ISSN　2435-3329

フロンティア理工学研究所

研　究　報　告

The Bulletin of Research Institute of Frontier Science and Technology

第 2 号

口絵……1
安原昌輝・赤司治夫：
Tri-μ-oxo-bis[5,10,15,20-tetrakis(pentafluorophenyl)porphyrinatoniobium(V)]の構造解析……3
福江紘幸・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成膜における放電特性と薄膜特性……11
金枝敏明・寺野元規・平野博之：骨穿孔用ドリルの最適形状ならびに材質……17
牧　祥・黒田　茂・藤原誠之・田中誠一・荒田敏昭・中垣俊之：
非定常短細線加熱法による粘菌の熱物性値……21
矢城陽一朗：HIV-1プロテアーゼと阻害薬の複合体に対するFMO計算
―結合エネルギーと活性値の関係―……27
滕　魯鵬・中桐僚子・木股敬裕・岩井良輔：
細胞の自己凝集化誘導技術を用いたメッシュ形状細胞凝集塊の作製……31
兵藤博信：単結晶ジルコンの段階加熱実験―アルゴン抽出……37
今山武志：ヒマラヤ造山帯における黒雲母脱水溶融反応に伴う微細構造組織……41
西村敬一：岡山平野の基盤構造モデルからみた昭和および安政の南海地震の被害分布……45
猶原　順・林　愿：中国及び日本産農産物中元素濃度分析……51
山下栄次：瀬戸内海沿岸の渋川と牛窓における海水中二酸化炭素の季節変化
―1990～2010年の測定―……59
岡山理科大学フロンティア理工学研究所について……65
フロンティア理工学研究所2020年度シンポジウム
「バイオインフォマティクスと関連技術の最前線」……71
第２回OUSフロンティアセミナー（開催予定）
「コロナに立ち向かう知識と技術：岡山から考え発信する」……72
OUSフロンティアセミナー開催記録……73
令和２年度「フロンティア理工学研究所ジオセミナー」開催記録……75
学術論文・著書，学会発表，特許，受賞および社会貢献活動……88

岡　山　理　科　大　学
2020 年 12 月
Okayama University of Science
Okayama, Japan
December, 2020

フロンティア理工学研究所研究報告　第２号　（2020年12月）　岡山理科大学

ISSN 2435-3329

The Bulletin of Research Institute of Frontier Science and Technology

No.2

CONTENTS

Pictorial ····· 1

Syouki Yasuhara and Haruo Akashi:
X-ray structure determination of Tri-μ- oxo-bis[5, 10, 15,
20-tetrakis (pentafluorophenyl) porphyrinatoniobium(V)] ····· 3

Hiroyuki Fukue, Tadayuki Okano, Masahide Kuroiwa,
Shinsuke Kunitsugu, Hiroki Oota,
Ken Yonezawa and Tatsuyuki Nakatani:
Discharge characteristics and thin film character-istics in DLC
films formation using the HF-HiPIMS method ····· 11

Toshiaki KANEEDA, Motoki TERANO and Hiroyuki HIRANO:
Optimum edge shape and material for bone drill ····· 17

Syou MAKI, Shigeru KURODA, Seiji FUJIWARA, Seiich TANAKA,
Toshiaki ARATA, Toshiyuki NAKAGAKI:
The methodology to measure the thermal properties of slime mold ····· 21

Yoichiro YAGI: FMO calculations on complexes of HIV-1 protease and its inhibi-tors:
a relationship between binding energy and active values ····· 27

Lupeng TENG, Ryoko NAKAGIRI, Yoshihiro KIMATA, Ryosuke IWAI:
Preparation of mesh-shaped cell aggregated constructs
using cell self-aggregation induction technology ····· 31

Hironobu Hyodo: Step heating experiment on single grain zircon ―Argon release pattern ····· 37

Takeshi IMAYAMA:
Microstructures associated with biotite dehydration reaction in the Himalaya orogen ····· 41

Keiichi NISHIMURA:
Damage distributions during 1946 Showa- and 1854 Ansei Nankai
earthquakes in view of 3D basement structure of the Okayama plain, West Japan ····· 45

Jun NAOHARA and Yuan LIN:
Analysis of elemental concentrations in Chinese and Japanese agricultural products ····· 51

Eiji YAMASHITA:
Caron dioxide in the sea weter seasonal variation at coastal site,
Sibukawa and Ushimado in the Seto Inland Sea, Japan
―Measurement from 1990 to 2010― ····· 59

About IFST, OUS ····· 65

The IFST symposium 2020 -Cutting-edge Research of Bioinformatics and Related Technologies- ····· 71

The 2nd OUS Frontier Seminar -Science and Technology to Address the COVID-19 Pandemic- ····· 72

Record of the OUS Frontier Seminar ····· 73

Report on the OUS Geoseminar ····· 75

List of publications, presentations, awards and social activity ····· 88

Okayama University of Science

Okayama, Japan

December, 2020

インドとアジアの大陸衝突前の海洋底に噴出した枕状溶岩

（Nidarオフィオライト，北西インド）

インダスツァンポ縫合帯は，インドとアジア大陸衝突の地質学的境界であり，オフィオライトなどの海洋地殻が露出している．枕状溶岩は，溶岩が水中で噴火し，急冷することによって，円筒形の枕がたくさん積み重なってできるもので，オフィオライト上層部に主に観察される．写真は，北西インド，インダスツァンポ縫合帯のNidarオフィオライトの枕状溶岩で，インドとアジア大陸衝突前には海底火山活動が活発だった様子がわかる．

（写真・文　今山武志）

Tri-μ-oxo-bis[5,10,15,20-tetrakis(pentafluorophenyl) porphyrinatoniobium(V)]の構造解析

安原　昌輝・赤司　治夫

岡山理科大学フロンティア理工学研究所

2020年12月15日受理

Tri-m-oxo-bis[5,10,15,20-tetrakis(pentafluorophenyl)porphyrinatoniobium(V)] (= [{Nb(TFPP)}$_2$O$_3$]) の単結晶を用いて，その結晶構造を明らかにした．結晶学的データは次の通り: crystal system tetragonal, space group $I4_1/a$ (#88), Lattice parameters; a = 26.182(4) Å, c = 30.733(4) Å, V = 21067(5) Å^3, Z = 8, $R1$ = 0.0856, wR = 0.2451. [{Nb(TFPP)}$_2$O$_3$] は Nb(TFPP)が３つの酸素原子によって，もう一方のNb(TFPP)と架橋して二量化した構造をとっている．ニオブ原子は，ポルフィリン環の窒素原子４つと酸素原子３つとに結合しており，歪んだ７配位面冠三方柱型構造をとっていた．

1. Introduction

酸化反応は工業的化学プロセスの中で最も重要な反応のひとつであるが，その多くのプロセスでは環境リスクの高い，重金属塩や窒素酸化物などの古典的な酸化触媒が使われている．このような背景から，環境に負荷の低い酸化触媒を使った酸化反応プロセスを開発することは社会的要請が高い研究課題である．

我々は，フッ素化クロリン5,10,15,20-tetrakis(pentafluorophenyl(*N*-methyl)iminomethano)chlorin) (= **H_2TFPC**) を配位子とする金属錯体を合成し，それらの錯体を酸化反応の触媒として応用する研究を行ってきた．例えば，**H_2TFPC**を配位子とする亜鉛錯体が，空気中の酸素を酸化剤とするアミンの光酸化反応の触媒となることを報告している．[1)]

我々は，H_2TFPPを配位子とするニオブ錯体，これまでにポルフィリンを配位子とするニオブ錯体は，5,10,15,20-tetraphenylporphyrin(= H_2TPP)やmeso-tetra-*p*-tolylporphyrin(= H_2TTP)を配位子とするものが報告されているが，その数は少ない．[2),3)]

本論文では，tri-m-oxo-bis[5,10,15,20-tetrakis (pentafluorophenyl) porphyrinatoniobium (V)] (= [{Nb(TFPP)}$_2$O$_3$]) について，単結晶構造解析の結果を報告する．

2. Experiemental

H_2TFPPと塩化ニオブ(V)より単離した赤色粉末をジクロロメタン/ヘキサンより再結晶して，赤色柱状結晶を得た．

この結晶をFOMBLIN OILでコーティングし，Mounted Cryoloop (HAMPTON RESEARCH社製) に固定した．測定は，Rigaku Saturn724自動Ｘ線回折計上で，Graphite monochromatorにより単色化したMoKa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℃に保った．構造解析は直接法 (SHELX97)[4)] 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，U_{iso}(H) = 1.2U_{eq}) を用いて原子位置の精密化を行った．最終的に行ったD合成の結果から，化学的に意味のあるピークは発見されなかった．すべての計算はProgram package Crystal Structure 4. 2を用いて行った．[5)]

