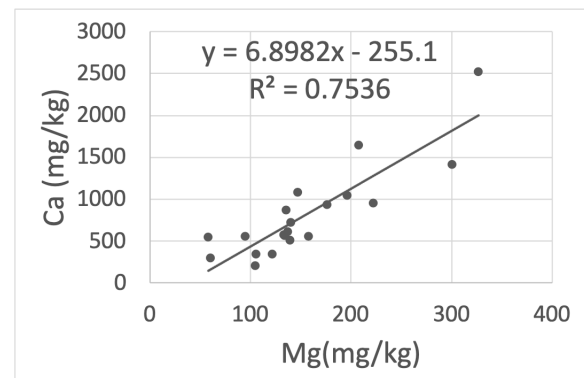


図3 毛髪中Mg-Ca

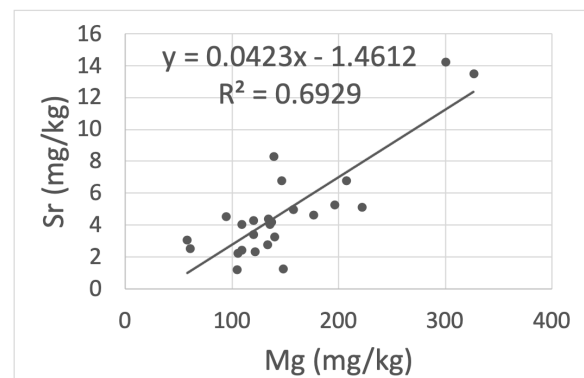


図4 毛髪中Mg-Sr

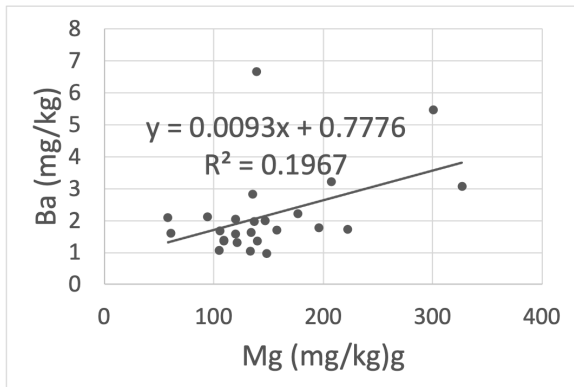


図5 毛髪中Mg-Ba

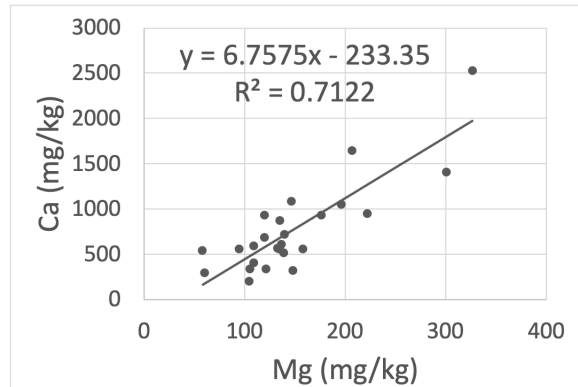


図9 爪中Mg-Ca

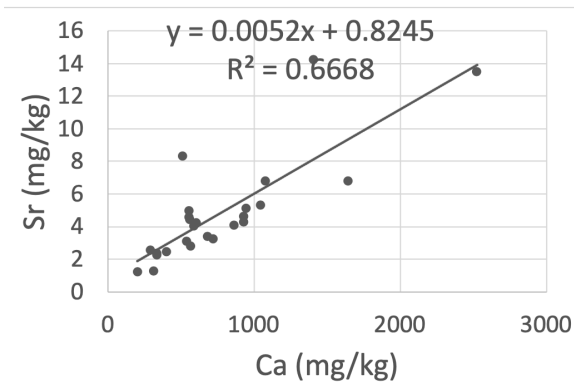


図6 毛髪中Ca-Sr

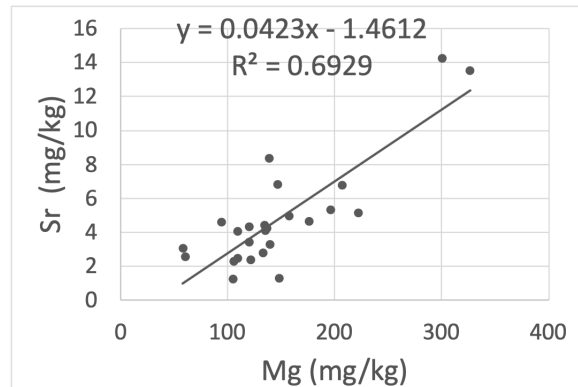


図10 爪中Mg-Sr

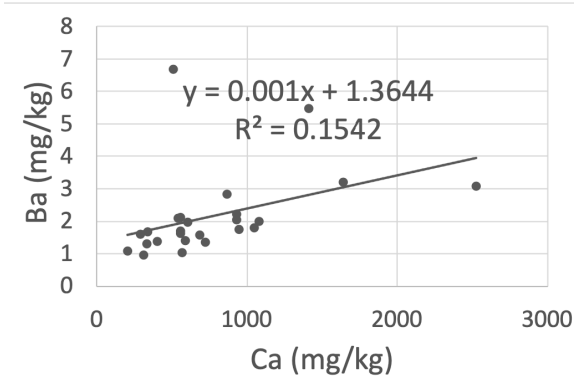


図7 毛髪中Ca-Ba

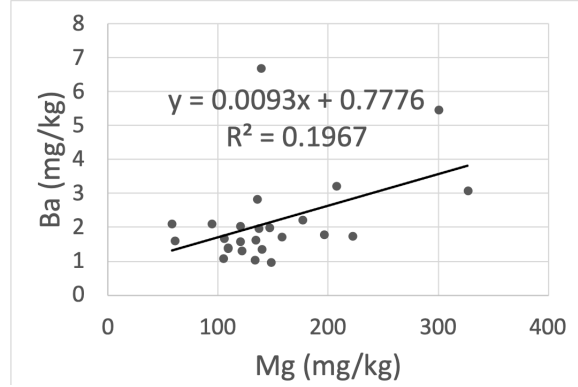


図11 爪中Mg-Ba

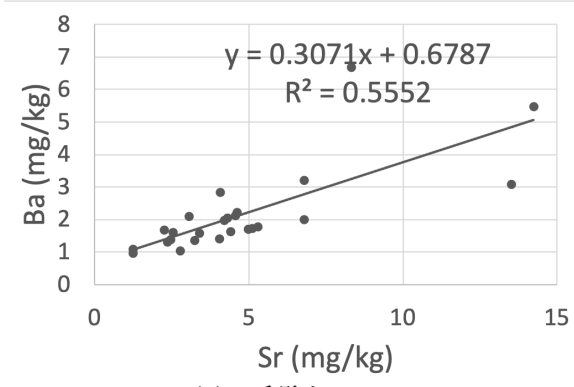


図8 毛髪中Sr-Ba

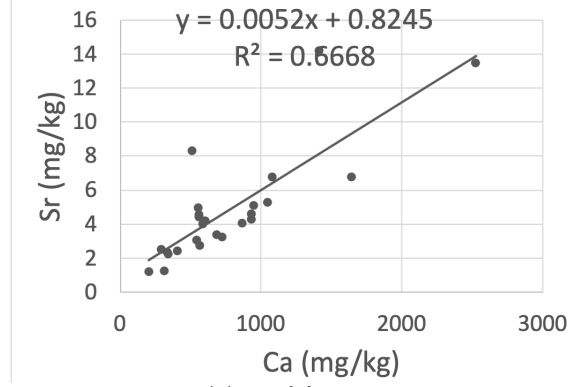


図12 爪中Ca-Sr

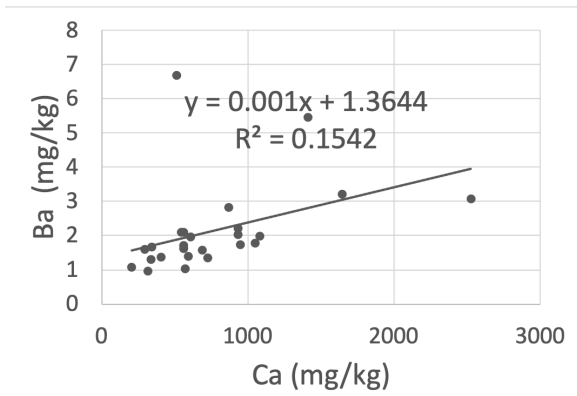


図13 爪中Ca-Ba

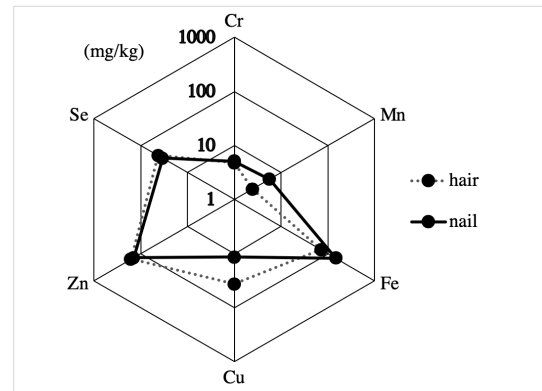


図15 毛髪中及び爪中必須元素

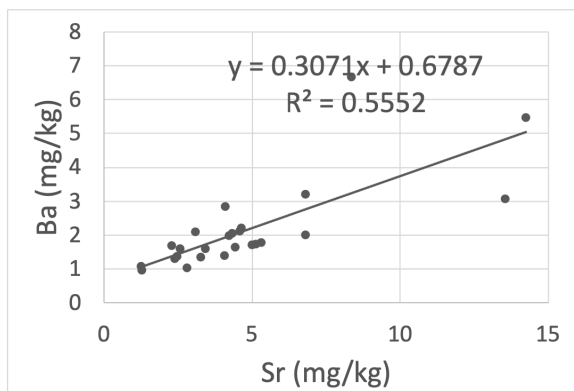


図14 爪中Sr-Ba

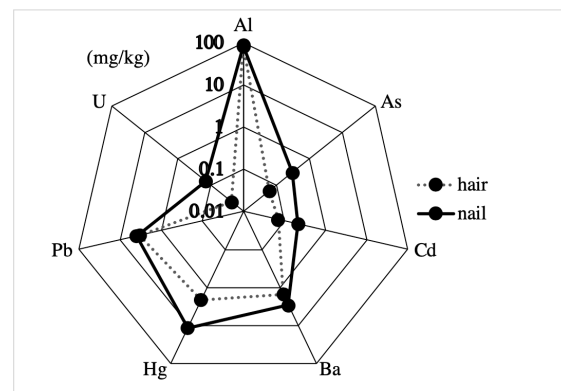


図16 毛髪中及び爪中有害元素

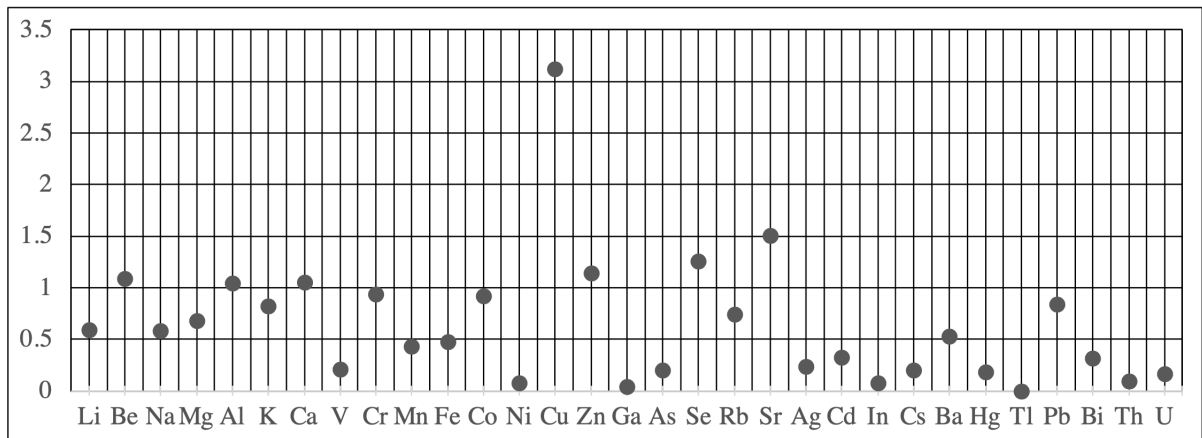


図17 爪中元素濃度の平均値と毛髪中元素濃度の平均値の比

4. まとめ

本研究では、誘導結合プラズマ質量分析装置(ICP-MS)を用いて、必須微量元素と有害微量元素の濃度を分析した。実験の結果、以下のことがわかった。

1. 毛髪中の元素濃度は、Ca: 766 mg/kg, Na: 237 mg/kg, Zn, Mg, Fe, K: 200 ~ 100 mg/kg, Se, Cu, Al: 100 ~ 10 mg/kg, Cr, Ag, Mn, Bi, Sr, Pb, Hg, Ba, Co, V, Ni, As: 10 ~ 1.0 mg/kg, Th, Rb, Li, Cd, In: 1.0 ~ 0.1 mg/kg, Be, U, Ga, Cs, Tl: 0.01 ~ 0.001 mg/kgであった。

爪の元素濃度は、Na: 733 mg/kg, Ca: 475 mg/kg, K: 429 mg/kg, Mg, Zn, Al, Fe: 200 ~ 100 mg/kg, Se, Cu: 50 ~ 10 mg/kg, Ni, Hg, Bi, Ag, Cr, Mn, Pb, Ba, Sr, Th, Co, Li: 10 ~ 1.0 mg/kg, Rb, V, As, In, Cd: 1.0 ~ 0.1 mg/kg, Be, U, Ga, Cs, Tl: 0.1 ~ 0.01 mg/kgであった。

2. 同一人物のほとんどの元素の濃度は、爪の方が毛髪よりも高かった。

3. MgとCa、MgとSの関係は、高い正の相関係を示した。

参考文献

- 1) 津金昌一郎, 小児発育期における毛髪内微量元素プロフィールについて, 日衛誌 (Jpn.J.Hyg.), 第40巻, 第2号, 619-626 (1985).
- 2) 木村美恵子, 微量元素と健康, 生活衛生 (Seikatsu Eisei) Vol.43, No.1, 7-14 (1999).
- 3) 篠原厚子, 千葉百子, 微量元素の健康への影響, 応用物理, 第70巻, 第7号, 823-826 (2001).
- 4) WorldHealthOrganization (WHO), <https://www.who.int>.
- 5) 大森佐与子, 三浦武夫, 日下譲, 辻治雄, 佐川直史, 古谷史郎, 玉利裕三, 毛髪の多元素放射化分析, RADIOISOTOPES Vol.24, No.6, 20-26 (1975).

Analysis of concentration of essential trace and harmful trace elements in bio specimen sample (hair, fingernail)

Jun NAOHARA^{1)*} and Sachi KITAGAWA²⁾

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

In the study, the concentration of essential and harmful trace elements were analyzed by the inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS).

As results of experiment, it was known the following.

1. Element concentration in hair is Ca : 766 mg/kg, Na : 237 mg/kg, Zn, Mg, Fe, K : 200~100 mg/kg, Se, Cu, Al : 100~10 mg/kg, Cr, Ag, Mn, Bi, Sr, Pb, Hg, Ba, Co, V, Ni, As : 10~1.0 mg/kg, Th, Rb, Li, Cd, In : 1.0~0.1 mg/kg, Be, U, Ga, Cs, Tl : 0.01~0.001 mg/kg. Element concentration in nail is Na : 733 mg/kg, Ca : 475 mg/kg, K : 429 mg/kg, Mg, Zn, Al, Fe : 200~100 mg/kg, Se, Cu : 50~10 mg/kg, Ni, Hg, Bi, Ag, Cr, Mn, Pb, Ba, Sr, Th, Co, Li : 10~1.0 mg/kg, Rb, V, As, In, Cd : 1.0~0.1 mg/kg, Be, U, Ga, Cs, Tl : 0.1~0.01 mg/kg.

2. The concentration of most elements of same person in the nails were higher than the hair.

3. The correlation coefficient of high positive was observed Mg and Ca, Mg and Sr.

Keywords : Elemental analysis, ICP-M

分子動力学計算による酵素リパーゼの鏡像体選択性の予測

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

2024年12月25日受理

1. 緒言

最近, 我々は, 計算機やソフトウェアの進歩が著しい計算化学の手法を取り入れて, 有機合成化学や生命科学に関する研究を推進している. 今回, 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), の複合体について2000psにわたる分子動力学計算を行い, 各時間ステップにおける酵素リパーゼの活性部位アミノ酸残基と基質エステルの距離を算出し, その時間変化を測定した. 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: 酵素リパーゼの鏡像体選択性を表す指標⁷⁾)を比較検討したところ, 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.

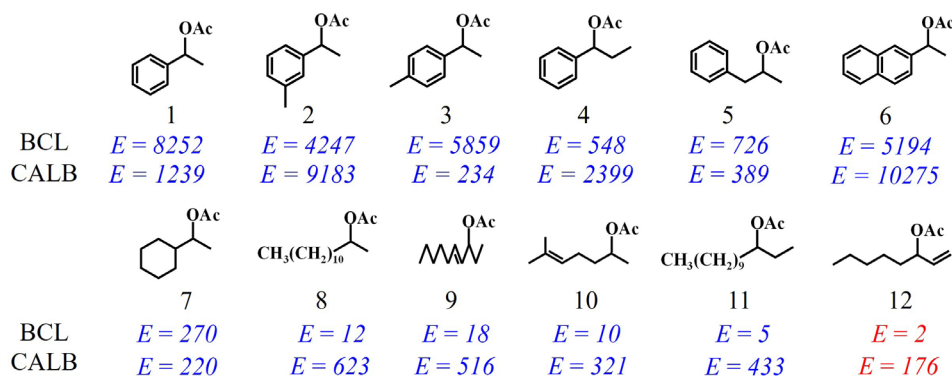


図1 計算に用いた12種の芳香族および脂肪族系第2級アルコール系エステルと各エステルのBCLおよびCALBにおける*E*値.*E*値において, 青字で記してあるものは(R)-体が優先的に変換され, 赤字で記してあるものが(S)-体が優先的に変換される.

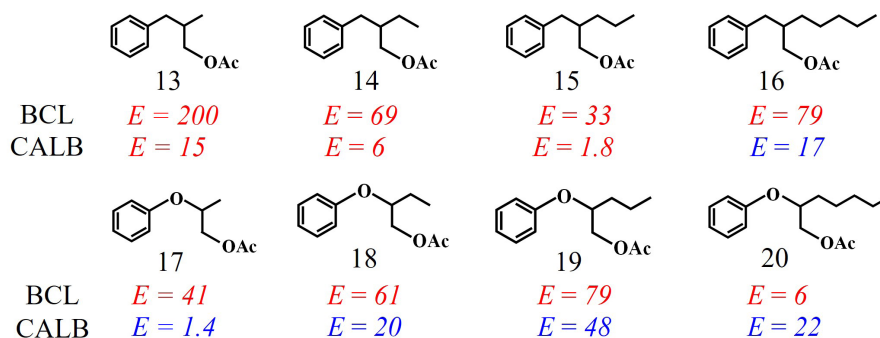


図2 計算に用いた8種の芳香族系第1級アルコール系エステルと各エステルのBCLおよびCALBにおける*E*値.*E*値において, 青字で記してあるものは(R)-体が優先的に変換され, 赤字で記してあるものが(S)-体が優先的に変換される.

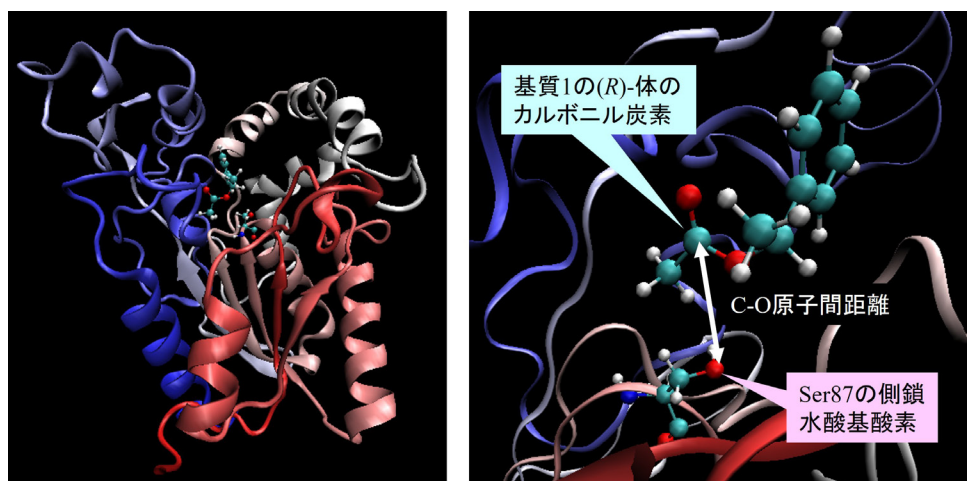


図3 BCLと基質エステル1の(R)-体の複合体(左) およびC-O原子間距離 R_{C-O} (右)

2. コンピュータシミュレーション

2-1 複合体構造の構築

まず、BCLおよびCALBの複合体のX線回折構造をProtein Data Bankよりダウンロードし(BCL: 1HQD, CALB: 1LBS), それぞれ酵素リパーゼと化合物, 結晶水を分離し, 酵素リパーゼ単体の構造を得た. 酵素リパーゼに対しては, AMBER11⁸⁾を用いて水素原子を付加し, N末端とC末端はそれぞれ NH^{3+} と COO^{-} で終端処理した. 結合させる基質エステルについては, GaussViewで構造を作成し, Gaussian03⁹⁾によるB3LYP/6-31G(d,p)レベルでの構造最適化計算に引き続き, HF/6-31G(d)レベルでのエネルギー計算を行い, その結果からresp電荷を割り当てた. 次に, AMBER11を用いて酵素リパーゼと基質エステルの複合体を再構築した後, 分子力学計算により全原子を対象とした構造最適化を実施した.

2-2 分子動力学計算

構築した各複合体構造について, AMBER11を用い複合体の周囲 8.0\AA に水分子を配置した. その後, 2000psにわたる分子動力学計算を行い, 基質エステルの両鏡像体のカルボニル炭素と酵素リパーゼの活性中心アミノ酸残基(BCL: Ser87, CALB: Ser105)の側鎖水酸基のC-O原子間距離 R_{C-O} を追跡した. 例として, 図3にBCLと基質エステル1の(R)-体の複合体およびC-O原子間距離 R_{C-O} を示す.

3. 結果と討論

図4と図5に, 計算結果の例を示す. 図4には, BCLと選択性の高い基質エステル3の R_{C-O} の時間変化およびCALBと選択性の高い基質エステル10の R_{C-O} の時間変化を示してある. これらの基質だけでなく, BCL, CALBともに, 選択性の高い(BCL: $E > 70$, CALB: $E > 150$)基質の複合体においては, 合成

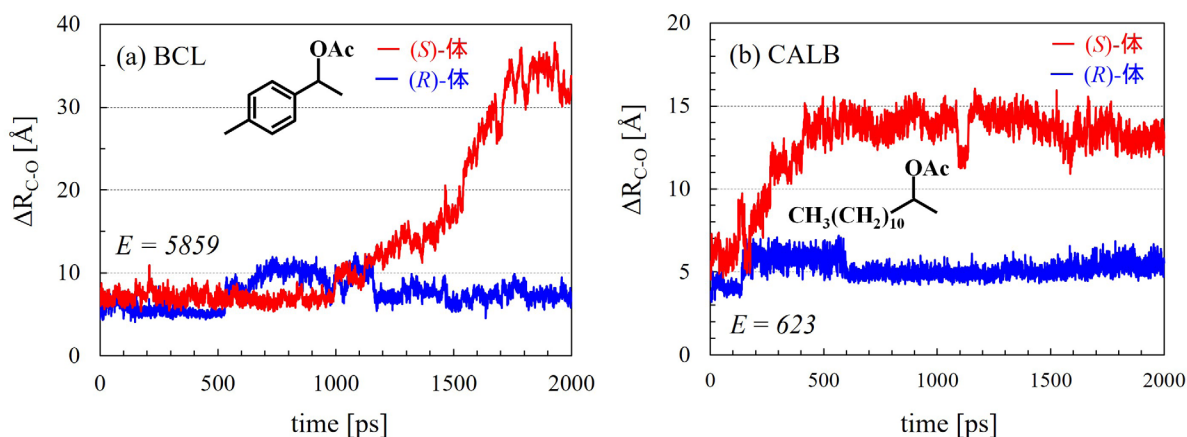


図4 酵素リパーゼと選択性の高い基質エステルの(R)-, (S)-各鏡像体の複合体における R_{C-O} の時間変化
(a)BCLと基質エステル3の複合体, (b)CALBと基質エステル10の複合体

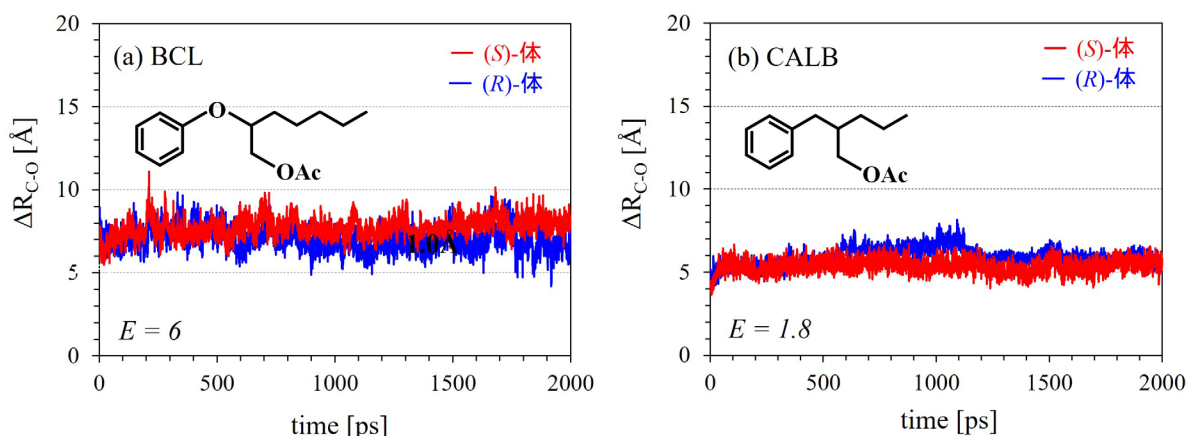


図5 酵素リパーゼと選択性の低い基質エステル20の複合体、(b) CALBと基質エステル15の複合体における R_{C-O} の時間変化

実験で優先的に変換される鏡像体は酵素リパーゼの活性中心付近にとどまり、その R_{C-O} は時間が経過してもほとんど変化しなかった。一方、変換されにくい鏡像体は活性中心から直ちに離れていく様子が認められ、その R_{C-O} は大きく増加した。

また、図5には、BCLと選択性の低い基質エステル20の R_{C-O} の時間変化およびCALBと選択性の低い基質エステル15の R_{C-O} の時間変化を示してある。BCL、CALBともに、選択性の低い基質の複合体においては、両胸像体ともに酵素リパーゼの活性中心付近にとどまっていることが認められた。

加えて、BCLおよびCALB複合体において2000ps時における両鏡像体の R_{C-O} の差 ΔR_{C-O} を求めたところ、

選択性が高い基質では、BCL複合体では約9Å以上、CALB複合体では約5Å以上、と大きな値であることがわかった(図6)。さらに、選択性の低い基質の複合体(図6において赤線で囲まれたピンク色の部分)では、 E 値と ΔR_{C-O} の間に明らかな相関が認められた(図7)。

これらの結果は、酵素リパーゼと基質複合体に対する分子動力学計算で基質と酵素リパーゼの活性中心アミノ酸残基のC-O原子間距離を追跡することにより、酵素リパーゼの鏡像体選択性を明確に、また、その選択性の高低(E 値の大小)をある程度正確に予測できることを強く示唆するものである。

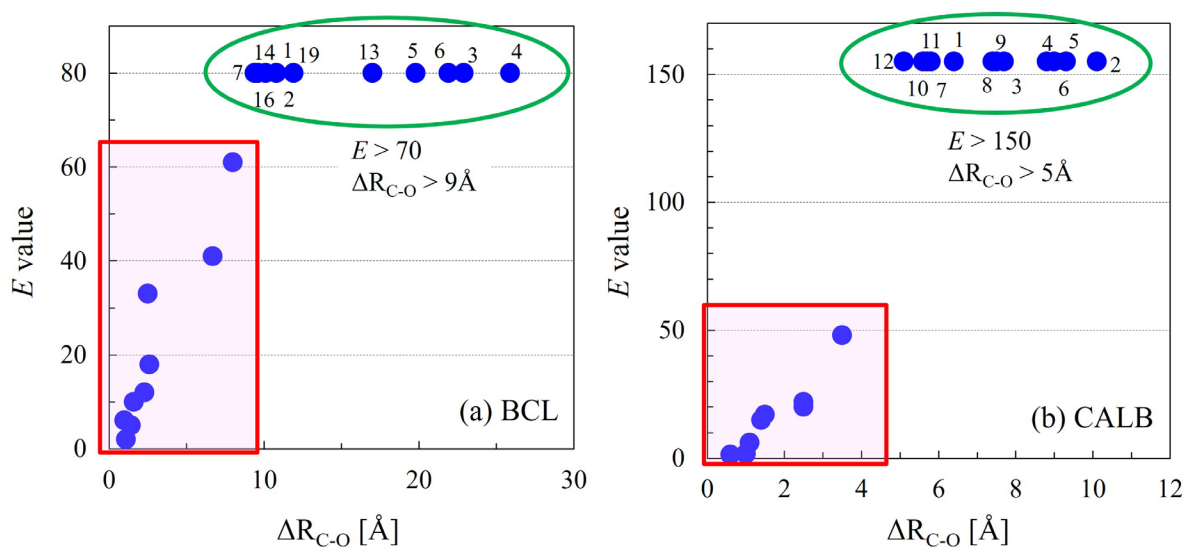


図6 両鏡像体の R_{C-O} の差 ΔR_{C-O} と E 値との関係。
(a) BCL複合体. 70より大きい E 値については、縦軸の80で表示してある。
(b) CALB複合体. 150より大きい E 値については、縦軸の155で表示してある。

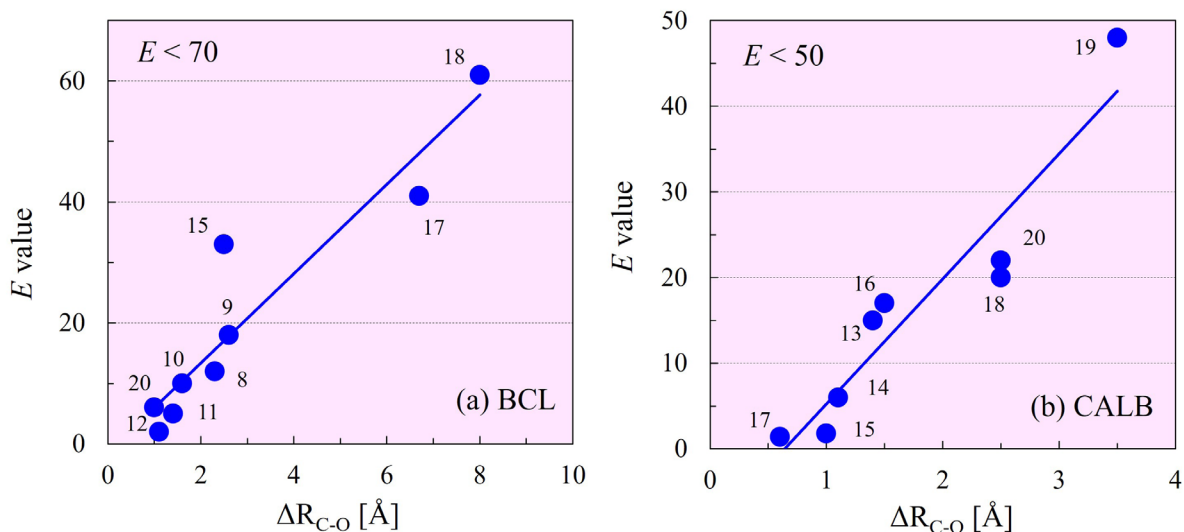


図7 選択性が低い基質エステルの両鏡像体の R_{C-O} の差 ΔR_{C-O} と E 値との関係
(a) BCL 複合体, (b) CALB 複合体

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) D.A. Case, T.A. Darden, T.E. Cheatham, III, C.L. Simmerling, J. Wang, R.E. Duke, R. Luo, R.C. Walker, W. Zhang, K.M. Merz, B. Roberts, B. Wang, S. Hayik, A. Roitberg, G. Seabra, I. Kolossváry, K.F. Wong, F. Paesani, J. Vanicek, X. Wu, S.R. Brozell, T. Steinbrecher, H. Gohlke, Q. Cai, X. Ye, J. Wang, M.-J. Hsieh, G. Cui, D.R. Roe, D.H. Mathews, M.G. Seetin, C. Sagui, V. Babin, T. Luchko, S. Gusarov, A. Kovalenko, P.A. Kollman, AMBER 11, University of California, San Francisco, (2010).
- 9) M.J. Frisch, G.W. Trucks, H.B. Schlegel, G.E. Scuseria, M.A. Robb, J.R. Cheeseman, J.A. Montgomery, Jr., T. Vreven, K.N. Kudin, J.C. Burant, J.M. Millam, S.S. Iyengar, J. Tomasi, V. Barone, B. Mennucci, M. Cossi, G. Scalmani, N. Rega, G.A. Petersson, H. Nakatsuji, M. Hada, M. Ehara, K. Toyota, R. Fukuda, J. Hasegawa, M. Ishida, T. Nakajima, Y. Honda, O. Kitao, H. Nakai, M. Klene, X. Li, J.E. Knox, H.P. Hratchian, J.B. Cross, V. Bakken, C. Adamo, J. Jaramillo, R. Gomperts, R.E. Stratmann, O. Yazyev, A.J. Austin, R. Cammi, C. Pomelli, J.W. Ochterski, P.Y. Ayala, K. Morokuma, G.A. Voth, P. Salvador, J.J. Dannenberg, V.G. Zakrzewski, S. Dapprich, A.D. Daniels, M.C. Strain, O. Farkas, D.K. Malick, A.D. Rabuck, K. Raghavachari, J.B. Foresman, J.V. Ortiz, Q. Cui, A.G. Baboul, S. Clifford, J. Cioslowski, B.B. Stefanov, G. Liu, A. Liashenko, P. Piskorz, I. Komaromi, R.L. Martin, D.J. Fox, T. Keith, M.A. Al-Laham, C.Y. Peng, A. Nanayakkara, M. Challacombe, P.M.W. Gill, B. Johnson, W. Chen, M.W. Wong, C. Gonzalez, J.A. Pople, Gaussian 03, Revision C.02, Gaussian, Inc., Wallingford CT (2004).

Prediction of the Enantioselectivity of Enzyme Lipase by Molecular Dynamics Calculations.