3. Results and discussion

H_2TFPPと塩化ニオブをベンゾニトリル中で反応することで，**H_2TFPP**を配位子とするNb錯体，[{Nb(**TFPP**)}$_2$O$_3$]を合成し，その単結晶を用いて[{Nb(**TFPP**)}$_2$O$_3$]の構造を単結晶Ｘ線構造解析により明らかにした．

[{Nb(TFPP)}$_2$O$_3$]の結晶学的パラメーターおよび結晶精密化のパラメーターをTable１に示した．

ニオブ原子は，ポルフィリン環の窒素原子４つと酸素原子３つとに結合しており，歪んだ７配位面冠三方柱型構造をとっていた．ニオブ原子はTFPP骨格の平面上から上に1.01 Å 浮き出ていた．構造解析にあたって，結晶溶媒としてヘキサンが１分子含まれていたが，ディスオーダーが激しかったため，*PLATON/SQUEEZE* を用いて溶媒の電子密度を差し引いた．

[{Nb(TFPP)}$_2$O$_3$]は，Nb(**TFPP**)が３つの架橋酸素原子によって，もう一方のNb(**TFPP**)と結合した二量体構造をとっている（Figure 1a）．O2原子が結晶学的

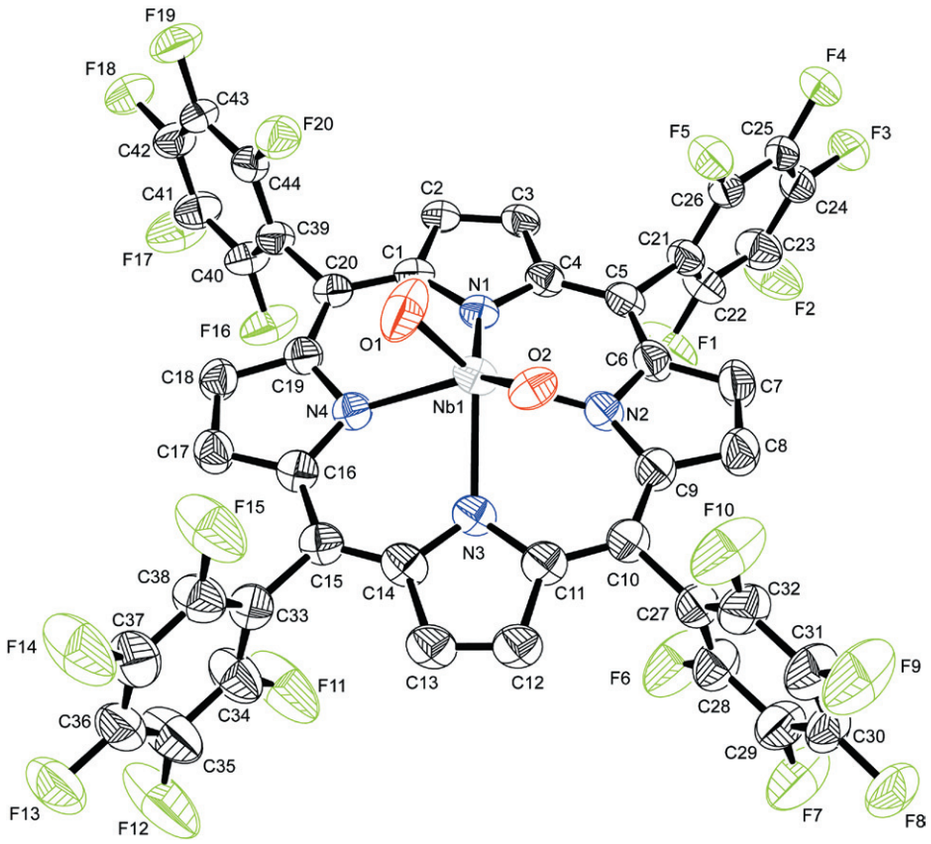


Figure 1b ORTEP drawing of **[{Nb(TFPP)}$_2$O$_3$]** (the crystallographically related atoms are omitted for clarity).

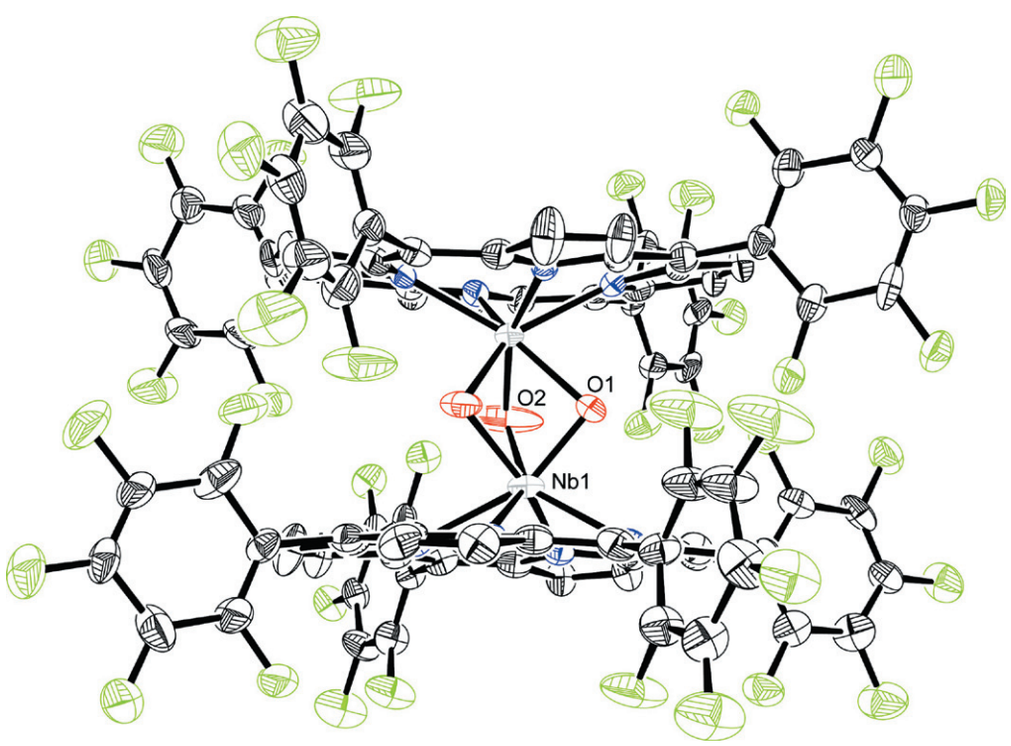


Figure 1a ORTEP drawing of **[{Nb(TFPP)}$_2$O$_3$]**.

特殊等価位置上に乗っているため，Figure 1bに示した原子のみが結晶学的に独立な原子である．水素を除く各原子の座標 (Atomic coordinates and B_{iso} / B_{eq}) をTable 2，水素原子の座標 (Atomic coordinates and B_{iso} involving hydrogen atoms)をTable 3に，また異方性パラメーターのリスト (anisotopic displacement parameters) をTable 4に示した．各原子間の結合距離をTable 5 (Bond lengths (Å)) とTable 6 (Bond length involving hydrogen (Å)) に，結合角をTable 7 (Bond Angles (°)) にそれぞれまとめた．

4. References

1) K. Marui, A. Nomoto, H. Akashi, A. Ogawa, *Synthesis* **2016**, 48(1), 31-42.
2) C. Lecomte, J. Protas, P. Richard, J. Barbe and R. Guilard, *J. Chem. Soc., Dalton Trans.*, **1982**, 2, 247-250.
3) C. Lecomte, J. Protas, R. Guilard, B. Fliniaux and P. Fournari, *J. Chem. Soc., Dalton Trans.*, **1979**, 8, 1306-1313.
4) Sheldrick, G. M. (2008). Acta Cryst. A64, 112-122.
5) Crystal Structure Analysis Package, Rigaku Corporation (2000-2017). Tokyo 196-8666, Japan.