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

Computational molecular simulations have recently become useful as a research method in the fields of organic chemistry and bioscience. In this paper, we carried out molecular dynamics (MD) calculations on the complexes of *Burkholderia cepacia* lipase (BCL) and *Candida antarctica* lipase typeB (CALB) with twelve different secondary and eight different primary alcohol esters to predict clearly lipase enantioselectivity toward non-natural organic compounds. We computed the C-O interatomic distance, R_{C-O} , between the carbonyl carbon of ester and the oxygen of the active site amino acid residue (BCL: Ser87, CALB: Ser105) side chain OH in each lipase-ester complex. The MD computations show that R_{C-O} for the fast reacting enantiomer of substrate esters remains roughly unchanged, while R_{C-O} for the slow reacting enantiomer of esters increases with the elapsed time. In addition, we found that for the esters of high enantioselectivity (BCL: $E > 70$, CALB: $E > 150$), the difference in the R_{C-O} between (*R*)- and (*S*)-ester complexes, ΔR_{C-O} , is more than 9.0 Å for BCL-ester complexes and 5.0 Å for CALB-ester complexes. On the other hand, for the esters of low enantioselectivity, it is expected that ΔR_{C-O} for each ester are correlated to E values for the corresponding esters. We have reached a conclusion that biomolecular computational simulations are useful tools for predicting and understanding the reactivity and the enantioselectivity of lipase-catalyzed biotransformations.

Keywords : molecular dynamics calculations; lipase-ester complex; enantioselectivity; the C-O interatomic distance

Report of Okayama University of Science – Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Sciences Joint Expeditions in 2024

Shinobu ISHIGAKI¹⁾, Khishigjav TSOGTBAATAR²⁾, Buuvei MAINBAYAR²⁾, Akio TAKAHASHI³⁾, Batsaikhan BUYANTEGSH²⁾, Mototaka SANEYOSHI²⁾, Jargalsaikhan BATSUKH²⁾, Kazumasa AOKI⁴⁾, Tomohiko SATO⁴⁾, Shoji HAYASHI³⁾, Mitsuhiro KIMURA⁵⁾, Kentaro CHIBA^{3)*}

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

²⁾*Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Sciences, Okayama University of Science, Ridai-cho 1-1, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan.*

P.O.B: 46/650, S. Danzan Street 3/1, 4th horoo, Chingeltei district, Ulaanbaatar – 15160, Mongolia,

³⁾*Department of Biosphere-Geosphere Science, Okayama University of Science, Ridai-cho 1-1, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan*

⁴⁾*Center for Fundamental Education, Okayama University of Science, Ridai-cho 1-1, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan.*

⁵⁾*Global Center, Okayama University of Science, Ridai-cho 1-1, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan*

*Corresponding author

Okayama University of Science and the Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Sciences, conducted consecutive joint expeditions in 2024. The team visited Nemegt, Bugin Tsav, Bugin Tsav II, Gurilin Tsav, and Saijraakh, as well as Shar Tsav, Bayshin Tsav, Amtgai, Khavirgiin Dzo in the Gobi Desert, and the Sergelen area near Ulaanbaatar. The paleontological and geological surveys at the localities and collected samples are vital to understanding various topics: dinosaur locomotion and paleoecology, vertebrate fauna composition through the Cretaceous, construction of a temporal framework for the Upper Cretaceous Mongolian strata, and the Devonian–Permian tectonic processes in the Ulaanbaatar belt.

Keywords: Mongolia; Cretaceous; Paleontology; Geology.

1. Introduction

The research group from the Okayama University of Science (OUS) has collaborated closely with the Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Sciences (IPMAS) since 2015, except for a temporary halt in 2020 and 2021 due to the COVID-19 pandemic (Ishigaki et al., 2016, 2017, 2018, 2019, 2022, 2023; Saneyoshi et al., 2015). These joint expeditions have aimed to elucidate various aspects of Mongolian geology and paleontology, including the evolution of vertebrate fauna and the tectonic history of accretionary complexes in Mongolia. Previous expeditions have reported new fossil discoveries, stratigraphic and sedimentological data, and radiometric dating results that contribute to constructing temporal frameworks for the Upper Cretaceous Mongolian strata (e.g., Buyantegsh et al., 2023; Kurumada et al., 2020;

Saneyoshi et al., 2021; Tanabe et al., 2023).

This report summarizes the results of the 2024 expeditions, which continued and expanded upon the paleontological and geological work conducted in previous years.

2. Terms and Localities visited

The localities visited during the three joint expeditions span from the eastern to the western Gobi Desert (Fig. 1). The first expedition, conducted from June 1st to 15th, was carried out at Nemegt, Bugin Tsav, Bugin Tsav II, and Gurilin Tsav (Nemegt Formation, all located in Gurbantes som, South Gobi Aimag), as well as Saijraakh (Erdenesant som, Tov Aimag). The second expedition, held from August 11th to 19th, was conducted at Shar Tsav, Bayshin Tsav, Amtgai, and Khavirgiin Dzo (South Gobi Aimag). The third expedition, which took place from August

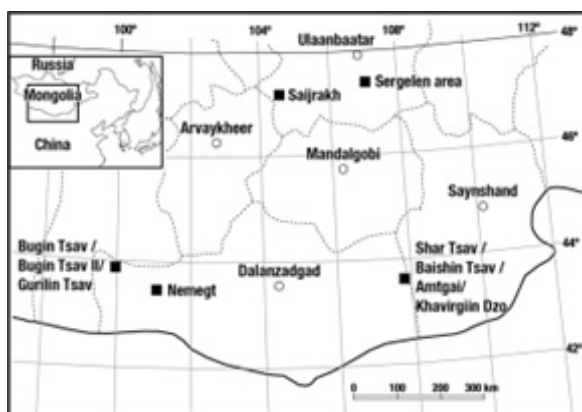


Fig. 1. Map of localities visited during the joint expeditions in 2024 (black squares). Open circles represent selected major cities and towns in Mongolia.

14th to 20th, was devoted to geological research in the Sergelen area (Dov Formation, Sergelen Formation, Uneget Group, Bumbagar Formation, and Adaatsag Group) in Tov Aimag.

The detailed GPS coordinates and specimen inventories for these sites are documented in the IP-MAS and OUS databases but are not disclosed here to prevent unauthorized collection or disturbance of the localities.

3. Results

During the first expedition, our team conducted ichnological fieldwork in Nemeget, Bugin Tsav, Bugin Tsav II, and Gurilin Tsav (Gurvantes som, South Gobi Aimag), as well as Saijraakh (Erdenesant som, Tov Aimag). In these areas, numerous dinosaur footprints and trackways were investigated, photographed, and 3D scanned (Fig. 2A). Notable ichnological observations included well-preserved sauropod and hadrosaurid footprints with skin impressions, sliding marks, and “laboring” features (Ishigaki, 2010), indicative of the animals’ locomotor behavior. At Saijraakh, the historically significant site initially discovered by Namnandorj in 1950 was successfully relocated, and multiple new tracksites were excavated in a sandstone–shale succession containing invertebrate fossils.

The second expedition focused on paleontological and sedimentological surveys at Shar Tsav, Bayshin Tsav, Amtgai, and Khavirgiin Dzo (South Gobi Aimag). Our team discovered isolated and associated remains of hadrosauroids, ankylosaurids, theropods, and sauropods (Fig. 2B). At Bayshin Tsav, further excavation on the multitaxic bonebed—discovered by our team in 2023—revealed additional material, which mainly comprises

numerous isolated limb bones of hadrosauroids and small theropods, often missing both ends. An ankylosaur body block, comprising aligned ribs and osteoderms preserved with integumentary traces, was collected at Amtgai North as well.

The third expedition was dedicated to geological investigations in the Sergelen area (Tov Aimag), which hosts Devonian–Permian units such as the Dov Formation, Sergelen Formation, Uneget Group, Bumbagar Formation, and Adaatsag Group. Field observations suggest that the Uneget Group experienced a relatively higher grade of metamorphism than surrounding units, and prograde metamorphic temperatures in the Sergelen Formation increase from southeast to northwest. Volcanic conglomerates containing chert, granite, and basalt clasts—some exceeding 50 cm—were identified in the Adaatsag Group.

4. Future Perspectives

Detailed ichnological data collected during the June expedition at Nemeget, Bugin Tsav, Bugin Tsav II, Gurilin Tsav, and Saijraakh underscore the need for further excavation and documentation of dinosaur footprints with skin impressions, sliding marks, and “laboring” features. Continued investigation of these track sites—particularly at Saijraakh, which holds historical significance—will likely provide deeper insights into their foot morphology, dinosaur locomotion, and the faunal structures in which these animals lived. Future work will involve more expansive track-bed exposures, 3D scanning of footprints, and multidisciplinary analysis of invertebrate fossils associated with the track-bearing layers, which is useful to correlate the outcrop at the site to the strata in the surrounding area.

From the August paleontological and sedimentological expeditions, the newly discovered vertebrate remains at Shar Tsav, Bayshin Tsav, and Amtgai offer significant opportunities for further systematic, taphonomic, and osteohistological studies. The multitaxic bonebed at Bayshin Tsav can shed light on faunal composition, while the ankylosaur body block collected at Amtgai North—featuring aligned ribs and osteoderms—may yield important data on the skeletal arrangement and integumentary structures of this group. Additionally, calcrite and dinosaur tooth samples collected during this expedition will be used for calcite and apatite U-Pb dating to construct the temporal framework of the Upper Cretaceous Mongolian strata.

Finally, the August geological expedition in the Sergelen area revealed key evidence for higher-grade metamorphism in the Unegt Group and progressively increasing metamorphic temperatures in the Sergelen Formation. Volcanic conglomerates bearing large chert, granite, and basalt clasts in the Adaatsag Group also point to complex Paleozoic tectonic processes in the Ulaanbaatar belt. Planned follow-up work will include age dating and geochemical analyses of the gravels in the volcanic conglomerate to reconstruct the tectonic setting of the Adaatsag Group.

Acknowledgments

We greatly appreciate staff of IP-MAS (E. Ochiljantsan, J. Nyamjargal, J. Gantsetseg, and G. Enkhtuul) and students at OUS (R. Nishimura, T. Sakamoto, Y. Miwa, R. Saito, and S. Takitani) for all their support. We thank Mr. Aldarmunkh, mayor of Gurvan-Tes soum, for his kind cooperation in carrying out our work in Nemegt, Bugin Tsav, and Gurilin Tsav. We are also grateful to the people in the city office of Erdenesant som, Mrs. Munkhзориг (mayor), Mrs. Sarantoya (vice mayor), and Mr. Enkhbat (chief of cultural affairs of the city), for their kind cooperation. We also thank the families of Ariunbold and Bayarsaikhan, who helped us carry out the survey on Saijrahk Mountain. The accomplishment of this expedition would not have been possible without their kind help to us. These expeditions were supported by the Grant for the Promotion of OUS Research Projects (2023–2024), the Grant for the Promotion of OUS Educational Projects (2023–2024), and Grant-in-Aid for Scientific Research (B) (Project no. 24K00162).

References

Buyantegsh, B., Saneyoshi, M., Mainbayar, B., Chiba, K., Takahashi, M., Ishigaki, S., & Tsogtbaatar, K. (2023). Lithofacies and paleoenvironmental analysis of the Upper Cretaceous successions: Yagaan Khovil fossil locality, central Gobi region, Mongolia. *Mongolian Geoscientist*, 28(56), 42–50.

<https://doi.org/10.5564/mgs.v28i56.3199>

Ishigaki, S. (2010). Theropod trampled bedding plane with laboring trackways from the Upper Cretaceous Abdrant Nuru fossil site, Mongolia. *Hayashibara Museum of Natural Sciences Research Bulletin*, 3, 133–141.

Ishigaki, S., Tsogtbaatar, K., Mainbayar, B., Takahashi, A., Buyantegsh, B., Byambaa, P., Ganzorig, B., Bilguunbold, B., Ochirjantsan, E., Hatakeyama, T.,

Saneyoshi, M., Takasaki, R., & Chiba, K. (2022). Report of Okayama University of Science – Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Sciences Joint Expeditions in 2022. *Bulletin of Institute of Frontier Science and Technology, Okayama University of Science*, 4, 29–32.

Ishigaki, S., Tsogtbaatar, K., Mainbayar, B., Takahashi, A., Buyantegsh, B., Saneyoshi, M., Batsukh, J., Aoki, K., Sato, T., Bilguunbold, B., Ikeda, T., Yamashita, H., Oshitani, J., Hayashi, S., Takasaki, R., & Chiba, K. (2023). Report of Okayama University of Science – Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Sciences Joint Expeditions in 2023. *Bulletin of Institute of Frontier Science and Technology, Okayama University of Science*, 5, 7–11.

Ishigaki, S., Tsogtbaatar, K., Nishido, H., Toyoda, S., Mainbayar, B., Chinzorig, T., Noumi, Y., Takahashi, A., Ulziitseren, S., Zorig, E., Buyantegsh, B., Purevsuren, B., Enerel, G., Bayardorj, C., Ochirjantsan, E., Saneyoshi, M., Aoki, K., & Hayashi, S. (2017). Report of the Okayama University of Science-Mongolian Institute of Paleontology and Geology Joint Expedition in 2017. *Bulletin of Research Institute of Natural Sciences, Okayama University of Science*, 43, 25–39.

Ishigaki, S., Tsogtbaatar, K., Saneyoshi, M., Mainbayar, B., Aoki, K., Ulziitseren, S., Imayama, T., Takahashi, A., Toyoda, S., Bayardorj, C., Buyantegsh, B., Batsukh, J., Purevsuren, B., Asai, H., Tsutanaga, S., & Fujii, K. (2016). Report of the Okayama University of Science-Mongolian Institute of Paleontology and Geology Joint Expedition in 2016. *Bulletin of Research Institute of Natural Sciences, Okayama University of Science*, 42, 33–46.

Ishigaki, S., Tsogtbaatar, K., Toyoda, S., Mainbayar, B., Noumi, Y., Takahashi, A., Buyantegsh, B., Byambaa, P., Zorig, E., Bayardorj, C., Ochirjantsan, E., Saneyoshi, M., Hayashi, S., & Chiba, K. (2018). Report of the Okayama University of Science – Mongolian Institute of Paleontology and Geology Joint Expedition in 2018. *Bulletin of Research Institute of Natural Sciences, Okayama University of Science*, 44, 19–32.

Ishigaki, S., Tsogtbaatar, K., Tsujigiwa, H., Mainbayar, B., Takahashi, A., Aoki, K., Aoki, S., Buyantegsh, B., Byambaa, P., Bayardorj, C., Otgonbat, B., Saneyoshi, M., Hayashi, S., & Chiba, K. (2019). Report of the Okayama University of Science – Mongolian Institute of Paleontology Joint Expedition in 2019. *Bulletin of Institute of Frontier Science and Technology, Okayama University of Science*, 1, 53–57.

Kurumada, Y., Aoki, S., Aoki, K., Kato, D., Saneyoshi,

M., Tsogtbaatar, K., Windley, B. F., & Ishigaki, S. (2020). Calcite U–Pb age of the Cretaceous vertebrate-bearing Bayn Shire Formation in the Eastern Gobi Desert of Mongolia: usefulness of caliche for age determination. *Terra Nova*, 32, 246–252. <https://doi.org/10.1111/ter.12456>

Saneyoshi, M., Asai, H., Mainbayar, B., Tanabe, T., Ishigaki, S., & Tsogtbaatar, K. (2021). Reconstruction of sedimentary environments in the Djadokhta Formation, Udyn Sayr, Gobi desert, Mongolia. *Mongolian Journal of Paleontology*, 4, 24–30.

Saneyoshi, M., Ishigaki, S., Tsogtbaatar, K., Mainbayar,

B., Ulziitseren, S., Bayardorj, C., Otgonbat, B., Amarbaysglan, K., Asai, H., & Tanabe, T. (2015). Report of the OUS-IPG Joint Expedition in 2015. *Bulletin of Research Institute of Natural Sciences*, 41, 35–44.

Tanabe, M., Aoki, K., Chiba, K., Saneyoshi, M., Kodaira, S., Nishido, H., Mainbayar, B., Tsogtbaatar, K., & Ishigaki, S. (2023). Apatite U–Pb dating of dinosaur teeth from the Upper Cretaceous Nemegt Formation in the Gobi Desert, Mongolia: Contribution to depositional age constraints. *Island Arc*, 32(1), e12488.

<https://doi.org/10.1111/iar.12488>



Fig. 2. Selected photographs of the joint expeditions in 2024. A: a hadrosaur footprint with “laboring” features at Nemegt; B: articulated partial hadrosauroid hindlimb bones at Bayshin Tsav; C: outcrop at Khavirgiin Dzo; D: microfoldings on a metamorphic rock in the Sergelen area.

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6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)、および15名の学部・機構教員が兼務研究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	中谷 達行	フロンティア理工学研究所 教授
専任研究員	島山 唯達	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 准教授
専任研究員	牧 祥	フロンティア理工学研究所 准教授
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	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	片岡 健	理学部 臨床生命科学科 教授
兼務研究員	神吉 けい太	生命科学部 生物科学科 教授
兼務研究員	辻極 秀次	理学部 臨床生命科学科 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	東村 秀之	理学部 基礎理学科 教授
兼務研究員	矢城 陽一郎	教育推進機構 基盤教育センター 教授
兼務研究員	橋川 直也	理学部 臨床生命科学科 准教授
兼務研究員	橋川 成美	理学部 臨床生命科学科 准教授
兼務研究員	奥田 靖浩	工学部 応用化学科 講師
兼務研究員	富安 聡	理学部 臨床生命科学科 講師
兼務研究員	千葉 謙太郎	生物地球学部 生物地球学科 講師

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。

国際青少年サイエンス交流事業 さくらサイエンスプログラム 活動レポート

「先端医療材料を巡る技術体験－基礎研究から応用まで－」

赤司治夫

2024年10月20日から26日までの7日間、岡山理科大学ではフィリピン・マプア大学から学生7名と教員1名をお迎えし、国際青少年サイエンス交流事業「さくらサイエンスプログラム」を利用した研修を行いました。

岡山キャンパスでは、再生医療や医薬品開発に使われるヒト幹細胞の培養をテーマに、試薬の準備から、滅菌・無菌操作の練習、細胞の播種と培養の過程や細胞の観察、さらには、細胞の剥離から継代までの操作を、実際に手を動かしながら体験しました。また、医療材料としてのタンパク質結晶に関する講義と、その後の実験では、実際にタンパク質の結晶を作成して観察する体験をしました。参加した学生たちが目を輝かせて取り組む姿が印象的でした。これらの体験は、フィリピンではなかなか得られない貴重なもので、どの学生も熱心に学び、時間の許す限り、たくさんの質問をしていました。

さらに、大学の施設見学では、総合機器センター、サイエンスドリームラボ（機械工作センター）、恐竜学博物館に加え、好適環境水を使った魚養殖の研究施設などを見学して、最先端研究を支える研究施設とその設備について学びました。総合機器センターで核磁気共鳴装置を見学した際、引率の先生からは「来日の数日前に核磁気共鳴スペクトルについて講義をしたところだったので、実際の装置が見学できて、研究の話が聴けたことはとてもありがたかった。」とのお言葉をいただきました。また、学生たちからは熱意ある質問が多数寄せられ、説明を担当した教員も感心する場面がありました。

10月24日には、今治キャンパスの獣医学部を訪問しました。向田昌司講師に、バイオマテリアルとしての細菌の可能性を追求する先生の最新の研究成果について講義していただいたり、オープンラボ形式の実験室や、最先端の研究設備を見学したりしました。分野を超えた知識が融合して、新しい成果を生み出す実験室の環境に、学生たちは「こんな実験室で自分たちも実験したい！」と感動していました。

プログラムの最終日には、平野博之学長を表敬訪問させていただきました。学生たちは「貴重な実験体験ができたこと、理大の最先端研究施設の設備



実習風景：ヒト幹細胞の播種を行う学生たち



総合機器センター見学：核磁気共鳴装置の説明を受ける学生たち



表敬訪問：岡山理科大学平野博之学長（左から2人目）と記念撮影

に触れることができたことなどが、とても素晴らしい経験となった」と感謝の気持ちを伝え、学長からも大学院進学や留学生制度に関する具体的なお話をいただきました。

午後には、マプア大学と本学の学生が昼食を共にしながら、今後の教育・研究を通じた国際交流の継続に向けて意見交換が行われました。意見交換会には、マプア大学から本学の大学院博士課程に進学してこられた留学生1名、中国人留学生1名、さらには、昨年度、マプア大学で開催した研究会で、研究発表をした本学大学院生2名も含んだ、8名の大学院生も参加しました。意見交換会に続いて行った研究交流会では、意見交換会に参加した学生らによる研究紹介が行われました。研究交流会には、本学の教員、スタッフ、さらには学生たち



意見交換会風景：意見交換会から研究交流会へと熱心な議論が続きました

も多数参加してくださって、交流会が非常に盛り上がったことは、我々としても大きな喜びでした。

研修を締めくくる成果報告会では、マプア大学の学生全員が今回の学びを発表しました。

現在、今回の研修に参加したマプア大学の学生2名が本学博士課程への進学を希望しており、関係部署と連携して、フォローアップをしています。また、研修で実験助手を務めた本学の大学院生がさらなる英語力向上を目指し、来年2月にマプア大学で開催されるイングリッシュキャンプへの参加を決めるなど、今回の交流の輪がどんどん広がっています。今回の研修を通じて、岡山理科大学とマプア大学の絆がさらに深まり、今後の国際交流がより一層充実することを確信しています。



成果報告会終了後に本日の発表者と撮影した集合写真

親子自然観察教室 ビカリア化石発掘と化石標本作り 活動報告

赤司治夫

2024年9月15日(日)、フロンティア理工学研究所は岡山理科大学生物地球学部と共催で、「親子自然観察教室 ビカリア化石発掘と化石標本作り」を実施しました。本学附属中学校科学部の生徒10名を含む、大人16名、子供35名の合計51名が参加し、満員の観光バスに乗って岡山駅から奈義町ビカリアミュージアムへ向かいました。

参加者の中には、岡山理科大学に新設される恐竜学科への進学を希望し、オープンキャンパスに参加した時に今回のイベントを知って、参加された高校生もおられました。さらに今回は、テレビ等でおなじみの本学・石垣忍教授にもご参加いただき、モンゴルでの恐竜化石発掘に関する貴重なお話を伺うことができました。その話題で一同大いに盛り上がり、道中も和やかな雰囲気の中で旅を楽しみました。

奈義ビカリアミュージアム到着後は、まずビデオを通じて奈義町の歴史やビカリアが生息していた時代について学びました。海のない奈義町でなぜ多くの貝の化石が発見されるのか、という疑問もここで解消されました。

昼食を終え、化石発掘の注意事項を確認した後、いよいよ体験採掘がスタート。1時間という短い時間ではありましたが、参加者それぞれがビカリアの化石を発見することができました。中にはナギクリイロバシヨウといった珍しい化石を見つけた子供もおり、現場は大いに盛り上がりました。

発掘後はミュージアムのスタッフに化石の鑑定をしていただき、その後ふれあい館へ移動して化石のクリーニング作業を体験しました。発掘した化石から余分な石や汚れを慎重に取り除く作業は、集中力を要する細かな工程でしたが、皆一生懸命取り組み、自分たちの発掘した化石を見事にきれいに仕上げることができました。

楽しい時間はあっという間に過ぎ、帰りのバスの出発時刻を迎えました。参加者からは「クリーニングした化石は大切な宝物になった」「また家族で必ず来たい!」「もっと発掘したい!」といった感想が多く寄せられました。約2時間のバス移動を経て、一同無事に岡山駅に到着し、解散となりました。



化石クリーニングの実習風景

第6回 OUS フロンティアセミナー

「宇宙環境利用に関する技術課題と将来展望」

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2月28日（金）12:00～17:00
 会 場：岡山理科大学 岡山キャンパス（加計学園50周年記念会館）
 共 催：岡山理科大学
 後 援：岡山県、岡山県教育委員会

本大学で培われる科学技術と最新の知見を広く社会に還元し貢献することを目的とし、地域社会と研究交流および科学技術の普及・啓発活動の一環として、大学研究者、企業関係者、一般市民、学生、官公庁の皆様を対象にした「第6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。

今年のテーマは「宇宙環境利用に関する技術課題と将来展望」です。我が国の最近の宇宙開発では、アルテミス計画などの巨大プロジェクトがいくつも控えており、岡山理科大学もその計画に参加しようと、夢のある研究をいくつも始動させています。今回のセミナーでは、私共が取り組んでいる宇宙に関する研究の進捗状況の発表はもとより、宇宙医学及び宇宙産業に携わる国内の研究者を招き皆様にわかりやすく講演いただく予定です。また、研究所をはじめ本学の本年度の研究成果を広く公開することを目的とし、ポスター発表会も同時に開催致します。

教職員、学生、企業、官公庁および一般の方で、宇宙についてご興味のおありの方は是非ご参加ください。

講演プログラム *発表ポスターは、2F ラウンジにて12:00～17:00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
- 13:10-13:45 きぼうが開く宇宙医学の扉—ISSから月面へ、さらにその先へ—
 静岡市保健福祉長寿局
 元(独)宇宙航空研究開発機構 宇宙医学生物学研究室 田中一成 氏
- 13:45-14:20 月面における食料生産を見据えた閉鎖循環型養殖技術～好適環境水の利用～
 岡山理科大学 生命科学部生物科学科 山本俊政 氏
 岡山理科大学 大学院理工学研究科システム科学専攻 横田千尋 氏
- 14:20-14:55 積層型静電アクチュエータの宇宙環境利用に関する技術課題と将来展望
 —宇宙産業参入への夢と課題、次世代への提言！—
 ストロープ株式会社 今井裕一 氏
- 14:55-15:40 休憩 & ポスター発表 (* 2F ラウンジにお集まりください*)
- 15:40-16:15 月面から探る宇宙のはじまり
 岡山理科大学 理学部物理学科 山内大介 氏
- 16:15-16:50 模擬月砂粒子 FJS-1 を用いた基礎研究の紹介
 岡山理科大学 フロンティア理工学研究所 牧 祥 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）

O U S 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

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

- Akagi, Y., Watanabe, H., Sakami, T., Furumatsu, S., Yamada, S., Maki, R., Okuda, Y., **Akashi, H.**, Wakamatsu, K., Kusano, Y., (2024) “Synthesis of (Z)-Enediynes via Stereoinvertive Nucleophilic Substitution of (E)-Sulfonylethenes with Arylethynide, and Their Aggregation-Induced Optical Properties” *Journal of Organic Chemistry*, 89(23), 17122-17132.
- Okuda, Y., Sato, T., Takebe, S., Mori, M., Fujimoto, M., Masuda, K., Sabato, T., Wakamatsu, K., **Akashi, H.**, Orita, A., (2024) “Chemodivergent Synthesis of Polycyclic Aromatic Diarylamines and Carbazoles by Thermal/Photochemical Process-Controlled Dephosphinylative Functionalizations of Amino(phosphinyl)arenes” *Journal of Organic Chemistry*, 89(11), 7747-7757.
- Nakashima, K., Hayami, C., Nakashima, S., **Akashi, H.**, Mikuriya, M., Handa, M., (2024) “Syntheses, Structures, and Properties of Mono- and Dinuclear Acetylacetonato Ruthenium(III) Complexes with Chlorido or Thiocyanato Ligands” *Magnetochemistry*, 10(3), 16.
- Handa, M., Urata, T., Nakashima, K., Sugimori, T., **Akashi, H.**, Mikuriya, M., (2023) “Syntheses and properties of amphiphilic zinc(II), nickel(II), and palladium(II) phthalocyanines with eight tri(oxyethylene) chains introduced at non-peripheral α positions” *Journal of Porphyrins and Phthalocyanines*, 27(1/4), 314-320.
- Watanabe, H., Sato, T., Sumita, M., Shiroyama, M., Sugawara, D., Tokuyama, T., Okuda, Y., Wakamatsu, K., **Akashi, H.**, Orita, A., (2023) “Synthesis, optical properties and crystal structure of (E,E)-1,3-(3,4:9,10-dibenzododeca-1,11-diene-5,7-diyne-1,12-diyl)benzene” *Acta Crystallographica, Section E: Crystallographic Communications*, 79(8), 757-761.
- H. Fukue, **T. Nakatani**, T. Okano, M. Kuroiwa, S. Kunitsugu, H. Oota, K. Yonezawa, Effect of tail time of discharge current on film properties in diamond-like carbon deposition by high-frequency inclusion high-power impulse magnetron sputtering, *Diamond and Related Materials*, 135, 109868, (2023).
- Y. Imai, H. Fukue, **T. Nakatani**, S. Kunitsugu, N. Kuwada, Y. Fujii, D. Ousaka, S. Oozawa, T. Uchi, Ultra-hydrophilic Diamond-like Carbon Coating on an Inner Surface of a Small-diameter Long Tube with an Amino Group by AC High-voltage Plasma Discharge, *Journal of Photopolymer Science and Technology*, 36 (5), pp. 379-384, (2023).
- N. Kuwada, Y. Fujii, **T. Nakatani**, D. Ousaka, T. Tsuji, Y. Imai, Y. Kobayashi, S. Oozawa, S. Kasahara, K. Tanemoto, Diamond-like carbon coating to inner surface of polyurethane tube reduces *Staphylococcus aureus* bacterial adhesion and biofilm formation, *Journal of Artificial Organs*, DOI: 10.1007/s10047-023-01403-1(9), (2023).
- T. Goyama, Y. Fujii, G. Muraoka, **T. Nakatani**, D. Ousaka, Y. Imai, N. Kuwada, T. Tsuji, T. Shuku, H. A. Uchida, M. Nishibori, S. Oozawa & S. Kasahara, Comprehensive hemocompatibility analysis on the application of diamond-like carbon to ePTFE artificial vascular prosthesis, *Scientific Reports*, 13 (1), DOI: 10.1038/s41598-023-35594-7, (2023).
- 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).
- 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)
- 佐藤岳彦, 岡崎和貴, 中島智樹, 藤村茂, **中谷達行**, プラズマ産業革新技術第4章農業・医療・バイオ分野への応用 5「大気圧低温プラズマ流によるコンタクトレンズ滅菌装置の開発」, シーエムシー出版, pp.284-293, (2023年)
- 中谷達行**, 藤井泰宏, 栗田憲明, 和田里章悟, バイオフィーム革新的制御技術(監修者:野村暢彦, 尾花望, 豊福雅典, 久能樹)第2編バイオフィーム最新研究第6章表面処理によるバイオフィーム形成阻害第2節「医療用ダイヤモンド状炭素(DLC)成膜によるバイオフィーム形成抑制」, pp.305-317, (2023年)
- 中谷達行**, 今井裕一, 國次真輔, 藤井泰宏, むれ性の制御と表面処理・改質技術, 第2章 各種表面処理・改質技術の原理とその効果第17節「DLC 薄膜の形成と表面処理・改質への応用」, 技術情報協会, pp.346-353, (2023年)
- 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)
- 藤井泰宏, 逢坂大樹, **中谷達行**, Diamond-Like Carbon の最近の進歩と人工血管への応用, Medical Science Digest, Vol.49 (12), pp.36-39 (2023)
- 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)
- 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, 八女市田本1号窯跡発掘調査報告書, 八女市教育委員会 (in press)
- 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 (in press)
- 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, 畠山唯達, 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)
- 畠山唯達, 近江坂本城跡出土瓦の残留磁化測定による被熱履歴分析, 坂本城跡出土瓦の再整理, 大津市埋蔵文化財調査報告書, 160, 27-34 (2023)

- 畠山唯達, 北原優, 史跡周防鑄銭司跡第7次発掘区画における表面初磁化率(帯磁率)と磁場の探査, 史跡周防鑄銭司跡の研究 - 第7次発掘調査概要報告書 -, 51-52 (2023)
- Tema, E, Santos, Y., Trindade, R., Hartmann, G.A., **Hatakeyama, T.**, Terra-Nova, F., Matsumoto, N., Mitsumoto, J., Gulmini, M., Archaeointensity record of weak field recurrence in Japan: New data from Late Yayoi and Kofun ceramic artifacts, *Geophys. J. Int.*, 233, 950-963, <https://doi.org/10.1093/gji/ggac498> (2023)
- Phukon, P., Hussain, M.S., **Imayama, T.**, Wang, J.-M., Aoki, K., Behera, S., in press. 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., Siddiqui, 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 Moriri Complex, NW Himalaya: Implication for Early Paleozoic rifting. *Geological Magazine*, 160(11), 1975-1982.
- Imayama, T.**, Bose, N., Yi, K., Jeong, Y.-J., Horie, K., Takehara, M. and Kawabata, R. (2023). Zircon U–Pb, Hf, and O isotopic constraints on the tectonic affinity of the basement of the Himalayan orogenic belt: Insights from metasedimentary rocks, orthogneisses, and leucogranites in Garhwal, NW India. *Precambrian Research* 397, 107183.
- Takeshita, T., **Imayama, T.**, Ando, M., Kimura, Y., and Python, M. (2023). Pressure-temperature paths of tectonic blocks in mélangé: Recording thermal evolution of a subduction channel at an initial stage of subduction. *Journal of Metamorphic Geology*, 41(6), 787–816.
- Watanabe, S., Hasegawa, T., Obata, N., Toyoda, S., and **Imayama, T.** (2023). Eruption history and magma plumbing system of Futamatayama Volcano, southern Fukushima, Japan. *The Journal of the Geological Society of Japan*, v. 129, 307-324.
- Bose, N., **Imayama, T.**, Kawabata, R., Gupta, S., and Yi, K. (2023). Intra-channel detachment in a collisional orogen: the Jhala Normal Fault in the Bhagirathi river section, Garhwal Higher Himalaya, India. *Journal of Earth System Science*, v. 132, no. 6.
- 牧 祥, 「タンパク質の構造解析手法 In silico スクリーニングへの応用事例」“3 章第 9 節 磁気力ブラスターを利用した完全無容器結晶成長”, pp. 214-222, (株) 技術情報協会, 東京 (2023). ISBN978-4-86104-971-2
- S. Maki**, S. Tanaka, K. Miyagi, T. Mori, Y. Isaka, M. Hagiwara, and Seiji Fujiwara, “Thermal conductivity and thermal diffusivity of lysozyme crystals, the c-axis of which is magnetically orientated along the direction of the probe wire”, *Experimental Heat Transfer* 36 (4), (17 pages) (April 2023). DOI: 10.1080/08916152.2023.2197903
- S. Maki**, Y. Hatsuda, T. Ishizaka, S. Omotani, N. Koizumi, Y. Yasui, T. Saito, M. Myotoku, T. Imaizumi, “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, pp. 245-264, (September 2023).
- Ota T, Takao T, **Iwai R**, Moriwaki T, Kitaguchi Y, Fujisawa Y, Yamada D, Kimata Y, Takarada T., Fabrication of shape-designable cartilage from human induced pluripotent stem cell-derived chondroprogenitors using a cell self-aggregation technique. *Biomed Mater.* 2023 Oct 24;18(6).
- 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.
- 森和樹, 河島毅之, 梅野惟史, 和田朋之, 首藤敬史, 穴井博文, 中山泰秀, **岩井良輔**, 宮本伸二, 生体内組織形成術 (IBTA) による末梢血管バイパスグラフトの開発, *日本血管外科学会雑誌* 32(Suppl.) SP1-2 2023 年.
- 岩井麻理菜, **岩井良輔**, 平面付着細胞からの増殖性細胞凝集小塊の連続形成誘導, *Bull. Inst. Front. Sci. Tech., Okayama Univ. of Sci.*, No.5, pp35-38 2023 年.
- 花木祥二郎, 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.