Table 1. Crystal and structure refinement data for [{Nb(TFPP)}$_2$O$_3$]

chemical formula	$C_{88}H_{16}F_{40}N_8Nb_2O_3$
fw	2178.90
crystal system	tetragonal
space group	$I4_1/a$ (#88)
a, Å	26.182(4)
c, Å	30.733(4)
V, Å^3	21067(5)
Z	4
D_{calc}, g/cm^3	1.374
F_{000}	8528
μ(MoKα), cm^{-1}	3.339
T, K	93
No. of reflections Measured	Total: 156013
Corrections	Lorentz-polarization Absorption (trans. factors: 0.744－0.967)
No. Variables	636
Reflection / Parameter Ratio	17.11
R; *wR2* (all data)	0.0953; 0.2451
R1 (I>2.00σ(I))	0.0856
Goodness of Fit Indicator	1.086
Max Shift / Error in Final Cycle	0.000
Maximum peak in Final Diff. Map, e$^-$ / Å^3	3.02
Minimum peak in Final Diff Map, e$^-$ / Å^3	-2.26

Table 2. Atomic coordinates and Biso/Beq

atom	***x***	***y***	***z***	**Beq**
Nb1	0.55297(2)	0.24411(2)	0.12762(2)	3.229(13)
F1	0.73796(15)	0.35493(16)	0.1939(2)	9.66(16)
F2	0.77958(19)	0.44272(19)	0.2244(3)	12.3(2)
F3	0.72306(17)	0.52799(13)	0.22901(17)	7.67(11)
F4	0.62460(19)	0.52569(15)	0.2053(2)	9.41(15)
F5	0.58249(16)	0.43875(15)	0.1740(2)	8.75(14)
F6	0.65878(15)	0.1420(2)	0.26922(13)	8.26(13)
F7	0.66240(17)	0.1013(2)	0.35001(14)	8.55(13)
F8	0.58055(16)	0.10771(15)	0.40316(10)	6.32(8)
F9	0.49562(18)	0.1543(2)	0.37483(13)	9.00(14)
F10	0.49038(14)	0.1934(2)	0.29373(13)	8.04(13)
F11	0.63412(12)	0.03752(14)	0.08002(16)	6.87(10)
F12	0.61661(14)	-0.05956(14)	0.05322(16)	7.04(10)
F13	0.52025(13)	-0.09024(11)	0.03451(10)	4.88(6)
F14	0.44145(11)	-0.02361(11)	0.04228(10)	4.57(6)
F15	0.45851(11)	0.07285(11)	0.06984(10)	4.50(6)
F16	0.70180(12)	0.26544(15)	-0.02095(10)	5.60(7)

atom	*x*	*y*	*z*	Beq
F17	0.71321(13)	0.28851(17)	-0.10585(10)	6.35(9)
F18	0.63245(13)	0.32236(13)	-0.15262(9)	5.17(6)
F19	0.53978(12)	0.33133(14)	-0.11471(11)	5.53(7)
F20	0.52687(11)	0.30565(11)	-0.03019(10)	4.48(5)
O1	0.51460(14)	0.29336(19)	0.10333(18)	6.65(12)
O2	0.50000	0.25000	0.17311(14)	3.79(8)
N1	0.61323(14)	0.29583(13)	0.10060(11)	3.14(6)
N2	0.59858(14)	0.26267(14)	0.18685(11)	3.29(6)
N3	0.56405(14)	0.16433(14)	0.15693(11)	3.33(6)
N4	0.57994(12)	0.19841(13)	0.07020(11)	2.92(6)
C1	0.61862(16)	0.30533(16)	0.05640(14)	3.21(7)
C2	0.64164(19)	0.35463(17)	0.04903(15)	3.73(8)
C3	0.65095(19)	0.37510(18)	0.08872(16)	3.89(8)
C4	0.63294(17)	0.33893(17)	0.12053(14)	3.36(7)
C5	0.63596(18)	0.34522(17)	0.16589(15)	3.54(8)
C6	0.62108(18)	0.30909(17)	0.19613(15)	3.62(8)
C7	0.6295(2)	0.3134(2)	0.24252(15)	4.24(9)
C8	0.6126(2)	0.2705(2)	0.26100(15)	4.26(9)
C9	0.59317(18)	0.23826(19)	0.22635(14)	3.71(8)
C10	0.57399(18)	0.18965(18)	0.23303(14)	3.61(8)
C11	0.56093(18)	0.15461(19)	0.20054(15)	3.79(8)
C12	0.5463(2)	0.1025(2)	0.20763(17)	4.88(11)
C13	0.5415(2)	0.0807(2)	0.16795(17)	4.91(11)
C14	0.55382(18)	0.11919(18)	0.13656(15)	3.73(8)
C15	0.55603(16)	0.11142(17)	0.09236(14)	3.41(7)
C16	0.56963(15)	0.14801(16)	0.06153(13)	3.04(7)
C17	0.57454(17)	0.13752(17)	0.01592(14)	3.36(7)
C18	0.58724(17)	0.18220(17)	-0.00345(14)	3.39(7)
C19	0.59112(15)	0.22006(16)	0.03074(13)	2.99(7)
C20	0.60680(16)	0.27042(16)	0.02377(13)	3.11(7)
C21	0.6600(2)	0.39430(18)	0.18224(15)	3.83(8)
C22	0.7097(2)	0.3972(2)	0.1953(3)	5.86(14)
C23	0.7316(3)	0.4419(3)	0.2109(3)	7.01(18)
C24	0.7025(3)	0.4846(2)	0.2141(2)	5.54(12)
C25	0.6525(3)	0.4830(2)	0.2026(2)	5.67(13)
C26	0.6314(2)	0.4387(2)	0.1865(2)	4.95(11)
C27	0.57461(19)	0.16860(19)	0.27886(15)	3.80(8)
C28	0.6175(2)	0.1461(2)	0.29470(17)	4.89(11)
C29	0.6202(2)	0.1249(3)	0.33607(19)	5.27(11)
C30	0.5780(2)	0.1274(2)	0.36241(16)	4.66(10)
C31	0.5357(2)	0.1500(3)	0.34821(17)	5.42(12)
C32	0.5332(2)	0.1713(3)	0.30662(16)	5.14(11)
C33	0.54659(17)	0.05805(17)	0.07649(14)	3.42(7)
C34	0.58574(19)	0.0233(2)	0.07138(18)	4.42(9)
C35	0.5778(2)	-0.0264(2)	0.05798(19)	4.64(10)
C36	0.5286(2)	-0.04225(17)	0.04832(15)	3.88(8)
C37	0.48904(18)	-0.00863(18)	0.05225(14)	3.56(8)
C38	0.49788(18)	0.04088(17)	0.06616(13)	3.41(7)
C39	0.61407(17)	0.28568(16)	-0.02257(14)	3.24(7)
C40	0.66120(18)	0.2821(2)	-0.04307(15)	3.86(8)
C41	0.6677(2)	0.2945(2)	-0.08693(15)	4.28(9)
C42	0.6268(2)	0.31141(19)	-0.11026(15)	4.00(8)

$B_{eq} = 8/3\ \pi^2(U_{11}(aa^*)^2 + U_{22}(bb^*)^2 + U_{33}(cc^*)^2 + 2U_{12}(aa^*bb^*)\cos\gamma + 2U_{13}(aa^*cc^*)\cos\beta + 2U_{23}(bb^*cc^*)\cos\alpha)$

Table 3. Atomic coordinates and B_{iso} involving hydrogen atoms

atom	*x*	*y*	*z*	B_{iso}
H1	0.64888	0.36981	0.02164	4.475
H2	0.66643	0.40722	0.09448	4.668
H3	0.64437	0.34168	0.25717	5.082
H4	0.61325	0.26260	0.29116	5.111
H5	0.54108	0.08637	0.23496	5.856
H6	0.53175	0.04640	0.16204	5.896
H7	0.56982	0.10547	0.00200	4.028
H8	0.59257	0.18767	-0.03367	4.067