兼務研究員

- Youn EK, Cho HM, Jung JK, Yoon GE, **Eto M**, Kim JI. Pathologic HDAC1/c-Myc signaling axis is responsible for angiotensinogen transcription and hypertension induced by high-fat diet. *Biomed Pharmacother*. vol. 164, pp. 114926 (2023).
- Tanaka Y, Ito SI, Honma Y, Hasegawa M, Kametani F, Suzuki G, Kozuma L, Takeya K, **Eto M**. Dysregulation of the progranulin-driven autophagy-lysosomal pathway mediates secretion of the nuclear protein TDP-43. *J Biol Chem*. vol. 299(11), pp. 105272, (2023).
- Kirkbride JA, Nilsson GY, Kim JI, Takeya K, Tanaka Y, Tokumitsu H, Suizu F, **Eto M**. 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).
- Ikeda H, Ihara E, Takeya K, Mukai K, Onimaru M, Ouchida K, Hata Y, Bai X, Tanaka Y, Sasaki T, Saito F, **Eto M**, Nakayama J, Oda Y, Nakamura M, Inoue H, Ogawa Y. The interplay between alterations in esophageal microbiota associated with Th17 immune response and impaired LC20 phosphorylation in achalasia. *J Gastroenterol*. vol. 59(5), pp. 361-375, (2024).
- Tanaka Y, Kozuma L, Hino H, Takeya K, **Eto M**. Abemaciclib and Vacuolin-1 decrease aggregate-prone TDP-43 accumulation by accelerating autophagic flux. *Biochem Biophys Rep*. vol.38, pp. 101705 (2024).

- H. Watanabe, K. Ekuni, Y. Okuda, R. Nakayama, K. Kawano, T. Iwanaga, A. Yamaguchi, T. Kiyomura, H. Miyake, M. Yamagami, T. Tajima, T. Kitai, T. Hayashi, N. Nishiyama, Y. Kusano, H. Kurata, Y. Takaguchi, **A. Orita**, Composite Formation of Anthrylene- and Ferrocenoyl-Substituted Phenylene-ethynylenes with Single-Wall Carbon Nanotubes (SWCNTs), *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **2023**, *96*, 57–64.
- L. Peng, Y. Zhao, Y. Okuda, L. Le, Z. Tang, S.-F. Yin, R. Qiu, **A. Orita**, Process-Divergent Syntheses of 4- and 5-Sulfur-Functionalized 1,2,3-Triazoles via Copper-Catalyzed Azide–Alkyne Cycloadditions of 1-Phosphinyl-2-sulfanylethynes, *J. Org. Chem.*, **2023**, *88*, 3089–3108.
- H. Watanabe, T. Sato, M. Sumita, M. Shiroyama, D. Sugawara, T. Tokuyama, Y. Okuda, K. Wakamatsu, H. Akashi, **A. Orita**, Synthesis, optical properties and crystal structure of (*E, E*)-1,3-(3,4:9,10-dibenzododeca-1,11-diene-5,7-diyne-1,12-diyl)benzene, *Acta Cryst.*, **2023**, *E79*, 757.
- 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 Diarylamines 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 Arylethynide, 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*, Accepted.
- 猶原 順、チャオ 小葉、中国人、ミャンマー人と日本人の毛髪中元素濃度測定、岡山理科大学紀要 (59A、87-92) 2023.
- 猶原 順、チャオ 小葉、中国、ミャンマーと日本の飲用水中元素濃度と毛髪中元素濃度の関係、岡山理科大学フロンティア理工学研究所研究報告、(5、27-30) 2023.
- 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.
- 山城茉唯, 寺戸大樹, 榎本梨世, 飯間匠海, 橋川成美, 橋川直也, うつ病モデルとしての社会敗北マウスの意欲評価におけるメス選択性試験の有用性, 岡山理科大学紀要 A, 自然科学 第 59 号, pp. 51-56, (2023) .
- Narumi Hashikawa**-Hobara, Kyoshiro Fujiwara, Naoya Hashikawa, CGRP causes anxiety via HPL γ -KLF11-MAOB pathway and dopamine in the dorsal hippocampus, *Communications Biology*, Mar 19; 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*, Aug 8; 14: 18377, (2024).
- H. Watanabe, K. Ekuni, **Y. Okuda**, R. Nakayama, K. Kawano, T. Iwanaga, A. Yamaguchi, T. Kiyomura, H. Miyake, M. Yamagami, T. Tajima, T. Kitai, T. Hayashi, N. Nishiyama, Y. Kusano, H. Kurata, Y. Takaguchi, **A. Orita**, Composite Formation of Anthrylene- and Ferrocenoyl-Substituted Phenylene-ethynylenes with Single-Wall Carbon Nanotubes (SWCNTs), *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **2023**, *96*, 57–64.

- L. Peng, Y. Zhao, **Y. Okuda**, L. Le, Z. Tang, S.–F. Yin, R. Qiu, A. Orita, Process-Divergent Syntheses of 4- and 5-Sulfur-Functionalized 1,2,3-Triazoles via Copper-Catalyzed Azide–Alkyne Cycloadditions of 1-Phosphinyl-2-sulfanylethyne, *J. Org. Chem.*, 2023, 88, 3089–3108.
- H. Watanabe, T. Sato, M. Sumita, M. Shiroyama, D. Sugawara, T. Tokuyama, **Y. Okuda**, K. Wakamatsu, H. Akashi, A. Orita, Synthesis, optical properties and crystal structure of (E, E)-1,3-(3,4:9,10-dibenzododeca-1,11-diene-5,7-diyne-1,12-diyl)benzene, *Acta Cryst.*, 2023, E79, 757.
- 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 Diarylamines 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)-Enediynes 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, Accepted.
- M. Tanabe, K. Aoki, **K. Chiba**, M. Saneyoshi, S. Kodaira, H. Nishido, B. Mainbayar, K. Tsogtbaatar, and S. Ishigaki, Apatite U–Pb dating of dinosaur teeth from the Upper Cretaceous Nemegt Formation in the Gobi Desert, Mongolia: Contribution to depositional age constraints, *Island Arc*, vol. 32, e12488, (2023).
- K. Ito, T. Kinugasa, **K. Chiba**, Y. Okuda, R. Takasaki, S. Hida, T. Okoshi, R. Hayashi, K. Yoshida, and K. Osuka, The robotic approach to the passive interlocking mechanism in the hindlimb musculoskeletal system of *Crocodylus porosus*, *Advanced Robotics*, vol. 37 (18), pp. 1187–1197, (2023).
- K. Chiba**, M.J. Ryan, M. Saneyoshi, S. Konishi, Y. Yamamoto, D.C. Evans, T. Chinzorig, P. Khatanbaatar, Z. Badamkhatan, B. Mainbayar, and K. Tsogtbaatar, New insights on the frill ornamentations of protoceratopsids, *Windows Into Sauropsid and Synapsid Evolution – Essays In honor of Prof. Louis L. Jacobs*, pp. 140–150, (2023).
- B. Buyantegsh, M. Saneyoshi, B. Mainbayar, **K. Chiba**, M. Takahashi, S. Ishigaki, and K. Tsogtbaatar, Lithofacies and paleoenvironmental analysis of the Upper Cretaceous successions: Yagaan Khovil fossil locality, central Gobi region, Mongolia, *Mongolian Geoscientist*, vol. 28, pp. 42–50, (2023).
- K. Aoki, **K. Chiba**, T. Kogiso, K. Murakami, and K. Tsogtbaatar, Yttrium mapping on fossil teeth by micro-XRF for apatite U–Pb dating, *Naturalistae*, vol. 28, pp. 7–13, (2024).
- 林昭次, 山下浩之, 高橋亮雄, 千葉謙太郎, 實吉玄貴, 富岡直人, 衣笠哲也, 名取真人, 辻極秀次, 宇根有美, 奥田ゆう, 市川美和, 石垣忍, アフリカゾウ骨格標本作製を通じた教育コンテンツの開発と実践, *岡山理科大学教育実践研究*, vol. 7, pp. 101–106, (2024).
- K. Ito, S. Hida, T. Kinugasa, **K. Chiba**, Y. Okuda, M. Ichikawa, T. Okoshi, R. Takasaki, R. Hayashi, K. Yoshida, and K. Osuka, Cam-Like Mechanism in Intertarsal Joints of Ratites and its Design Framework, *Journal of Robotics and Mechatronics*, vol. 36 (2), pp. 406–414, (2024).
- T. Tanaka, **K. Chiba**, T. Ikeda, and M.J. Ryan, A new neoceratopsian (*Ornithischia*, *Ceratopsia*) from the Lower Cretaceous Ohyamashimo Formation (Albian), southwestern Japan, *Papers in Palaeontology*, vol. 10 (5), e1587, (2024).

- 木村文一, 小林隆樹, 溝口貴弘, 大河戸光章, 岡山香里, 福留伸幸, 富安 聡, 阿部 仁.
ポケットマスター臨床検査知識の整理病理学 / 病理組織細胞学 第2版, 5章「細胞学的検査法」, 医歯薬出版株式会社, pp.292-303, 2020年.
- 宿谷賢一, 山本紀子, 富安 聡, 石山雅大, 田中雅美, 森藤哲史, 安井 寛, 大崎博之, 横山 貴, 山下美香, 高橋敏宏, 脇田 満, 熊谷 貴, 川上保子, 横山千恵, 松岡実紀子, 古城公佑, 川満紀子, 米山正芳, 本間慎太郎. (共著): 見て学ぶ一般検査学アトラス - 外観検査から顕微鏡検査まで -, 2章「尿沈渣検査に必要な組織像」, 医学書院, pp87-96, 2024年.
- Shukuya K, Morita Y, Hisasue T, Ono Y, Takayanagi Y, **Tomiyasu S**, Kurano M, Yatomi Y, Tanaka M. Comparison of the clinical performance of the Atyp.C parameter of the UF-5000 fully automated urine particle analyzer with that of microscopic urine sediment analysis, *Practical Laboratory Medicine*, vol. 36, e00328, (2023).
- Sosho Kajiwara, Yu Hasegawa, Kana Fujimori, **Satoshi Tomiyasu**, Koki Kameno, Hiroki Uchikawa, Motohiro Morioka. Persistent brain exposure to high sodium induced stroke onset by upregulation of cerebral microbleeds and oxidative stress in hypertensive rats, *Hypertension Research*, vol. 47 (1), pp. 78-87, (2024).

学会発表論文

フロンティア理工学研究所研究員

- 尾崎 真衣, 杉森 保, 赤司 治夫, 御厨 正博, 半田 真: 環周辺にオキシエチレン鎖を4および8個導入した両親媒性フタロシアニンの合成と性質. 日本化学会 第105春季年会 ([PB]-2pm-23) 関西大学千里山キャンパス 2025年3月26日~3月29日.
- 上田玲実, 尾崎真衣, 赤司治夫, 御厨正博, 半田真: 環周辺の α 位にトリメチルアミノエトキシカチオン基を導入したフタロシアニン錯体の合成と性質. 第12回日本化学会中国四国支部大会岡山大会 (2PC-46) 岡山大学津島キャンパス 2024年11月16日~11月17日.
- Haruo Akashi**: Synthesis and cathartic activity of an oxotitanium fluorochlorin complex, The 29th International SPACC symposium (IL01), Hokkaido University, 2024年9月5日~9月6日. Invited lecture.
- 中島しの, 石川玲奈, 赤司治夫: 水溶性フッ素化クロリン鉄(III)錯体の触媒活性. 日本化学会 第104春季年会, 日本大学船橋キャンパス 2024年3月18日~21日, ポスター.
- 佐藤勇介, 中島海, 中島しの, 赤司治夫, 御厨正博, 半田真: ホルムアミジナート架橋二核錯体の磁氣的性質に及ぼす軸配位子の影響. 日本化学会中国四国支部大会 山口大会 (2PA-32), 山口大学 常盤キャンパス 2023年11月11日~12日, ポスター.
- Kai Nakashima, Shino Nakashima, **Haruo Akashi**, Masahiro Mikuriya, and Makoto Handa: Synthesis and Properties of a μ -Tri-chlorido-bridged Acetylacetonato Diruthenium(III) Complex, The 2023 Annual SPACC Meeting/The 3rd International OUS Frontier Symposium (P-14), Okayama University of Science, 2023年9月1日, poster.
- Reina Ishikawa, and **Haruo Akashi**: Reactions of the Cobalt(II) complex of fluorochlorin with styrene and its Derivatives, The 2023 Annual SPACC Meeting/The 3rd International OUS Frontier Symposium (P-15), Okayama University of Science, 2023年9月1日, poster.
- Shino Nakashima, and **Haruo Akashi**: X-ray structure of Gold (III) complex of 5,10,15,20-tetrakis (pentafluorophenyl)-2,3-(methano(N-methyl)iminomethano) chlorin, The 2023 Annual SPACC Meeting/The 3rd International OUS Frontier Symposium (P-16), Okayama University of Science, 2023年9月1日, poster.
- 中島しの, 赤司治夫: 糖連結フッ素化クロリンを配位子とする鉄(III)錯体の合成と性質. 日本化学会 第103春季年会 (K503-1vn-07), 東京理科大学 野田キャンパス 2023年3月22日~3月25日, 口頭.
- 半田真, 浦田友寛, 中島海, 杉森保, 赤司治夫, 御厨正博: 環周辺の α 位に8個のトリ(オキシエチレン)鎖を導入した両親媒性フタロシアニン錯体の合成と性質 (P1-1am-28) 日本化学会 第103春季年会 (K503-1vn-07), 東京理科大学 野田キャンパス 2023年3月22日~3月25日, ポスター.

- Hiroyuki Fukue, **Tatsuyuki Nakatani**, Tadayuki Okano, Masahide Kuroiwa, Shinsuke Kunitsugu, Susumu Takabayashi, Hiroki Oota, Ken Yonezawa, Evaluation parameter in HiPIMS method: proposal of tail time, 25th International Symposium on Plasma Chemistry: ISPC25, POS-8-206, Miyako Messe Kyoto, (2023)
- Y. Imai, H. Fukue, **T. Nakatani**, S. Kunitsugu, N. Kuwada, Y. Fujii, D. Ousaka, S. Oozawa, T. Uchi, Ultra-hydrophilic Diamond-like Carbon Coating on an Inner Surface of a Small-diameter Long Tube with an Amino Group by AC High-voltage Plasma Discharge, The 39th International Conference of Photopolymer Science and Technology Materials & Processes for Advanced Lithography, Nanotechnology and Phototechnology, B2-1-3, June 27 - 30, (2023).
- R. Ichiki, R. Kometani, R. Yamaguchi, **T. Nakatani**, M. Sonoda, T. Furuki, and S. Kanazawa, Surface Oxidization of Mg Alloy with Pulse d Arc Plasma Jet to Reduce Dissolvability, The 33rd Annual Meeting of MRS-J, I-O16-009, Industry & Trade Center Bldg., November 14 (Tue.) - 7 (Thu.), (2023)
- Yuichi Imai, Hiroyuki Fukue, Kazuma Tanaka, **Tatsuyuki Nakatani**, Shinsuke Kunitsugu, Susumu Takabayashi, Investigation of the number of fitting bands for Raman spectroscopy in DLC films - using AC HV methane plasma CVD method as an example, MRM2023/IUMRS-ICA2023 Grand Meeting, G1-P501-10, DECEMBER 11-16 KYOTO, (2023)
- Hiroyuki Fukue, **Tatsuyuki Nakatani**, Tadayuki Okano, Masahide Kuroiwa, Shinsuke Kunitsugu, Susumu Takabayashi, Hiroki Oota, Ken Yonezawa, Raman mapping of DLC films using the HF-HiPIMS method to investigate the sp² cluster model,” MRM2023/IUMRS-ICA2023 Grand Meeting, MRM2023/IUMRS-ICA2023 Grand Meeting, G1-P501-03, DECEMBER 11-16 KYOTO, (2023)
- Hiroyuki Fukue, Yoshihisa Osano, Susumu Takabayashi, Shinsuke Kunitsugu4 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), Ookayama 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 Fukue, 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)
- 中谷達行, DLCの医療応用の現状と将来展望, 関東学院大学材料・表面工学研究所第31回技術フォーラム, 【オンライン】, 2023年2月21日(火)【招待講演】
- 福江紘幸, 中谷達行, 岡野忠之, 黒岩雅英, 國次真輔, 太田裕己, 米澤健, 医療用DLC膜のためのHiPIMS放電のプラズマ診断, 第4回OUSフロンティアセミナー, p.22, 2023年2月24日(金)