Table 4. Anisotropic displacement parameters

atom	U11	U22	U33	U12	U13	U23
Nb1	0.0286(2)	0.0493(3)	0.0448(3)	0.00177(14)	0.00462(14)	-0.01057(16)
F1	0.059(2)	0.065(2)	0.243(6)	0.0116(18)	-0.022(3)	-0.054(3)
F2	0.081(3)	0.077(3)	0.308(9)	0.002(2)	-0.070(4)	-0.051(4)
F3	0.105(3)	0.055(2)	0.132(4)	-0.008(2)	-0.035(3)	-0.027(2)
F4	0.104(3)	0.056(2)	0.198(6)	0.018(2)	-0.031(3)	-0.052(3)
F5	0.073(2)	0.061(2)	0.199(5)	0.0134(18)	-0.032(3)	-0.040(3)
F6	0.064(2)	0.172(5)	0.077(2)	0.037(3)	0.0292(19)	0.046(3)
F7	0.088(3)	0.157(4)	0.080(3)	0.024(3)	0.007(2)	0.048(3)
F8	0.111(3)	0.093(3)	0.0363(15)	-0.004(2)	0.0106(16)	0.0071(15)
F9	0.093(3)	0.187(5)	0.062(2)	0.028(3)	0.044(2)	0.031(3)
F10	0.064(2)	0.175(5)	0.067(2)	0.041(3)	0.0231(18)	0.030(3)
F11	0.0490(17)	0.071(2)	0.141(4)	-0.0059(15)	-0.018(2)	-0.038(2)
F12	0.068(2)	0.065(2)	0.136(4)	0.0052(17)	-0.018(2)	-0.033(2)
F13	0.076(2)	0.0434(14)	0.0658(18)	-0.0123(14)	-0.0139(15)	-0.0050(13)
F14	0.0572(17)	0.0554(16)	0.0610(17)	-0.0205(13)	-0.0109(13)	-0.0032(13)
F15	0.0505(15)	0.0510(15)	0.0696(18)	-0.0057(12)	-0.0036(13)	-0.0054(13)
F16	0.0519(17)	0.114(3)	0.0466(16)	0.0225(17)	-0.0051(13)	0.0096(16)
F17	0.0583(19)	0.138(3)	0.0446(16)	0.020(2)	0.0073(14)	0.0043(19)
F18	0.078(2)	0.082(2)	0.0364(14)	0.0047(16)	-0.0061(14)	0.0044(14)
F19	0.0576(18)	0.092(2)	0.0605(18)	0.0106(17)	-0.0196(15)	0.0203(17)
F20	0.0427(14)	0.0647(18)	0.0628(17)	0.0016(12)	-0.0043(13)	0.0111(14)
O1	0.0431(19)	0.106(3)	0.104(3)	0.010(2)	0.010(2)	0.063(3)
O2	0.051(2)	0.057(3)	0.036(2)	0.014(2)	0.00000	0.00000
N1	0.0431(18)	0.0366(17)	0.0395(18)	0.0041(14)	-0.0012(14)	-0.0050(14)
N2	0.0405(18)	0.049(2)	0.0352(17)	-0.0010(15)	0.0092(14)	-0.0106(15)
N3	0.0438(19)	0.049(2)	0.0343(17)	-0.0093(15)	0.0079(14)	-0.0071(15)
N4	0.0352(16)	0.0411(18)	0.0347(16)	0.0001(13)	-0.0011(13)	-0.0060(14)
C1	0.042(2)	0.038(2)	0.042(2)	0.0024(16)	-0.0025(17)	-0.0024(17)
C2	0.060(3)	0.039(2)	0.043(2)	-0.0011(19)	0.002(2)	0.0006(18)
C3	0.058(3)	0.040(2)	0.049(2)	-0.0027(19)	0.004(2)	-0.0043(19)
C4	0.045(2)	0.042(2)	0.042(2)	0.0046(18)	0.0056(17)	-0.0059(17)
C5	0.048(2)	0.043(2)	0.043(2)	0.0050(18)	0.0033(18)	-0.0096(18)
C6	0.049(2)	0.046(2)	0.042(2)	0.0025(18)	0.0095(18)	-0.0177(18)
C7	0.061(3)	0.060(3)	0.040(2)	-0.004(2)	0.008(2)	-0.018(2)
C8	0.064(3)	0.063(3)	0.035(2)	-0.004(2)	0.008(2)	-0.013(2)
C9	0.049(2)	0.055(3)	0.037(2)	-0.001(2)	0.0109(18)	-0.0093(19)
C10	0.045(2)	0.055(3)	0.037(2)	-0.0027(19)	0.0104(18)	-0.0049(18)
C11	0.052(3)	0.055(3)	0.037(2)	-0.008(2)	0.0094(19)	-0.0022(19)
C12	0.085(4)	0.060(3)	0.041(2)	-0.022(3)	0.011(2)	0.001(2)
C13	0.084(4)	0.057(3)	0.046(3)	-0.028(3)	0.010(2)	-0.001(2)
C14	0.051(2)	0.050(2)	0.041(2)	-0.015(2)	0.0066(19)	-0.0052(19)
C15	0.039(2)	0.049(2)	0.042(2)	-0.0094(18)	-0.0015(17)	-0.0066(18)
C16	0.0362(19)	0.044(2)	0.0353(19)	-0.0024(16)	0.0012(15)	-0.0061(16)
C17	0.047(2)	0.045(2)	0.036(2)	-0.0085(18)	-0.0057(17)	-0.0083(17)
C18	0.050(2)	0.045(2)	0.034(2)	-0.0067(18)	-0.0090(17)	-0.0040(17)
C19	0.0345(19)	0.047(2)	0.0323(18)	0.0010(16)	-0.0050(15)	-0.0046(16)

atom	U11	U22	U33	U12	U13	U23
C20	0.037(2)	0.043(2)	0.038(2)	0.0025(16)	-0.0060(16)	-0.0023(16)
C21	0.061(3)	0.044(2)	0.041(2)	0.004(2)	0.008(2)	-0.0085(18)
C22	0.060(3)	0.050(3)	0.113(5)	0.001(2)	-0.008(3)	-0.020(3)
C23	0.070(4)	0.064(4)	0.133(7)	0.001(3)	-0.021(4)	-0.030(4)
C24	0.081(4)	0.052(3)	0.077(4)	-0.008(3)	-0.017(3)	-0.013(3)
C25	0.090(4)	0.045(3)	0.081(4)	0.011(3)	-0.003(3)	-0.016(3)
C26	0.058(3)	0.056(3)	0.074(4)	0.006(2)	-0.007(3)	-0.014(3)
C27	0.052(3)	0.054(3)	0.038(2)	-0.002(2)	0.0092(19)	-0.0032(19)
C28	0.061(3)	0.077(4)	0.048(3)	0.000(3)	0.017(2)	0.008(2)
C29	0.057(3)	0.088(4)	0.055(3)	0.000(3)	-0.001(2)	0.013(3)
C30	0.080(4)	0.063(3)	0.034(2)	-0.005(3)	0.012(2)	0.002(2)
C31	0.071(4)	0.093(4)	0.042(3)	0.004(3)	0.023(3)	0.003(3)
C32	0.068(3)	0.091(4)	0.037(2)	-0.004(3)	0.015(2)	0.000(2)
C33	0.047(2)	0.044(2)	0.039(2)	-0.0107(18)	-0.0011(17)	-0.0053(17)
C34	0.046(3)	0.055(3)	0.066(3)	-0.013(2)	-0.005(2)	-0.009(2)
C35	0.056(3)	0.053(3)	0.067(3)	0.002(2)	-0.007(2)	-0.012(2)
C36	0.067(3)	0.039(2)	0.041(2)	-0.014(2)	-0.008(2)	-0.0024(18)
C37	0.053(2)	0.048(2)	0.034(2)	-0.0171(19)	-0.0051(18)	0.0029(17)
C38	0.051(2)	0.048(2)	0.0314(19)	-0.0131(19)	-0.0012(17)	-0.0005(17)
C39	0.045(2)	0.042(2)	0.036(2)	-0.0008(17)	-0.0083(17)	-0.0021(17)
C40	0.044(2)	0.064(3)	0.039(2)	0.006(2)	-0.0081(18)	0.001(2)
C41	0.053(3)	0.071(3)	0.038(2)	0.007(2)	-0.000(2)	-0.004(2)
C42	0.062(3)	0.056(3)	0.034(2)	-0.001(2)	-0.009(2)	-0.0010(19)
C43	0.054(3)	0.046(2)	0.042(2)	-0.0002(19)	-0.0160(19)	0.0071(18)
C44	0.041(2)	0.040(2)	0.046(2)	-0.0012(17)	-0.0069(18)	0.0008(17)

Table 5. Bond lengths (Å)

atom	atom	distance	atom	atom	distance
Nb1	Nb1[1]	2.7908(9)	Nb1	O1	1.797(5)
Nb1	O1[1]	2.156(4)	Nb1	O2	1.975(3)
Nb1	N1	2.239(4)	Nb1	N2	2.231(4)
Nb1	N3	2.293(4)	Nb1	N4	2.246(3)
F1	C22	1.331(7)	F2	C23	1.323(9)
F3	C24	1.339(7)	F4	C25	1.337(7)
F5	C26	1.336(7)	F6	C28	1.338(7)
F7	C29	1.337(8)	F8	C30	1.356(6)
F9	C31	1.335(7)	F10	C32	1.321(7)
F11	C34	1.346(6)	F12	C35	1.343(7)
F13	C36	1.344(5)	F14	C37	1.342(6)
F15	C38	1.333(5)	F16	C40	1.335(6)
F17	C41	1.335(6)	F18	C42	1.341(5)
F19	C43	1.342(6)	F20	C44	1.348(5)
N1	C1	1.388(5)	N1	C4	1.384(6)
N2	C6	1.380(6)	N2	C9	1.379(6)
N3	C11	1.367(6)	N3	C14	1.364(6)
N4	C16	1.373(5)	N4	C19	1.370(5)
C1	C2	1.442(6)	C1	C20	1.392(6)
C2	C3	1.354(7)	C3	C4	1.440(7)
C4	C5	1.406(6)	C5	C6	1.382(6)
C5	C21	1.516(7)	C6	C7	1.447(7)
C7	C8	1.333(7)	C8	C9	1.452(7)
C9	C10	1.384(7)	C10	C11	1.398(7)
C10	C27	1.513(6)	C11	C12	1.434(7)
C12	C13	1.353(8)	C13	C14	1.433(7)
C14	C15	1.375(6)	C15	C16	1.394(6)
C15	C33	1.501(6)	C16	C17	1.434(6)
C17	C18	1.354(6)	C18	C19	1.448(6)
C19	C20	1.397(6)	C20	C39	1.491(6)

atom	atom	distance	atom	atom	distance
C21	C22	1.365(8)	C21	C26	1.389(8)
C22	C23	1.390(10)	C23	C24	1.356(9)
C24	C25	1.355(10)	C25	C26	1.378(8)
C27	C28	1.359(8)	C27	C32	1.382(7)
C28	C29	1.389(8)	C29	C30	1.370(8)
C30	C31	1.330(9)	C31	C32	1.396(8)
C33	C34	1.379(7)	C33	C38	1.389(6)

Symmetry Operators:
(1) -X+1, -Y+1/2, Z

Table 6. Bond lengths involving hydrogens (Å)

atom	atom	distance	atom	atom	distance
C2	H1	0.950	C3	H2	0.950
C7	H3	0.950	C8	H4	0.950
C12	H5	0.950	C13	H6	0.950
C17	H7	0.950	C18	H8	0.950
C2	H1	0.950	C3	H2	0.950

Table 7. Bond angles (o)

atom	atom	atom	angle	atom	atom	atom	angle
$Nb1^{1}$	Nb1	O1	50.59(14)	$Nb1^{1}$	Nb1	$O1^{1}$	40.08(13)
$Nb1^{1}$	Nb1	O2	45.05(9)	$Nb1^{1}$	Nb1	N1	129.31(9)
$Nb1^{1}$	Nb1	N2	120.53(10)	$Nb1^{1}$	Nb1	N3	103.08(9)
$Nb1^{1}$	Nb1	N4	111.80(8)	O1	Nb1	$O1^{1}$	73.98(19)
O1	Nb1	O2	81.11(17)	O1	Nb1	N1	78.81(16)
O1	Nb1	N2	118.81(19)	O1	Nb1	N3	152.56(16)
O1	Nb1	N4	103.39(19)	$O1^{1}$	Nb1	O2	72.81(16)
$O1^{1}$	Nb1	N1	136.46(17)	$O1^{1}$	Nb1	N2	145.17(17)
$O1^{1}$	Nb1	N3	79.94(16)	$O1^{1}$	Nb1	N4	75.14(16)
O2	Nb1	N1	135.24(9)	O2	Nb1	N2	77.37(13)
O2	Nb1	N3	83.22(10)	O2	Nb1	N4	144.93(10)
N1	Nb1	N2	78.09(13)	N1	Nb1	N3	127.41(13)
N1	Nb1	N4	79.00(12)	N2	Nb1	N3	79.06(13)
N2	Nb1	N4	126.08(13)	N3	Nb1	N4	77.50(12)
Nb1	O1	$Nb1^{1}$	89.3(2)	Nb1	O2	$Nb1^{1}$	89.89(18)
Nb1	N1	C1	122.9(3)	Nb1	N1	C4	126.3(3)
C1	N1	C4	104.4(3)	Nb1	N2	C6	126.1(3)
Nb1	N2	C9	124.2(3)	C6	N2	C9	105.7(4)
Nb1	N3	C11	123.2(3)	Nb1	N3	C14	125.7(3)
C11	N3	C14	106.1(4)	Nb1	N4	C16	127.1(3)
Nb1	N4	C19	122.8(3)	C16	N4	C19	105.5(3)
N1	C1	C2	110.9(4)	N1	C1	C20	124.4(4)
C2	C1	C20	124.6(4)	C1	C2	C3	106.7(4)
C2	C3	C4	107.0(4)	N1	C4	C3	111.0(4)
N1	C4	C5	123.7(4)	C3	C4	C5	125.3(4)
C4	C5	C6	124.8(4)	C4	C5	C21	116.8(4)
C6	C5	C21	118.3(4)	N2	C6	C5	125.7(4)
N2	C6	C7	109.7(4)	C5	C6	C7	124.5(4)
C6	C7	C8	107.7(4)	C7	C8	C9	107.1(4)
N2	C9	C8	109.9(4)	N2	C9	C10	126.5(4)
C8	C9	C10	123.6(4)	C9	C10	C11	125.9(4)
C9	C10	C27	118.0(4)	C11	C10	C27	115.4(4)
N3	C11	C10	124.3(4)	N3	C11	C12	110.0(4)
C10	C11	C12	125.5(4)	C11	C12	C13	106.9(5)
C12	C13	C14	106.8(5)	N3	C14	C13	110.2(4)
N3	C14	C15	125.0(4)	C13	C14	C15	124.8(4)

atom	atom	atom	angle	atom	atom	atom	angle
C14	C15	C16	125.5(4)	C14	C15	C33	116.9(4)
C16	C15	C33	117.5(4)	N4	C16	C15	125.4(4)
N4	C16	C17	110.9(4)	C15	C16	C17	123.8(4)
C16	C17	C18	106.6(4)	C17	C18	C19	106.8(4)
N4	C19	C18	110.1(4)	N4	C19	C20	126.1(4)
C18	C19	C20	123.7(4)	C1	C20	C19	125.1(4)
C1	C20	C39	118.9(4)	C19	C20	C39	115.9(4)
C5	C21	C22	122.7(5)	C5	C21	C26	121.1(5)
C22	C21	C26	116.2(5)	F1	C22	C21	118.4(5)
F1	C22	C23	118.9(6)	C21	C22	C23	122.8(6)
F2	C23	C22	120.9(6)	F2	C23	C24	119.9(7)
C22	C23	C24	119.2(6)	F3	C24	C23	119.8(6)
F3	C24	C25	120.2(5)	C23	C24	C25	120.0(6)
F4	C25	C24	119.1(5)	F4	C25	C26	120.4(6)
C24	C25	C26	120.4(6)	F5	C26	C21	119.3(5)
F5	C26	C25	119.2(5)	C21	C26	C25	121.5(5)
C10	C27	C28	120.0(4)	C10	C27	C32	123.2(5)
C28	C27	C32	116.8(5)	F6	C28	C27	119.5(5)
F6	C28	C29	117.6(5)	C27	C28	C29	122.8(5)
F7	C29	C28	121.3(5)	F7	C29	C30	119.9(5)
C28	C29	C30	118.8(5)	F8	C30	C29	119.2(5)
F8	C30	C31	120.8(5)	C29	C30	C31	119.9(5)
F9	C31	C30	119.4(5)	F9	C31	C32	119.4(6)
C30	C31	C32	121.2(5)	F10	C32	C27	120.2(5)
F10	C32	C31	119.3(5)	C27	C32	C31	120.5(5)
C15	C33	C34	121.9(4)	C15	C33	C38	121.8(4)
C34	C33	C38	116.3(4)	F11	C34	C33	119.7(5)
F11	C34	C35	117.4(5)	C33	C34	C35	123.0(5)
F12	C35	C34	121.9(5)	F12	C35	C36	119.1(5)
C34	C35	C36	119.0(5)	F13	C36	C35	119.9(4)
C48	C49	C50	117.5(8)	C45	C50	C49	120.2(8)

Symmetry Operators:
(1) -X+1, -Y+1/2, Z

X-ray structure determination of Tri-μ- oxo-bis[5, 10, 15, 20-tetrakis (pentafluorophenyl) porphyrinatoniobium(V)]

Syouki Yasuhara and Haruo Akashi

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

Crystal structure of tri-μ-oxo-bis[5, 10, 15, 20-tetrakis (pentafluorophenyl) porphyrinatoniobium (V)] (= [{Nb(**TFPP**)}$_2$O$_3$]) has been determined by the X-ray structure analysis. Crystallographic data: crystal system tetragonal, space group I4$_1$/a (#88), Lattice parameters; a = 26.182(4) Å, c = 30.733(4) Å, V = 21067(5) Å^3, Z = 8, $R1$ = 0.0856, wR = 0.2451. X-ray diffraction analysis of [{Nb(**TFPP**)}$_2$O$_3$] revealed that the niobium(V) ion bonds to four nitrogen atoms of porphyrin ring and three oxygen atoms of oxo-bridges. Adjacent niobium atoms in Nb(TFPP)$^{3+}$ moieties are connected by three oxo-bridges.