- 石原誠也, 福江紘幸, 中谷達行, 岡野忠之, 黒岩雅英, 國次真輔, 太田裕己, 米澤健, 医療用 DLC 膜のためのアーク抑制型 HiPIMS 法による炭素結合評価, 第 4 回 OUS フロンティア セミナー, p.23, 2023 年 2 月 24 日 (金)
- 三宅孝昌, 福江紘幸, 清水一郎, 中谷達行, 國次真輔, 本川正規, 松岡秀雄, 交流高電圧プラズマ CVD 法によるクロマトグラフィー用の DLC 成膜技術の開発, 第 4 回 OUS フロンティア セミナー, p.25, 2023 年 2 月 24 日 (金)
- 三宅孝昌, 福江紘幸, 清水一郎, 中谷達行, 國次真輔, 本川正規, 松岡秀雄, 交流高電圧プラズマ CVD 法を用いたステンレス細管内腔への DLC 成膜における周波数が化学結合に及ぼす影響, 表面技術協会第 147 回講演大会, p.65, 千葉工業大学, 2023 年 3 月 7 日 (火) ~ 8 日 (水)
- 福江紘幸, 中谷達行, 岡野忠之, 黒岩雅英, 國次真輔, 太田裕己, 米澤健, HF-HiPIMS 法を用いた DLC 成膜における発光分光法によるプラズマ診断, 表面技術協会第 147 回講演大会, p.4, 千葉工業大学, 2023 年 3 月 7 日 (火) ~ 8 日 (水)
- 石原誠也, 福江紘幸, 中谷達行, 岡野忠之, 黒岩雅英, 國次真輔, 太田裕己, 米澤健, HF-HiPIMS 法を用いた DLC 成膜におけるパルス幅が炭素結合に及ぼす影響, 表面技術協会第 147 回講演大会, p.5, 千葉工業大学, 2023 年 3 月 7 日 (火) ~ 8 日 (水)
- 福江紘幸, 中谷達行, 岡野忠之, 黒岩雅英, 國次真輔, 鷹林将, 太田裕己, 米澤健, HiPIMS および高周波 HiPIMS 法を用いた DLC 膜の化学結合評価, 第 70 回応用物理学会春季学術講演会, 15p-A408-2, 上智大学四谷キャンパス, 2023 年 3 月 15 日 (水) ~ 18 日 (土)
- 福江紘幸, 中谷達行, 岡野忠之, 黒岩雅英, 國次真輔, 太田裕己, 米澤健, 鷹林将, 高周波 HiPIMS 法を用いた DLC 膜の膜密度と炭素結合の関係, 第 70 回応用物理学会春季学術講演会, 15p-A408-3, 上智大学四谷キャンパス, 2023 年 3 月 15 日 (水) ~ 18 日 (土)
- 福江紘幸, 中谷達行, 岡野忠之, 黒岩雅英, 國次真輔, 鷹林将, 太田裕己, 米澤健, HF-HiPIMS 法を用いた DLC 膜のラマンマッピングによる sp² クラスタモデルの検討, 表面技術協会第 148 回講演大会, p.125, 山形大学米沢キャンパス, 2023 年 9 月 4 日 (月) ~ 5 日 (火)
- 福江紘幸, 中谷達行, 岡野忠之, 黒岩雅英, 國次真輔, 鷹林将, 太田裕己, 米澤健, HF-HiPIMS 法を用いた DLC 膜のラマンスペクトルにおけるフィッティングバンド数の検討, 第 84 回 応用物理学会秋季学術講演会, 20p-C402-4, 熊本市国際交流会会館, 2023 年 9 月 19 日 (火) ~ 23 日 (土)
- 中谷達行, 第 8 回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 47 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】, 2023 年 11 月 21 日 (火)【依頼講演】
- 福江紘幸, 米澤健, 中谷達行, 岡野忠之, 黒岩雅英, 國次真輔, 太田裕己, DLC 膜のラマンマッピングによる炭素結合のモデル化の提案, OUS フォーラム 2023 アブストラクト集, p.8, 岡山プラザホテル, 2023 年 11 月 27 日 (月)
- 有田誠一, 玄馬宗治, 福江紘幸, 米澤健, 中谷達行, 岡野忠之, 黒岩雅英, 國次真輔, 太田裕己, 高周波 HiPIMS 法による DLC 膜物性の最適化, OUS フォーラム 2023 アブストラクト集, p.9, 岡山プラザホテル, 2023 年 11 月 27 日 (月)
- 高畑直矢, 今井裕一, 福江紘幸, 中谷達行, 國次真輔, 今井裕一, 交流高電圧プラズマを用いた医療用チューブの超親水性とゼータ電位の制御, OUS フォーラム 2023 アブストラクト集, p.45, 岡山プラザホテル, 2023 年 11 月 27 日 (月)
- 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. SessionNo.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, 米沢健, 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】
- 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, 山形真理子, 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, 山形真理子, ベトナム・ニョン
 タ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)
- 畠山唯達, 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)
- 畠山唯達, 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)
- Sato, M., Kimura, Y., Tanaka, S., **Hatakeyama, T.**, Sugita, S., Nakamura, T., Tachibana, S., Okumizu, S.,
 Watanabe, 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., Rock Magnetic Characterization of Returned
 Samples From Asteroid (162173) Ryugu, American Geophysical Union 2023 Fall Meeting,
 GP23A-06, サンフランシスコ & オンライン, 2023 年 12 月 11 ~ 15 日, (2023, invited)
- Uchida, T., Hashimoto, Y., Yamamoto, Y., **Hatakeyama, T.**, The secondary magnetization indicating
 exothermic event in the fossil seismic fault, American Geophysical Union 2023 Fall Meeting,
 T23C-0266, サンフランシスコ & オンライン, 2023 年 12 月 11 ~ 15 日, (2023)
- 畠山唯達, 平川 忠, 赤井夕希子, 加藤千恵, 足立達朗, 備前焼中世古窯復元窯における内部温度の時
 間変化, 第 28 回岡山市リサーチパーク研究・展示発表会, テクノサポート岡山, 2023 年 12 月 12 日,
 (2023)
- Kawamura, N., **Hatakeyama, T.**, Kitahara, Y., Kaneko, S., Recent Studies of Magnetic Survey of Forensic
 Geology in Japan, New Horizons in Forensic Geoscience: The Bedrock of International Security, ロ
 ンドン, 2023 年 12 月 4 ~ 5 日, (2023)
- 畠山唯達, 平川 忠, 赤井夕希子, 加藤千恵, 足立達朗, 備前焼中世古窯復元窯における内部温度の時
 間変化, 日本文化財科学会第 40 回大会, 奈良文化財研究所 & 奈良県立なら歴史芸術文化村,
 2023 年 10 月 20 ~ 22 日, (2023)
- 加藤千恵, 畠山唯達, 足立達朗, 被熱による粘土～土器中の磁性鉱物の生成と変化について (1) - 復
 元窯焼成実験と段階熱磁気分析による逐次観察から -, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2023
 年秋季大会, R004-P09, 東北大学 & オンライン, 2023 年 9 月 23 ~ 27 日, (2023)
- 畠山唯達, 加藤千恵, 足立達朗, 熱による粘土～土器中の磁性鉱物の生成と変化について (2) - 最
 高到達温度と生成磁性鉱物の関係性 -, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2023 年秋季大会,
 R004-P10, 東北大学 & オンライン, 2023 年 9 月 23 ~ 27 日, (2023)
- 畠山唯達, 加藤千恵, 足立達朗, 熱による粘土～土器中の磁性鉱物の生成と変化について (2) - 最
 高到達温度と生成磁性鉱物の関係性 -, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2023 年秋季大会,
 R004-P10, 東北大学 & オンライン, 2023 年 9 月 23 ~ 27 日, (2023)
- 山本裕二, 中久保辰夫, 足立達朗, 北原 優, 畠山唯達, 奈良県の布留遺跡から出土した土器の予察的
 な胎土・磁気分析, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2023 年秋季大会, R004-P11, 東北大学 &
 オンライン, 2023 年 9 月 23 ~ 27 日, (2023)
- 北原 優, 畠山唯達, 山形真理子, グエン ヴィエト, 考古岩石磁気学的手法によるベトナム・ランヴァ
 イン岩陰遺跡土壌の被熱判定, 地球電磁気・地球惑星圏学会 2023 年秋季大会, R004-P12,
 東北大学 & オンライン, 2023 年 9 月 23 ~ 27 日, (2023)
- 加藤千恵, 畠山唯達, 足立達朗, 土器焼成時の磁性鉱物の生成について, 地磁気・古地磁気・岩石磁
 気夏の学校 2023, 愛知教育大学, 2023 年 8 月 28 ~ 30 日, (2023)
- 畠山唯達, 考古地磁気において熱消磁曲線が折れ曲がる件, 地磁気・古地磁気・岩石磁気夏の学校
 2023, 愛知教育大学, 2023 年 8 月 28 ~ 30 日, (2023)
- 佐藤雅彦, 木村勇気, 田中智, 畠山唯達, 杉田精司, 中村智樹, 橘省吾, 奥住聡, 渡邊誠一郎, ほか 19
 名, Rock-magnetic and paleomagnetic studies of returned samples from asteroid (162173) Ryugu,
 日本地球惑星科学連合 2023 年大会, SEM15-02, 2023 年 5 月 21 ~ 26 日, 幕張メッセ (千葉市)
 & オンライン, (2023)

- 畠山唯達, 横田大峻, 北原優, 中村直子, 弥生時代の古地磁気強度変化について, 日本地球惑星科学連合 2023 年大会, SEM15-03, 2023 年 5 月 21 ~ 26 日, 幕張メッセ (千葉市) & オンライン, (2023)
- 吉村由多加, 安鉦善, 山本裕二, 穴井千里, 田尻義了, 畠山唯達, 大野正夫, 石勺遺跡の弥生土器を用いた約 1800 年前の考古地磁気強度推定: 速報, 日本地球惑星科学連合 2023 年大会, SEM15-P15, 2023 年 5 月 21 ~ 26 日, 幕張メッセ (千葉市) & オンライン, (2023)
- Tema, E., **Hatakeyama, T.**, Ferrara, E., Davit, P., Polymeris, G.S., Mitsumoto, J., Matsumoto, N., Rock magnetism for investigating the firing temperature of ancient ceramic artifacts: The case of the Sada Nishizuka coffin, Japan, European Geoscience Union General Assembly 2023, EGU23-15328, ウィーン & オンライン, 2023 年 4 月 23 ~ 27 日, (2023)
- 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 Morari 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 Morari 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.
- Imayama, T.**, Bose, N., Yi, K., Jeong, Y.-J., Horie, K., Takehara, M. and Kawabata, R.: Zircon U-Pb, Hf and O isotopic constraints on the pre-Himalayan crustal evolution: Insights from metasediment, orthogneiss and leucogranite in Garhwal, NW India. 2023 Goldschmidt Conference, 2023 年 7 月, poster.
- Imayama, T.**, Dripta, D., and Yi, K.: The origin of the ultrahigh-pressure Tso Morari Complex, NW Himalaya: Implication for Early Paleozoic rifting. 2023 Japan Geoscience Union Meeting, 2023 年 5 月, 口頭.
- Imayama, T.**, Sato, A., Dutta, D., Kaneda, Y., Watanabe, S., Hasegawa, Minami, M., Wakasugi, Y., Wakaki, S., and Yi, K.: Magmatic response to the subduction initiation of Early Cretaceous Nidar Ophiolite Complex, eastern Ladakh, NW Himalaya. 2023 EGU General Assembly, 2023 年 4 月, 口頭.
- S. Maki**, "Techniques for using a magnetic force booster as a stirrer", The 2023 Annual SPACC Meeting and the 3rd International OUS Frontier Symposium, Science of new functional materials and devices that contribute to achieving SDGs, September 1, 2023, Okayama, Japan, (September 2023).
- S. Maki**, M. Fujiwara, M. Hagiwara, Y. Fujiwara, "Protein crystallization using the method of magnetic levitation", The 9th International Workshop on Materials Analysis and Processing in Magnetic Fields, MAP9, Miyazaki, Kyushu, Japan, p.7, (11-14, December 2023).
- 高橋栄次, 田中誠一, 牧 祥, 藤原誠之, 宮城光汰, 岡崎友平, "V 字型加振容器を用いたタンパク質結晶の熱物性値測定", 第 44 回日本熱物性シンポジウム, 日本大学生産工学部 津田沼キャンパス, A112 (2023, 11, 7-9).

- 牧 祥, “磁気力ブースターによる対流制御”, OUS フォーラム 2023 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 15, ポスター発表 (2023, 11, 27).
- 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).
- 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).
- 福島宗一郎, 岩井良輔, 小泉誠, 長谷川実奈美, 藤魯鵬, 岡野ジェイムス洋尚, 大木隆生, 大動脈瘤に対する幹細胞ファイバーを用いた新規血管内治療戦略: 瘤壁での組織再生を目指す低侵襲治療確立を目指して, 第123回日本外科学会定期学術集会, グランドプリンスホテル新高輪 (東京), 2023年4月29日.
- 小栗大侑, 吉鶴歩実, 橋本真悟, 岩井良輔, 森脇健司, スキャホールドフリー三次元骨格筋様組織体の形成とその収縮力計測, 日本機械学会 第35回バイオエンジニアリング講演会, 日立システムズホール仙台 (仙台), 2023年6月4日 (日).
- 藤魯鵬, 福島宗一郎, 小泉誠, 長谷川実奈美, 岡野ジェイムス洋尚, 大木隆生, 岩井良輔, 経カテーテル細胞移植を指向したファイバー状細胞凝集塊の作製, 日本機械学会 第35回バイオエンジニアリング講演会, 日立システムズホール仙台 (仙台), 2023年6月4日 (日).
- 吉鶴歩実, 藤原溪, 米田大珠, 伊豆弥生, 橋本真悟, 森脇健司, 岩井良輔, 生体骨格模倣筋-腱連結組織体作製のための培養・組織工学的検討, 日本機械学会 第35回バイオエンジニアリング講演会, 日立システムズホール仙台 (仙台), 2023年6月4日 (日).
- Shingo Hashimoto, Akihiko Sugiyama, Yoshihiro Kimata, **Ryosuke Iwai**, Preparation of vascular endothelialized fiber-shaped tissues for potential application in vascular toxicity testing by using cell self-aggregation technique, 第50回日本毒性学会学術年会, パシフィコ横浜 (横浜), 2023年6月21日.
- Jia Teng, **Ryosuke Iwai**, Marina Iwai, Induction of cell aggregates generation from cells adhered on two dimensional environment~Proposal for the creation of tumorigenesis and growth models~, 第50回日本毒性学会学術年会, パシフィコ横浜 (横浜), 2023年6月21日.
- 岩井良輔, 細胞自己凝集化技術の開発と生体模倣組織体の作製~再生医療、創薬試験や研究ツールへの応用を目指して~, 第65回日本平滑筋学会総会, 東京大学 (東京), 2023年8月4日. 招待講演
- 岩井良輔, 細胞の自己凝集化技術を用いた組織形成: 再生医療や培養モデルとしての応用を目指して, 日本組織培養学会 第95回大会, 岡山大学 (岡山), 2023年8月31日. 招待講演
- 藤魯鵬, 福島宗一郎, 小泉誠, 長谷川実奈美, 岡野ジェイムス洋尚, 大木隆生, 岩井良輔, X線造影粒子を担持したファイバー状細胞凝集塊の作製と組織学的評価: 経カテーテルによる低侵襲動脈再生治療を目指して, 日本組織培養学会 第95回大会, 岡山大学 (岡山), 2023年9月1日.
- 岩井麻理菜, 藤佳, 岩井良輔, 細胞の自己凝集化技術を用いた細胞単層からの多細胞凝集塊の連続形成誘導: 腫瘍形成モデルの創製を目指して, 日本組織培養学会 第95回大会, 岡山大学 (岡山), 2023年9月1日.
- 橋本真悟, 杉山晶彦, 木股敬裕, 岩井良輔, 細胞自己凝集化技術を用いたファイバー状毛細血管モデルの作製, 第75回日本生物工学会大会, 名古屋大学 (名古屋), 2023年9月3日.
- 藤魯鵬, 福島宗一郎, 小泉誠, 長谷川実奈美, 岡野ジェイムス洋尚, 大木隆生, 岩井良輔, 細胞自己凝集化技術を用いた造影剤担持型-細胞凝集ファイバーの開発, 第75回日本生物工学

- 会大会, 名古屋大学 (名古屋), 2023 年 9 月 3 日
- 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, 藤魯鵬, 福島 宗一郎, 岡野ジェイムス洋尚, 大木隆生, **岩井良輔**, X 線造影可能なタンパク担持型 - 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.
- 藤魯鵬, 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, 梶平将太, 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.