HF-HiPIMS法を用いたDLC成膜における放電特性と薄膜特性

福江　紘幸*・岡野　忠之**・黒岩　雅英**・國次　真輔***
太田　裕己****・米澤　健****,*・中谷　達行*****

*岡山理科大学大学院工学研究科博士課程システム科学専攻
**東京電子株式会社
***岡山県工業技術センター
****ケニックス株式会社
*****岡山理科大学フロンティア理工学研究所

2020年12月15日受理

１．緒言

高齢化社会を迎えた現代において失った歯を補填する方法として入れ歯，ブリッジ，歯科インプラントがある．その中でも入れ歯は周りの歯で支えるため，ブリッジは周りの歯を削るため，残存歯を失いやすくなる．一方，歯科インプラントは，単体で骨に埋め込むことから残存歯の維持に貢献するため注目を集めている．しかしながら，歯科インプラントにはオッセオインテグレーションの喪失やインプラント部の素材に起因する金属アレルギーなどの問題がある．そこで，冠動脈ステントへの適応実績があり[1]，生体適合性が高いダイヤモンド状炭素（Diamond-Like Carbon : DLC）膜が注目されている．本研究グループでは，歯科インプラント用の成膜法として大電力パルススパッタリング（High-Power Impulse Magnetron Sputtering : HiPIMS）法を用いたDLC成膜技術の開発に取り組んでいる．

DLC膜とは，グラファイト構造のsp^2結合とダイヤモンド構造のsp^3結合，水素のHを併せ持つアモルファス炭素膜の総称である．DLC膜の特徴として高硬度や低摩擦係数などが挙げられ，その特徴を生かして自動車産業や金型形成分野で実用化されている[2)～4)]．水素含有DLC膜では，生体適合性の向上が報告されており[5)]，医療分野への応用も注目されている．

HiPIMS法とは，Duty比10%以下の短パルスに大電力を瞬間的にターゲットに投入することで，ピーク電力密度が0.5 kW/cm^{2}を超える高い電力密度の放電プラズマを用いて成膜する方法である．これによりHiPIMS法は，従来の直流マグネトロンスパッタリング（direct current Magnetron Sputtering : dcMS）法と比較してプラズマ密度が数桁高くなることが報告されている[6)～8)]．プラズマ密度の増加によりスパッタ粒子のイオン化が可能となり，HiPIMS法は従来のdcMS法と比較して高密度なDLC膜の実現が可能となる[9)]．

高機能成膜に有効なHiPIMS法であるが，従来のdcMS法と比較して成膜速度が低いという報告がある[10)]．またHiPIMS法には，大電力スパッタリングに起因するアーキングの発生，それに伴う表面平滑性の低下という問題もある．そこで本研究グループでは，これらの欠点の克服を目指すことを目的とし，新しいHiPIMS法として高周波（High Frequency : HF）-HiPIMS法を開発した．本報告では，まずHF-HiPIMS法を用いたDLC成膜における放電特性を評価した．従来のHiPIMS法であるユニポーラHiPIMS法およびバイポーラHiPIMS法の放電特性との比較検討を行った．さらにHF-HiPIMS法を用いたDLC膜における成膜速度と，薄膜特性として，膜密度と屈折率についての評価を行ったので報告する．

２．実験方法

図１に成膜装置の概略図を示す．ターゲットには，３インチのグラファイト固体原料を用い，基板とカソード間の距離は100 mm，到達真空度は5.0×10^{-4} Pa以下とした．スパッタガスとしてアルゴンガスを5 sccm導入し，放電時の動作圧力は0.5 Pa，基板にはシリコンウエハーをセットし，5 rpmで回転させ，２時間成膜した．

図２にパルス波形を示す．ユニポーラHiPIMS法はT＝50 μs，バイポーラHiPIMS法はT＝50 μs，T7＝10 μs，T8＝50 μs，V_p = 50 V，HF-HiPIMS法はT1（予備放電パルス）＝20 μs，T2＝5 μs，T3（主放電パルス）＝50 μs，T4（HFパルス）＝36 μs，T5＝T6＝3 μsとした．ユニポーラHiPIMS法とバイポーラHiPIMS法ではT3＝Tとなる．各種HiPIMS法とも負印加電圧：V_n を-850 V，バイアス電圧をOFF，波形全体の周波数を200 Hzとした．放電電流および放電電圧の測定は，電流プローブ（Tektronix製TCP300），電圧プローブ（Tektronix製P5100A）およびデジタルオシロスコープ（Teledyne LeCroy製

wavesufer3024）を用いた．アーキングの測定ではデジタルオシロスコープのパス/フェイルテスト機能を用い，図３に示すように通常波形の２倍を超える波形をアーキングと定義し，１分間測定した．DLC膜の成膜速度は，表面形状測定器（小坂研究所製ET4000AK31）により膜と基板との段差の計測から，その５点平均値を膜厚とし，成膜時間で除して算出した．DLC膜の膜密度は，全自動多目的X線回折装置（リガク製SmartLab）によるX線反射率測定法で得られたX線反射率プロファイルの全反射臨界角と密度との関係をシミュレーションすることで算出した．DLC膜の屈折率は，分光エリプソメトリー（Horiba製UVISEL-2）を用いた．測定条件は，入射角65°，波長領域190～2100 nm，0.05° ステップで行い，Ψ，Δの波長変化を計測し，Tauc-Lorentz分散式としてフィッティングを行った．

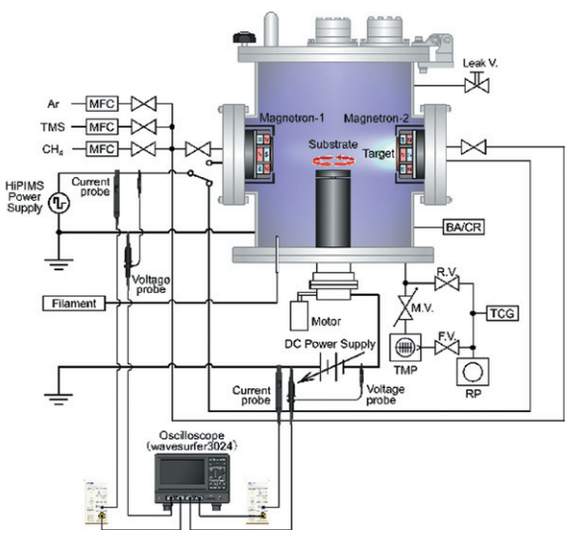


図１　成膜装置概略図

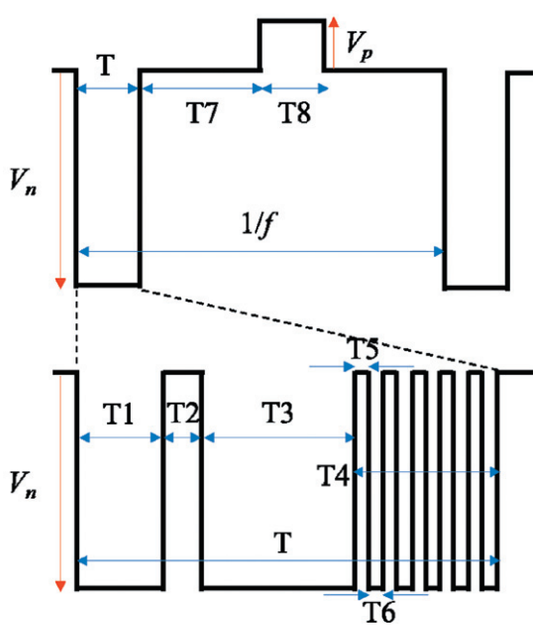


図２　パルス波形

３．実験結果および考察

３－１　HF-HiPIMS法の放電特性

図４にユニポーラHiPIMS法（UP），バイポーラHiPIMS法（BP），HF-HiPIMS法（HF）の放電電圧-放電電流波形を示す．いずれの成膜法とも，ピーク放電電流は120 A（3.03 A/cm^2），ピーク電力密度は1.8 kW/cm^{2}となり，インパクトの強い大電流および大電力が観測された．いずれもピーク電力密度が0.5 kW/cm^{2}を超えたことから，これらの放電は，HiPIMS放電であることが確認できる[6]．１周期あたりの平均電力はユニポーラHiPIMS法とバイポーラHiPIMS法は280 W，HF-HiPIMS法は380 Wと同印加電圧条件下でも平均電力の向上が確認された．これは予備放電により主放電の立ち上が

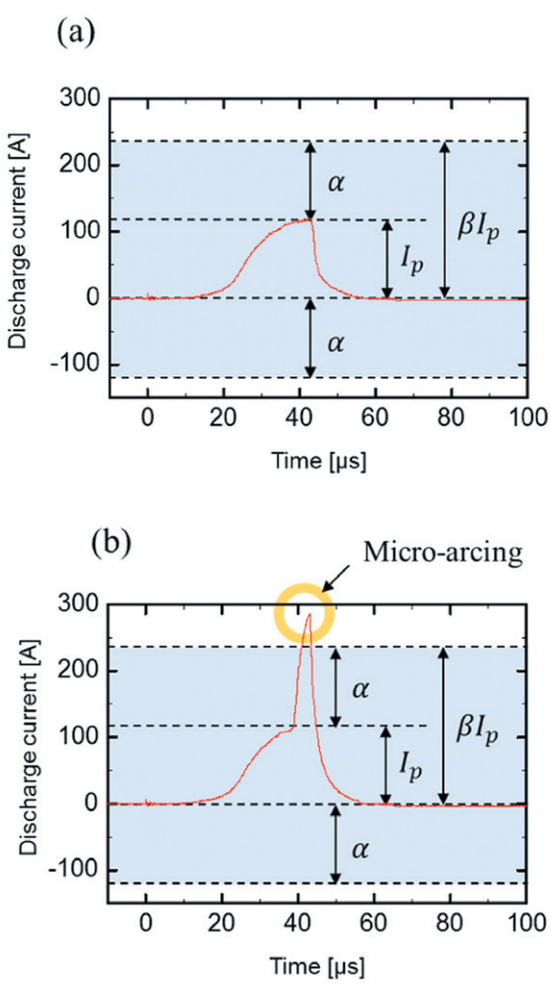


図３　パス/フェイルテスト
（a）通常波形　（b）アーキング波形

りが早くなったことおよび予備放電とHFパルスの印加により放電区間が延長されたことが考えられる．

図３(b)に示したアーキング波形からアーキング率を測定した．アーキング率は，ユニポーラHiPIMS法では2.4%，バイポーラHiPIMS法では4.4%，HF-HiPIMS法では1.5%であった．HF-HiPIMS法のアーキング率が最も低く，従来法であるユニポーラHiPIMS法と比較して39%低減した．アーキングの発生過程は以下の３段階が考えられる[11]．１段階目として，絶縁性薄膜がスパッタされたターゲットの非エロージョン部に形成される．２段階目として，プラズマから入射するイオンによって帯電し，この部分が正の電荷が蓄積される．3段階目に絶縁性薄膜の絶縁破壊電圧を超えたときにアーキングが発生すると考えられる．本研究で開発したHF-HiPIMS法では，HFパルスによる激しい電圧の変動が，ターゲット表面に帯電される電荷を減少させたことにより，アーキング率が低減できたと考えられる．これにより微小なドロップレットの形成が抑制されるため，表面平滑性の優れたDLC膜の成膜が可能となる．

３－２　HF-HiPIMS法の薄膜特性

各種HiPIMS法を用いたDLC成膜の成膜速度は，ユニポーラHiPIMS法では38.5 nm/h，バイポーラHiPIMS法では40.5 nm/h，HF-HiPIMS法では45.9 nm/hとなり，HF-HiPIMS法は，ユニポーラHiPIMS法と比較して，19%の成膜速度の向上が確認された．一般に成膜速度は電力に比例することから[12]，平均電力の高いHF-HiPIMS法を用いることで成膜速度が向上したことが示唆される．

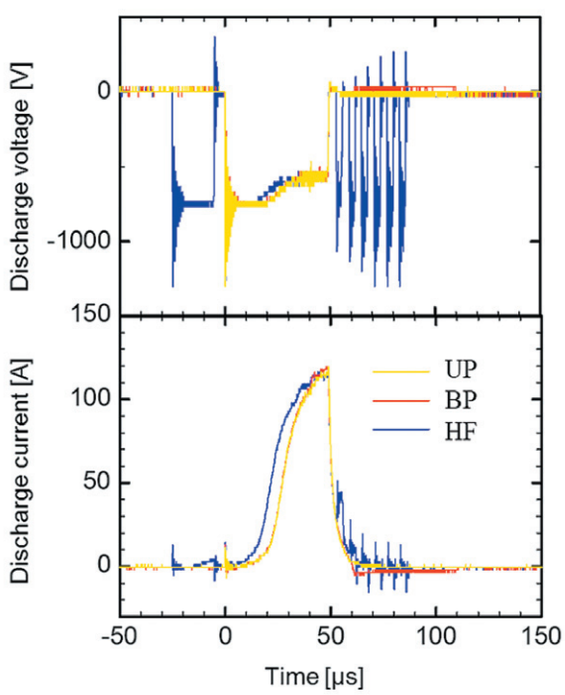


図４　各種HiPIMS法の放電電圧-放電電流波形

図５に，X線反射率測定法により得られた各種HiPIMS法のX線反射率プロファイルを示す．X線反射率プロファイルの全反射臨界角から得られた膜密度は，ユニポーラHiPIMS法では1.70 g/cm^3，バイポーラHiPIMS法では1.62 g/cm^3，HF-HiPIMS法では1.99 g/cm^{3}であった．HF-HiPIMS法を用いて成膜したDLC膜は，ユニポーラHiPIMS法を用いて成膜したDLC膜と比較して，17%の膜密度の向上が確認された．

屈折率の測定にはDLC膜の膜質評価や分類などにおいて注目されている分光エリプソメトリーを用いた．各種HiPIMS法の波長550 nmにおける屈折率は，ユニポーラHiPIMS法では2.08，バイポーラHiPIMS法では2.08，HF-HiPIMS法では2.31であった．HF-HiPIMS法を用いて成膜したDLC膜は，ユニポーラHiPIMS法を用いて成膜したDLC膜と比較して11%の屈折率の向上が確認された．また，DLC膜の屈折率と硬度には相関があることから[13]，HF-HiPIMS法を用いることでDLC膜の高硬度化が期待される．

HF-HiPIMS法を用いたことによるDLC膜の膜密度と屈折率の増加は，HF-HiPIMS法のT1区間の印加によりT3区間の平均電流がユニポーラHiPIMS法と比較して24.2%増加しており，膜内部へ到達する炭素イオンが増加したためと推察される．また，平均電力の増加によって成膜速度も向上している．以上より，HF-HiPIMS法はDLC膜の高速成膜と高密度化の両方を達成することができる有用な成膜法であることがわかった．

４．結言

本研究ではHF-HiPIMS法を用いたDLC成膜における放電特性と薄膜特性について報告した．その結果，以下の２つの結果を得た．

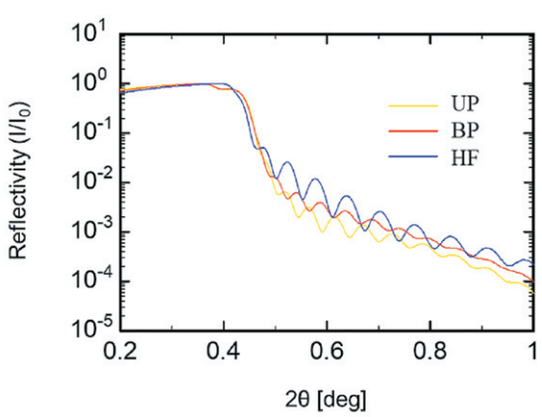


図５　各種HiPIMS法のX線反射率プロファイル

（1）HF-HiPIMS法の放電特性において，従来のユニポーラHiPIMS法と比較して平均電力の増加とアーキング率の低減を確認した．
（2）HF-HiPIMS法の薄膜特性において，従来のユニポーラHiPIMS法と比較して高速成膜と高密度化の両方を達成することができた．