兼務研究員

江藤真澄、望月庸平、松井利康、大橋南海、下島優季、勝木秀一、竹谷浩介、田中良法、水野理介、高 NaCl 食負荷に伴う胃平滑筋収縮機能の低下、日本生理学会第 100 回記念大会、国立京都国際会館、2023 年 3 月 13 日～16 日

大橋南海、飯森愛梨、竹谷浩介、田中良法、江藤真澄、平滑筋細胞におけるホスファターゼ調節タンパク質 PHI-1 の構造機能相関の解明、第 65 回日本平滑筋学会総会、東京大学弥生講堂、2023 年 8 月 4 日～5 日

飯森愛梨、田中良法、竹谷浩介、江藤真澄、子宮平滑筋肉腫細胞における PP1 阻害タンパク質 PHI-1 の生理的機能、第 65 回日本平滑筋学会総会、東京大学弥生講堂、2023 年 8 月 4 日～5 日

Masumi Eto, Yohei Mochizuki, Toshiyasu Matsui, Minami Ohashi, Yuki Shimojima, Masakatsu Nohara, Ikki Mitsui, Kosuke Takeya, Yoshinori Tanaka and Risuke Mizuno, High Salt Diet Induces ROCK Signaling Augmentation and Dysmotility in Mouse Stomach, The 10th FAOPS2023 Congress, Exco Daegu, Korea, 2023 年 11 月 1 日～11 月 4 日

江藤真澄、望月庸平、松井利康、大橋南海、下島優季、野原正勝、三井一鬼、竹谷浩介、田中良法、水野理介、高塩食負荷に伴う平滑筋 ROCK シグナルの亢進と胃排出能の低下、2023 年筋生理の集い、慈恵会医科大学、2023 年 12 月 9 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 日～30 日

江藤真澄、平滑筋収縮のカルシウム感受性調節機構の多様性と消化管運動障害、第 26 回日本神経消化器病学会、学士会館 2024 年 9 月 26 日～27 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、高松サンプォート、2024 年 11 月 3 日～4 日

渡部光、岸上尚且、西中萌乃、森本大貴、奥田靖浩、折田明浩、紫色 LED を用いた 1,4-ビス(エテニルスルホニル)ベンゼンの Mallory 環化によるヘリセンの合成、P1-1vn-30, 日本化学会 第 103 春季年会、東京理科大学 野田キャンパス、2023 年 3 月 22～25 日。

奥田靖浩、佐藤拓磨、武部蒼、井上友熙、折田明浩、一電子酸化触媒を用いたイナミンとフタラジンの脱窒素型環化によるパイ拡張アミンの合成、K703-2am-07, 日本化学会 第 103 春季年会、東京理科大学 野田キャンパス、2023 年 3 月 22～25 日。

奥田靖浩、森まつり、松永夏旺、今田裕二、折田明浩、ホスフィニル基の還元的分子内環化を鍵戦略とするパイ拡張カルバゾールの合成、O-14, 第 47 回有機電子移動化学討論会、慶応義塾大学 日吉キャンパス、2023 年 6 月 16～17 日。

奥田靖浩、森まつり、今田裕二、松永夏旺、折田明浩、熱および光化学反応により化学選択性を転換する還元的脱ホスフィニル化を経由した芳香族アミンおよびカルバゾールの合成、2C-04, 2023 年光化学討論会、広島国際会議場、2023 年 9 月 5～7 日。

赤木宥太、渡部光、奥田靖浩、折田明浩、エンイン骨格を有するスルホンとアセチリドの付加脱離による (Z)-エンジンの立体選択的合成とその光学特性、2P93, 2023 年光化学討論会、広島国際会議場、2023 年 9 月 5～7 日。

奥田靖浩、森まつり、松永夏旺、今田裕二、折田明浩、脱ホスフィニル化を鍵過程とする多環芳香族アミンおよびカルバゾールの化学選択的合成、3B-02, 第 33 回基礎有機化学討論会、岡山コンベンションセンター、2023 年 9 月 12～14 日。

今田裕二、松永夏旺、森まつり、奥田靖浩、折田明浩、シリル保護チオアルキンをを用いた位置および立体選択的な脱シリル型ヒドロチオ化・ヒドロホスフィン化、1P111, 第 33 回基礎有機化学討論会、岡山コンベンションセンター、2023 年 9 月 12～14 日。

赤木宥太、渡部光、山田隼輔、奥田靖浩、折田明浩、スルホニルエンインとアセチリドの付加脱離による (Z)-エンジンの立体選択的合成とその光学特性、1P114, 第 33 回基礎有機化学討論会、岡山コンベンションセンター、2023 年 9 月 12～14 日。

- 渡部光，酒見俊輝，中島悠雅，猪原冴子，奥田靖浩，折田明浩，ビス(スルホニルエテニル)アレーンの Mallory 環化による [n]ヘリセンの合成，1P116，第33回基礎有機化学討論会，岡山コンベンションセンター，2023年9月12～14日。
- 酒見俊輝，渡部光，奥田靖浩，折田明浩，メトキシフェニルスルホニル基が置換したエテニルスルホンの合成と反応性の評価，2P092，第33回基礎有機化学討論会，岡山コンベンションセンター，2023年9月12～14日。
- 森まつり，松永夏旺，今田裕二，奥田靖浩，折田明浩，一電子酸化触媒を用いたイナミンとフタラジンの脱窒素型 Diels–Alder 反応，2P098，第33回基礎有機化学討論会，岡山コンベンションセンター，2023年9月12～14日。
- 奥田靖浩，森まつり，松永夏旺，今田裕二，折田明浩，イナミンおよびホスフィンオキシドの官能基特性を活用した多環芳香族アミンの自在合成，2023年日本化学会中国四国支部大会，1A-04，山口大学常盤キャンパス，2023年11月11～12日。
- 奥田靖浩，森まつり，松永夏旺，今田裕二，折田明浩，岡山大学異分野基礎科学研究所，イナミンを用いた多環芳香族アミンの自在合成と光学特性の調査，A2，OUSフォーラム2023，岡山プラザホテル，2023年11月27日。
- 奥田靖浩，今田裕二，松永夏旺，森まつり，折田明浩，松浦信康，中国 湖南科技大学，チオアルキンの位置および立体選択的な付加反応と生理活性物質の合成，A3，OUSフォーラム2023，岡山プラザホテル，2023年11月27日。
- 渡部光，酒見俊輝，猪原冴子，中島悠雅，奥田靖浩，折田明浩，ヘテロ原子置換エテニルスルホンの合成と脱離反応性の評価，A4，OUSフォーラム2023，岡山プラザホテル，2023年11月27日。
- 赤木宥太，山田隼輔，奥田靖浩，折田明浩，エテニルスルホンの脱スルホニル型アルキニル化による (Z)-エンジインの立体選択的合成，A5，OUSフォーラム2023，岡山プラザホテル，2023年11月27日。
- Y. Okuda, M. Mori, N. Matsunaga, Y. Imada, **A. Orita** Regiodivergent Synthesis of Polycyclic Aromatic Amines via Palladium-Catalyzed Benzannulation of Ynamine and the Subsequent Dephosphinylative Functionalization, The 15th International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-15), PB(C)-75, November 20th - 23rd, 2023, Rihga Royal Hotel Kyoto, Japan.
- A. Orita**, Y. Akagi, H. Watanabe, S. Furumatsu, Y. Okuda, H. Akashi, K. Wakamatsu, Synthesis of (Z)-Enediynes from Three Molecules of Arylethyne via Iodosulfonation, Sonogashira-Hagihara Coupling, and Nucleophilic Substitution, The 15th International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-15), PB(C)-53, November 20th - 23rd, 2023, Rihga Royal Hotel Kyoto, Japan.
- 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。
- A. Orita**, Photocatalyzed Hydrodesulfonylation Using Flow Reactor, Symposium on Flow Chemistry, Automation and Microreactor Synthesis, May 24th, 2024, Bio 21 Institute (30 Flemington Rd, Parkville Victoria 3052), Australia.
- 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(スルホニルエテニル)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-チオアルキニ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。
- 猶原 順、張 揚、宓 墨、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
- 宓 墨、猶原 順、井上 大知、大原 諒真、張 揚、向井 彩純、張 瀚中、浦上逸男、UV-LED による各種微生物の不活化 - 流水型 UV-LED 照射微生物不活化装置の開発 -、OUS フォーラム 2023、岡山、2023 年 11 月
- 猶原 順、浦上逸男、UV-LED 照射微生物不活化装置の開発、第 27 回岡山リサーチパーク研究・展示発表会、岡山、2023 年 1 月
- 山城茉唯，寺戸大樹，橋川成美，橋川直也，熱ショックタンパク質によるアレルギー性鼻炎抑制機構の解明，第 32 回霧島神経薬理フォーラム，宮崎大学医学部総合教育研究棟（宮崎市），2023 年 8 月 19～20 日
- 寺戸大樹，足立陸，山城茉唯，橋川成美，橋川直也，アミロイドβがうつ様行動に与える影響の解析，第 17 回日本臨床検査学教育学会学術大会，天理大学柚之内キャンパス（天理市），2023 年 8 月 23～24 日
- 山城茉唯，寺戸大樹，榎本梨世，飯間匠，橋川成美，橋川直也，うつ病モデルマウスにおける新たな行動試験の検討，第 17 回日本臨床検査学教育学会学術大会，天理大学柚之内キャンパス（天理市），2023 年 8 月 23～24 日
- 寺戸大樹，橋川直也，経鼻投与による IgG の脳内への移行についての解析，第 56 回中四国支部医学検査学会，愛媛県民文化会館（松山市），2023 年 9 月 16～17 日
- 寺戸大樹，飯間匠海，榎本梨世，橋川成美，橋川直也，膜透過ペプチドを用いた鼻腔内投与による IgG の脳脊髄液への送達，第 96 回日本生化学会大会，福岡国際会議場・マリンメッセ福岡（福岡市），2023 年 10 月 31～11 月 2 日
- 山城茉唯，中谷柊斗，寺戸大樹，長楽美早紀，小林佐弥，佐塚勇紀，橋川成美，橋川直也，アレルギー性鼻炎と HSP90 の関係性の検討，第 96 回日本生化学会大会，福岡国際会議場・マリンメッセ福岡（福岡市），2023 年 10 月 31～11 月 2 日
- 寺戸大樹，足立陸，山城茉唯，橋川成美，橋川直也，マウスうつ様行動と脳蓄積物質の関係，第 46 回日本分子生物学会年会，神戸ポートアイランド（神戸市），2023 年 12 月 6～8 日
- 山城茉唯，飯間匠海，榎本梨世，橋川成美，橋川直也，マウス意欲評価における新たな行動試験の検討，第 46 回日本分子生物学会年会，神戸ポートアイランド（神戸市），2023 年 12 月 6～8 日
- 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，にぎたつ会館（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 18 回日本臨床検査学教育学会学術大会，新潟大学医学部保健学科（新潟市），2024 年 8 月 23～24 日
- 飯間匠海，榎本梨世，長楽美早紀，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 18 回日本臨床検査学教育学会学術大会，新潟大学医学部保健学科（新潟市），2024 年 8 月 23～24 日
- 長楽美早紀，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 18 回日本臨床検査学教育学会学術大会，新潟大学医学部保健学科（新潟市），2024 年 8 月 23～24 日

- 檜本梨世, 寺戸大樹, 飯間匠海, 黒田宥貴, 都築優衣, 橋川成美, 橋川直也, 膜透過ペプチドを用いた経鼻投与による脳内へのIgG輸送量の解析, 第18回日本臨床検査学教育学会学術大会, 新潟大学医学部保健学科(新潟市), 2024年8月23~24日
- 長樂美早紀, 橋川成美, 橋川直也, 間質性肺炎モデルマウスの作製, 第57回中四国支部医学検査学会, とりぎん文化会館(鳥取市), 2024年11月2~3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6~11月8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, パシフィコ横浜ノース(横浜市), 2024年11月6~11月8日
- 米山佳和, 孫熙文, 荒智大, 橋川直也, 橋川成美, Relevance of characterizing calcitonin gene-related peptide knockout mice in the Parkinson's disease model. JPW2022, 第96回日本薬理学会年会(神奈川県横浜市) 2022年11月30日~12月3日
- 井上翔太, 川嶋心, 橋川直也, 橋川成美, Protective role for calcitonin gene-related peptide in atherosclerosis progress in ApoE knockout mice. JPW2022, 第96回日本薬理学会年会(神奈川県横浜市) 2022年11月30日~12月3日
- 藤原享志朗, 渡邊杏花, 橋川直也, 橋川成美, Calcitonin gene-related peptide as an anxiety regulator in the mouse hippocampus: Mechanisms for transcriptional regulation of monoamine oxidase B by calcitonin gene-related peptide administration JPW2022, 第96回日本薬理学会年会(神奈川県横浜市) 2022年11月30日~12月3日
- 米山佳和, 橋川直也, 橋川成美, CGRP抗体医薬品(Galcanezumab)が及ぼす運動機能への影響, 第147回日本薬理学会関東部会, (オンライン) 令和5年3月21日
- 藤原享志朗, 橋川直也, 橋川成美, CGRPはMAOBをエピジェネティックに調節し不安を引き起こす, 第147回日本薬理学会関東部会, (オンライン) 令和5年3月21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(兵庫県神戸市) 令和5年12月14日~12月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(京都府京都市) 令和6年11月30日
- 田中公教, 千葉謙太郎, 池田忠広, 久保田克博, 兵庫県丹波篠山市の下部白亜系篠山層群大山下層から発見された角竜類の系統解析, 日本古生物学会 第172回例会, 九州大学(ハイブリッド), 2023年2月4日.
- 山下浩之, 林昭次, 千葉謙太郎, 實吉玄貴, 石垣忍, アフリカゾウの骨格標本を使用した, 高校生のための大学生による模擬授業, 日本生物教育学会第107回全国大会, 高崎健康福祉大学, 2023年3月4日.
- 伊東和輝, 衣笠哲也, 奥田ゆう, 千葉謙太郎, 檜田沙耶香, 高崎竜司, 林良太, 吉田浩治, 大須賀公一, ワニ類後肢にみられる筋系のY字構造に基づいた立位姿勢維持機構とロボットによる実装, 第28回ロボティクスシンポジウム, 和歌山県西牟婁郡白浜町 南紀白浜温泉, 2023年3月15日.
- 稲葉勇人, 千葉謙太郎, 實吉玄貴, 宮地孝明, 川上朝子, 杉本育代, 武智泰史, K.S. Brink, 辻極秀次, 質量分析と電気泳動を用いた化石残存タンパク質の解析, 第71回質量分析総合討論会, 大阪府立国際会議場, 2023年5月16日.
- 青木一勝, 千葉謙太郎, 實吉玄貴, K. Tsogtbaatar, 石垣忍, モンゴル国ゴビ砂漠の恐竜歯化石年代測定の試み, 日本地球惑星連合大会2023年大会, 幕張メッセ, 2023年5月24日.
- 千葉謙太郎, 實吉玄貴, 青木一勝, モンゴル・ゴビ砂漠上部白亜系における年代層序確立: 脊椎動物化石相変遷の理解に向けて, 日本地質学会第130年学術大会, 京都大学, 2023年9月18日.
- 西村玲, 千葉謙太郎, 青木一勝, 小木曾哲, モンゴル国ゴビ砂漠上部白亜系パインシレ層から産出した恐竜歯化石のアパタイトU-Pb年代測定, 日本地質学会第130年学術大会, 京都大学, 2023年9月18日.

- R. Takasaki, **K. Chiba**, M. Ichikawa, T. Tanaka, K. Tsogtbaatar, D.C. Evans, An intramandibular joint in troodontids and its functional implications, 83rd annual meeting of Society of Vertebrate Paleontology, Cincinnati, Ohio, USA, October 20th, (2023).
- H. Inaba, R. Matsumoto, **K. Chiba**, T. Okoshi, R. Takasaki, K. Murakami, M. Saneyoshi, H. Tsujigiwa, B. Mainbayar, K. Tsogtbaatar, New report of osteosarcoma in a multi-individual dinosaur assemblage and its paleoecological implications, 83rd annual meeting of Society of Vertebrate Paleontology, Cincinnati, Ohio, USA, October 20th, (2023).
- Y. Kobayashi, T. Chinzorig, R. Takasaki, A. Fiorillo, **K. Chiba**, M. Saneyoshi, S. Ishigaki, The northernmost occurrence of a deinocheirid ornithomimosaur from Montana (Upper Cretaceous, Judith River Formation): its paleobiogeographic and biodiversity significance, 83rd annual meeting of Society of Vertebrate Paleontology, Cincinnati, Ohio, USA, October 21st, (2023).
- T. Tanaka, **K. Chiba**, T. Ikeda, M.J. Ryan, K. Kubota, A basal Neoceratopsia (Ornithischia: Ceratopsia) from the Lower Cretaceous Ohyamashimo Formation (Albian), Southwestern Japan (Virtual Poster Presentation), 83rd annual meeting of Society of Vertebrate Paleontology, Cincinnati, Ohio, USA, October 21st, (2023).
- B. Mainbayar, S. Ishigaki, K. Tsogtbaatar, **K. Chiba**, M. Saneyoshi, Recent Findings of Sauropod Ichthyology from the Cretaceous Strata in Mongolia, The 5th International Symposium on Asian Dinosaurs 2023 in Korea, Hwaseong City, Gyeonggi Province, South Korea, November 9th, (2023).
- 辻極秀次, 千葉謙太郎, 實吉玄貴, 稲葉勇人, 村上凱星, 佐々木誉人, 岡山大学自然生命科学研究支援センター, 特殊染色法を応用した脊椎動物化石の組織学的研究, OUS フォーラム 2023, 岡山プラザホテル, 2023年11月27日.
- 檜田沙耶香, 衣笠哲也, 伊東和輝, 奥田ゆう, 千葉謙太郎, 高崎竜司, 林良太, 吉田浩治, 走鳥類の足根間関節に見られるカム様メカニズムとその設計法の検討, 第35回「自律分散システムシンポジウム」, 大阪工業大学, 2024年1月23日.
- K. Ito, K. Kimura, K. Osuka, T. Kinugasa, T. Okoshi, **K. Chiba**, R. Hayashi, K. Yoshida, R. Takasaki, D. Idersaikhan, Can Dinosaurs' Hindlimbs Maintain their Stance Posture Using the Passive Interlocking Mechanism Confirmed in Crocodylian Hindlimbs?, The Twenty-Ninth International Symposium on Artificial Life and Robotics 2024 (AROB 29th 2024), Beppu, Japan, January 24th–26th, (2024).
- 稲葉勇人, 村上凱星, 佐々木誉人, 實吉玄貴, 千葉謙太郎, 宮地孝明, 川上朝子, K. Tsogtbaatar, B. Mainbayar, 辻極秀次, 質量分析法による化石残存タンパク質の解析, 日本古生物学会 2024年第173回例会, 東北大学, 2024年1月28日.
- 西村玲, 千葉謙太郎, 青木一勝, 小木曾哲, モンゴル国ゴビ砂漠上部白亜系年代制約の試み: 恐竜類歯化石アパタイト U-Pb 年代測定, 本地質学会第131年学術大会, 山形大学, 2024年9月10日.
- 藤井雄大, 青木一勝, 千葉謙太郎, K. Tsogtbaatar, B. Mainbayar, B. Buyantegsh, 實吉玄貴, モンゴル国ゴビ砂漠上部白亜系土壌性炭酸塩岩のカルサイト U-Pb 年代測定, 本地質学会第131年学術大会, 山形大学, 2024年9月10日.
- H. Inaba, **K. Chiba**, M. Saneyoshi, T. Miyaji, A. Kawakami, M. Eda, M. Tanaka, Y. Kobayashi, K. Tsogtbaatar, H. Tsujigiwa, Potential taxonomic implications of endogenous ancient proteins in vertebrate fossils from the Paleogene Ergilin Dzo Formation, Mongolia, 84th annual meeting of Society of Vertebrate Paleontology, Minneapolis, Minnesota, USA, November 11th, (2024).
- 辻極秀次, 千葉謙太郎, 實吉玄貴, 稲葉勇人, 佐々木誉人, 岡山大学, モンゴル科学アカデミー古生物学研究所, 恐竜類化石に保存された骨基質タンパク質の検出とアミノ酸配列の解明, OUS フォーラム 2024, 岡山プラザホテル, 2024年11月25日.
- 石垣忍, 豊田新, 林昭次, 實吉玄貴, 高橋亮雄, 千葉謙太郎, 木村光宏, 市川美和, モンゴル科学アカデミー古生物学研究所, 学生参加型ゴビ砂漠フィールドワークの実践と本学恐竜学博物館教育への展開 (2024年度), OUS フォーラム 2024, 岡山プラザホテル, 2024年11月25日.

- 富安 聡, 宿谷賢一, 尿中赤血球形態の理解度調査, 腎・泌尿器検査研究会第 18 回学術集会, 品川インターシティホール(東京都), 2023 年 3 月 4~5 日
- 富安 聡, 宿谷賢一, 澁田 樹, 佐藤謙一, 学生教育における尿中赤血球形態の理解度調査, 第 17 回日本臨床検査学教育学会学術大会, 天理大学(奈良県), 2023 年 8 月 23~24 日
- 渡部光, 岸上尚且, 西中萌乃, 森本大貴, 奥田靖浩, 折田明浩, 紫色 LED を用いた 1,4-ビス(エテニルスルホニル)ベンゼンの Mallory 環化によるヘリセンの合成, P1-1vn-30, 日本化学会 第 103 春季年会, 東京理科大学 野田キャンパス, 2023 年 3 月 22~25 日.
- 奥田靖浩, 佐藤拓磨, 武部蒼, 井上友熙, 折田明浩, 一電子酸化触媒を用いたイナミンとフタラジンの脱窒素型環化によるパイ拡張アミンの合成, K703-2am-07, 日本化学会 第 103 春季年会, 東京理科大学 野田キャンパス, 2023 年 3 月 22~25 日.
- 奥田靖浩, 森まつり, 松永夏旺, 今田裕二, 折田明浩, ホスフィニル基の還元的分子内環化を鍵戦略とするパイ拡張カルバゾールの合成, O-14, 第 47 回有機電子移動化学討論会, 慶応義塾大学 日吉キャンパス, 2023 年 6 月 16~17 日.
- 奥田靖浩, 森まつり, 今田裕二, 松永夏旺, 折田明浩, 熱および光化学反応により化学選択性を転換する還元的脱ホスフィニル化を経由した芳香族アミンおよびカルバゾールの合成, 2C-04, 2023 年光化学討論会, 広島国際会議場, 2023 年 9 月 5~7 日.
- 赤木宥太, 渡部光, 奥田靖浩, 折田明浩, エニン骨格を有するスルホンとアセチリドの付加脱離による (Z)-エンジンの立体選択的合成とその光学特性, 2P93, 2023 年光化学討論会, 広島国際会議場, 2023 年 9 月 5~7 日.
- 奥田靖浩, 森まつり, 松永夏旺, 今田裕二, 折田明浩, 脱ホスフィニル化を鍵過程とする多環芳香族アミンおよびカルバゾールの化学選択的合成, 3B-02, 第 33 回基礎有機化学討論会, 岡山コンベンションセンター, 2023 年 9 月 12~14 日.
- 今田裕二, 松永夏旺, 森まつり, 奥田靖浩, 折田明浩, シリル保護チオアルキンをを用いた位置および立体選択的な脱シリル型ヒドロチオ化・ヒドロホスフィン化, 1P111, 第 33 回基礎有機化学討論会, 岡山コンベンションセンター, 2023 年 9 月 12~14 日.
- 赤木宥太, 渡部光, 山田隼輔, 奥田靖浩, 折田明浩, スルホニルエニンとアセチリドの付加脱離による (Z)-エンジンの立体選択的合成とその光学特性, 1P114, 第 33 回基礎有機化学討論会, 岡山コンベンションセンター, 2023 年 9 月 12~14 日.
- 渡部光, 酒見俊輝, 中島悠雅, 猪原冴子, 奥田靖浩, 折田明浩, ビス(スルホニルエテニル)アレーンの Mallory 環化による [n]ヘリセンの合成, 1P116, 第 33 回基礎有機化学討論会, 岡山コンベンションセンター, 2023 年 9 月 12~14 日.
- 酒見俊輝, 渡部光, 奥田靖浩, 折田明浩, メトキシフェニルスルホニル基が置換したエテニルスルホンの合成と反応性の評価, 2P092, 第 33 回基礎有機化学討論会, 岡山コンベンションセンター, 2023 年 9 月 12~14 日.
- 森まつり, 松永夏旺, 今田裕二, 奥田靖浩, 折田明浩, 一電子酸化触媒を用いたイナミンとフタラジンの脱窒素型 Diels-Alder 反応, 2P098, 第 33 回基礎有機化学討論会, 岡山コンベンションセンター, 2023 年 9 月 12~14 日.
- 奥田靖浩, 森まつり, 松永夏旺, 今田裕二, 折田明浩, イナミンおよびホスフィンオキシドの官能基特性を活用した多環芳香族アミンの自在合成, 2023 年日本化学会中国四国支部大会, 1A-04, 山口大学常盤キャンパス, 2023 年 11 月 11~12 日.
- 奥田靖浩, 森まつり, 松永夏旺, 今田裕二, 折田明浩, 岡山大学異分野基礎科学研究所, イナミンを用いた多環芳香族アミンの自在合成と光学特性の調査, A2, OUS フォーラム 2023, 岡山プラザホテル, 2023 年 11 月 27 日.
- 奥田靖浩, 今田裕二, 松永夏旺, 森まつり, 折田明浩, 松浦信康, 中国 湖南科技大学, チオアルキンの位置および立体選択的な付加反応と生理活性物質の合成, A3, OUS フォーラム 2023, 岡山プラザホテル, 2023 年 11 月 27 日.
- 渡部光, 酒見俊輝, 猪原冴子, 中島悠雅, 奥田靖浩, 折田明浩, ヘテロ原子置換エテニルスルホンの合成と脱離反応性の評価, A4, OUS フォーラム 2023, 岡山プラザホテル, 2023 年 11 月 27 日.

- 赤木宥太, 山田隼輔, 奥田靖浩, 折田明浩, エテニルスルホンの脱スルホニル型アルキニル化による (Z)- エンジンの立体選択的合成, A5, OUS フォーラム 2023, 岡山プラザホテル, 2023 年 11 月 27 日.
- Y. Okuda**, M. Mori, N. Matsunaga, Y. Imada, A. Orita Regiodivergent Synthesis of Polycyclic Aromatic Amines via Palladium-Catalyzed Benzannulation of Ynamine and the Subsequent Dephosphinylative Functionalization, The 15th International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-15), PB(C)-75, November 20th - 23rd, 2023, Rihga Royal Hotel Kyoto, Japan.
- A. Orita, Y. Akagi, H. Watanabe, S. Furumatsu, **Y. Okuda**, H. Akashi, K. Wakamatsu, Synthesis of (Z)-Enediynes from Three Molecules of Arylethynes via Iodosulfonylation, Sonogashira-Hagihara Coupling, and Nucleophilic Substitution, The 15th International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-15), PB(C)-53, November 20th - 23rd, 2023, Rihga Royal Hotel Kyoto, Japan.
- 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ういたビス(スルホニルエテニル)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-チオアルキル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.

特許**フロンティア理工学研究所研究員**

- 市來龍大, 中谷達行, 園田正樹, 医療用材料及びその製造方法, 特願 2-23-000902, 2023年1月6日
- 米谷理玖, 竹下大貴, 市來龍大, 中谷達行, 園田正樹, 林信哉, 古木貴志, 金澤誠司, 大気圧プラズマジェットによる医療用 Mg 合金に適した酸化被膜形成の調査, 令和5年電気学会全国大会, 講演番号 1-093, 名古屋大学東山キャンパス, 2023年3月15日(水)~17日(金)
- 栗田憲明, 種本和雄, 藤井泰宏, 辻龍典, 逢坂大樹, 中谷達行, 今井裕一, 血管留置カテーテル及び黄色ブドウ球菌コロニー形成抑制方法, 特願 2023-038414, 2023年3月13日
- 中谷達行, 藤井泰宏, 逢坂大樹, 大澤晋, 國次真輔, 栗田憲明, 今井裕一, 生体機能性材料, 特願 2023-103922, 2023年6月26日

- 古閑一憲, 白谷正治, 黄成和, 米澤健, 太田裕己, 高橋希望世美, 中谷達行, 呉準席, 伊藤昌文, カーボンナノ粒子の製造方法, 特許第 7350235 号, 令和 5 年 9 月 15 日
- 今井裕一, 中谷達行, 大澤晋, 藤井泰宏, 内田治仁, 成膜方法, 成膜装置及び医療用材料, 中国發明第 I817940 号, 2023 年 10 月 11 日
- 中谷達行, 福江紘幸, 小佐野嘉寿, ダイアモンドライクカーボン膜の評価方法, 特願 2023-221319, 2023 年 12 月 27 日
- F. Fujii, S. Ozawa, T. Nakatani, Y. Imai, ARTIFICIAL BLOOD VESSEL, 米国特許 US11969334B2, Apr. 30, 2024
- 特願特願 2023-142254: 造影剤を含有する細胞凝集塊の製造方法及びそれにより得られる細胞凝集塊, 2023 年 9 月 1 日, 鈴木康平, 岩崎美耶, 岩井良輔, 藤魯鵬, 福島宗一郎, 岡野ジェイムス洋尚, 長谷川 実奈美, 小泉誠

受賞

兼務研究員

- 【岡山理科大学 OUS フォーラム 2023 奨励賞】 宓 墨, 猶原 順, 井上 大知, 大原 諒真, 張 揚, 向井 彩純, 張 瀚中, 浦上逸男, UV-LED による各種微生物の不活化 - 流水型 UV-LED 照射微生物不活化装置の開発 -, 2023 年 11 月
- 【日本平滑筋学会論文賞】 Masumi Eto, Shuichi Katsuki, Minami Ohashi, Yui Miyagawa, Yoshinori Tanaka, Kosuke Takeya, Toshio Kitazawa, Possible roles of N- and C-terminal unstructured domains of CPI-17 in regulating Ca²⁺ sensitization force.
- 【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, 高松サンプォート, 2024 年 11 月 3 日 ~ 4 日
- 【第 56 回中四国支部医学検査学会 (研究奨励賞)】 寺戸大樹, 橋川直也, 経鼻投与による IgG の脳内への移行についての解析, 第 56 回中四国支部医学検査学会, 愛媛県県民文化会館 (松山市), 2023 年 9 月 16 ~ 17 日
- 【霧島神経薬理フォーラム岩谷有希子賞 (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, にぎたつ会館 (松山市), 2024 年 8 月 17 ~ 18 日
- 【第 18 回日本臨床検査学教育学会学術大会 (優秀発表賞)】 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, 膜透過ペプチドを用いた経鼻投与による脳内への IgG 輸送量の解析, 第 18 回日本臨床検査学教育学会学術大会, 新潟大学医学部保健学科 (新潟市), 2024 年 8 月 23 ~ 24 日
- 【第 96 回日本薬理学会年会 (優秀ポスター賞)】 井上翔太, 川嶋心, 橋川直也, 橋川成美 Protective role for calcitonin gene-related peptide in atherosclerosis progress in ApoE knockout mice. JPW2022, 第 96 回日本薬理学会年会 (神奈川県横浜市) 2022 年 11 月 30 日 ~ 12 月 3 日
- 【第 147 回日本薬理学会関東部会 (学生優秀発表賞)】 藤原享志朗, 橋川直也, 橋川成美, CGRP は MAOB をエピジェネティックに調節し不安を引き起こす, 第 147 回日本薬理学会関東部会, (オンライン) 令和 5 年 3 月 21 日
- 【学生奨励賞】 伊東和輝, 衣笠哲也, 奥田ゆう, 千葉謙太郎, 檜田沙耶香, 高崎竜司, 林良太, 吉田浩治, 大須賀公一, ワニ類後肢にみられる筋系の Y 字構造に基づいた立位姿勢維持機構とロボットによる実装, 第 28 回ロボティクスシンポジウム, 和歌山県西牟婁郡白浜町 南紀白浜温泉, 2023 年 3 月 15 日.
- 【最優秀研究奨励賞】 檜田沙耶香, 衣笠哲也, 伊東和輝, 奥田ゆう, 千葉謙太郎, 高崎竜司, 林良太, 吉田浩治, 走鳥類の足根間関節に見られるカム様メカニズムとその設計法の検討, 第 35 回「自律分散システムシンポジウム」, 大阪工業大学, 2024 年 1 月 23 日.

【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，“磁気力ブースターを利用したタンパク質の無容器結晶成長法”，大阪大学大学院理学研究科 附属 先端強磁場科学研究センター年次報告書 No. 9 (令和4年度), pp.17-19 (2023).

兼務研究員

矢城陽一郎，研究進捗報告（岡山理大），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

矢城陽一郎，研究進捗報告（岡山理大），FMO 創薬コンソーシアム第18回全体会議，オンライン，2023年11月14日

矢城陽一郎，研究進捗報告（岡山理大），FMO 創薬コンソーシアム第17回リーダー会議，オンライン，2023年10月18日

矢城陽一郎，酵素 WG プロテアーゼ班研究進捗報告，FMO 創薬コンソーシアム第16回リーダー会議，オンライン，2023年3月15日

岡山理科大学
フロンティア理工学研究所研究報告 第6号

2024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理工学研究所
〒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

The Bulletin of Research Insutitute of Frontier Science and Technology

No.6 CONTENTS

Pictrial	1
Haruo AKASHI Preparation and X-ray structure determination of $[\text{Mo}_2\text{O}_3\text{S}(\text{Tpms})_2]$	3
Yoshihisa OSANO, Tatsuyuki NAKATANI Data Science-Driven Approach Using Raman Spectra for DLC Film Research and Development.	11
Tadahiro Hatakeyama and Evdokia Tema Rock magnetic investigation of two Japanese ceramic coffins: Insights on their magnetic mineralogy and firing temperature	15
Takeshi IMAYAMA, Shintaro MATUO Preliminary study on partial melting of amphibole migmatite in the Hida metamorphic belt	21
Syou Maki and Masayuki Hagiwara In situ observation of magnetic orientation on crystal growth of thaumatin	25
Lupeng Teng and Ryosuke Iwai Attempts to prepare an intestinal absorption model including the intestinal connective tissue structure.	29
Jun NAOHARA and Sachi KITAGAWA Analysis of concentration of essential trace and harmful trace elements in bio specimen sample (hair, fingernail)	33
Yoichiro YAGI Prediction of the Enantioselectivity of Enzyme Lipase by Molecular Dynamics Calculations.	39
Shinobu ISHIGAKI, Khishigjav TSOGTBAATAR, Buuvei MAINBAYAR, Akio TAKAHASHI, Batsaikhan BUYANTEGSH, Mototaka SANEYOSHI, Jargalsaikhan BATSUKH, Kazumasa AOKI, Tomohiko SATO, Shoji HAYASHI, Mitsuhiro KIMURA, Kentaro CHIBA : Report of Okayama University of Science – Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Sciences Joint Expeditions in 2024	45
About IFST, OUS	49
SAKURA Science Program	52
Family Nature Workshop for Learning and Community: Vicarya Fossil Excavation and Specimen Making	54
The 6th OUS Frontier Seminar	55
Record of the OUS Frontier Seminar	56
List of publications, Presentations, awarads and social activity	58

Okayama University of Science

Okayama, Japan

December, 2024

フロンティア理工学研究所

研 究 報 告

The Bulletin of Research Insutitute of Frontier Science and Technology

第 6 号

口絵	1
赤司治夫：[Mo ₂ O ₃ S(Tpms) ₂] の合成と構造解析	3
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	11
畠山唯達・テマ イブドキア：陶棺片に対する岩石磁気学的研究：磁性粒子と焼成温度について	15
松尾晋太郎・今山武志：飛騨変成帯角閃石ミグマタイトの部分熔融反応の予察的検討	21
牧祥・萩原政幸：ソーマチン結晶の磁場配向のその場観察	25
藤魯鵬・岩井良輔：固有層を含む <i>in vitro</i> 腸管吸収モデル作製のための基礎的検討	29
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	33
矢城陽一朗：分子動力学計算による酵素リパーゼの鏡像体選択性の予測	39
Shinobu ISHIGAKI, Khishigjav TSOGTBAATAR, Buuvei MAINBAYAR, Akio TAKAHASHI, Batsaikhan BUYANTEGSH, Mototaka SANEYOSHI, Jargalsaikhan BATSUKH, Kazumasa AOKI, Tomohiko SATO, Shoji HAYASHI, Mitsuhiro KIMURA, Kentaro CHIBA: Report of Okayama University of Science – Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Sciences Joint Expeditions 2024	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
国際青少年サイエンス交流事業さくらサイエンスプログラム	52
親子自然観察教室ビカリア化石発掘と化石標本作り 活動報告	54
第 6 回 OUS フロンティアセミナー 『宇宙環境利用に関する技術課題と将来展望』	55
OUS フロンティアセミナー開催記録	56
学術論文・著者, 学会発表, 特許, 受賞および社会貢献活動	58

岡 山 理 科 大 学

2024 年 12 月

Okayama University of Science

Okayama, Japan

December, 2024