参考文献

1) T. Nakatani, K. Okamoto, I. Omura, S. Yamashita, “Application of diamond-like-carbon coating to a coronary artery drug-eluting stent,” *Journal of Photopolymer Science and Technology*, Vol. 20, No. 2, pp. 221-228 (2007)
2）馬渕豊 : DLC膜の自動車部品への適用，トライボロジスト，Vol. 58，No. 8，pp. 557-565（2013）
3）太刀川英男 : 自動車産業のトライボロジーに関する技術課題とDLCコーティング，表面技術，Vol. 59，No. 7，pp. 437-437（2008）
4）村木正芳，藤邨克之，片岡征二，竹内貞雄，寺山暢之 : アルミニウムに対するDLC膜のトライボロジー特性とドライしごき加工用DLCコーティッド金型の寿命，日本機械学会論文集C編，Vol. 76，No. 764，pp. 960-967（2010）
5) Y. Mine, T. Nakatani, K. Okamoto, S. Hara, K. Takagi, H. Nikawa, “Impact of biomimetic diamond-like carbon coated titanium on osteoblast and osteoclast differentiation in vitro, ” *Journal of Photopolymer Science and Technology*, Vol. 27, No. 3, pp. 373-378 (2014)
6) J. T. Gudmundsson, N. Brenning, D. Lundin, U. Helmersson, “High power impulse magnetron sputtering discharge,” *Journal of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, and Films*, Vol. 30, No. 3, 030801 (2012)
7) P. Sigurjonsson, J. T. Gudmundsson, “Plasma parameters in a planar dc magnetron sputtering discharge of argon and krypton”, *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 100, No. 6, 062018 (2008)
8) J. T. Gudmundsson, P. Sigurjonsson, P. Larsson, D. Lundin, U. Helmersson, “On the electron energy in the high power impulse magnetron sputtering discharge”, *Journal of Applied Physics*, Vol. 105, No. 12, 123302 (2009)
9) K. Sarakinos, A. Braun, C. Zilkens, S. Mraz, J. M Schneider, H. Zoubos, P. Patsalas, “Exploring the potential of high power impulse magnetron sputtering for growth of diamond-like carbon films,” *Surface and Coatings Technology*, Vol. 206, No. 10, pp.2706-2710 (2012)
10) M. Samuelsson, D. Lundin, J. Jensen, M. A. Raadu, J. T. Gudmundsson, U. Helmersson,“On the film density using high power impulse magnetron sputtering,” *Surface and Coatings Technology*, Vol. 205, No. 2, pp. 591-596 (2010)
11）尾山卓司 : スパッタ法による低反射ガラスの作製，セラミックス，Vol. 40，No. 2，pp. 92-96（2005）
12) J. H. Boo, M. J. Jung, H. K. Park, K. H. Nam, J. G. Han “High-rate deposition of copper thin films using newly designed high-power magnetron sputtering source,” *Surface and Coatings Technology*, Vol. 188, pp. 721-727, (2004)
13) M. Hiratsuka, H. Nakamori, Y. Kogo, M. Sakurai, N. Ohtake, H. Saitoh, “Correlation between optical properties and hardness of diamond-like carbon films,” *Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering*, Vol. 7, No. 2, pp. 187-198, (2013)

Discharge characteristics and thin film character-istics in DLC films formation using the HF-HiPIMS method

Hiroyuki Fukue*, Tadayuki Okano**, Masahide Kuroiwa**,
Shinsuke Kunitsugu***, Hiroki Oota****,
Ken Yonezawa****, * and Tatsuyuki Nakatani*****

**Graduate School of Engineering - Systems Science Doctoral Program, Okayama University of Science,*
1-1, Ridai-cho, Kita-ku, Okayama, 700-0005, Japan
***Tokyo Electronics Co., Ltd.,*
2-22-7, Honcho, Kokubunji-shi, Tokyo, 185-0012, Japan
****Industrial Technology Center of Okayama Prefecture,*
5301, Haga, Kita-ku, Okayama, 701-1296, Japan
*****Kenix Corporation,*
2-15-501, Hojyoguchi, Himeji, Hyogo, 670-0935, Japan
******Institute of Frontier Science and Technology, Okayama University of Science,*
1-1, Ridai-cho, Kita-ku, Okayama, 700-0005, Japan

High power impulse magnetron sputtering (HiPIMS) method is a thin film formation method in which high power is applied to a short pulse. This HiPIMS method can form high-quality thin films as compared with the conventional direct current magnetron sputtering (dcMS) method. We are studying diamond-like carbon (DLC) film formation using HiPIMS method. Although it is an effective HiPIMS method for high-quality thin films formation, it has been reported that the deposition rate is lower than that of the conventional dcMS method. The HiPIMS method also has the problem of the occurrence of arc discharge due to high-power sputtering and accompanied with decrease in surface smoothness. Therefore, we develop a high frequency (HF) -HiPIMS method as a new HiPIMS method with the aim of overcoming these drawbacks. In this report, we first evaluate the discharge characteristics of the HF-HiPIMS method. The deposition rate, film density, and refractive index were measured for the purpose of evaluating the thin film characteristics of the HF-HiPIMS method. As a result, the HF-HiPIMS method achieved both high-speed deposition and high density films compared to the conventional unipolar HiPIMS method.

Keywords: HiPIMS; HF-HiPIMS; DLC; sputtering.

骨穿孔用ドリルの最適形状ならびに材質

金枝　敏明・寺野　元規*・平野　博之**

岡山理科大学フロンテイア理工学研究所
*岡山理科大学工学部機械システム工学科
**岡山理科大学工学部バイオ・応用化学科

2020年12月15日受理

１．はじめに

整形外科手術の分野で主流である人工関節置換手術や骨折治療術では，骨切り過程や骨にボルトを埋める工程が多く，後者ではドリルで骨を穿孔する必要が生じるのは言うまでもない. 工具であるドリルの硬さは，穿孔される骨の硬さよりも相当硬いことは容易に理解されるが，工具より硬さが小さい骨ではあるが，湿気を含んだ木材のように靭性が高い上に異方性を有するので，決して硬さからだけでは推測される穿孔しやすい材料ではない.

したがって，穿孔する担当する医師からドリルの食いつきが不良，耐摩耗性が低いといった不満が出ているのも事実である．その結果手術時間が予想以上に長期化することもあり，患者の負担も大きくなる.

食いつきの不良に関しては，一般金属における穿孔と異なり，骨表面に垂直にドリルを貫入させることは少なく，ガイドを使用しても表面に対して90° 以下の穿孔になる．したがって幾何学的関係から食いつきは不良にならざるを得ない面もある.

次いで，摩耗しやすい指摘のあるドリルは，材質がステンレス鋼SUS630が主流である．上記のような骨の機械的性質に対しては，高速度鋼や工具鋼などの適用も考えられるが，手術用器具の材料として厚生労働省の認可が下りてないこと，さらにオートクレーブでの滅菌過程での耐食性に問題があり使用できない. SUS630は，クロム系のマルテンサイト組織を有し，17Cr-4Ni-4Cu-Nbが主体で，ロックウエル硬さHrc：40～44のものである[1)]．当然，630系より硬いステンレス鋼410，420も存在するが，これらも耐食性が前者より劣るということで使用できない状況にある.

このような現状を踏まえ，骨用ドリルの最適形状を求めるために，刃先形状と切削抵抗の関係を求めた.

２．実験方法

2.1 試験用骨試料

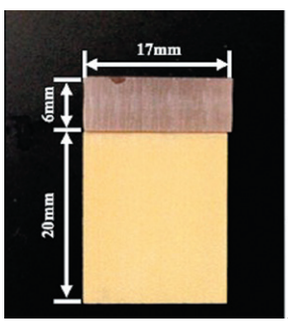
本来なら人体の骨を使用すべきであるが，種々の制約があり，対象となり得ない．そこで多くの研究では豚や牛の骨，それも一番硬いと言われている大腿骨の部分を選択している．この場合も生体ではなく，いわゆる屍を使用している．したがって実験用試料として死亡後実験開始時までの保存方法や機械的・生物学的性質を一定に収めることは, 困難と言わざるを得ない.

そこで着目したのが模擬骨である．2017年に，医療機器の力学評価に使用する生体組織のモデルの国際標準化にむけ，世界が動き出し，骨ネジなどの医療機器の力学評価には，骨モデル（模擬骨とも言う）を用いて行われている[2)]．骨は，表面の皮質骨と内部の海綿骨からなり，それらに対応して模擬骨が市販されている.

人骨は外側の皮質骨と呼ばれる硬い部分と内側の海綿骨と呼ばれる多孔質化した軟らかい部分から成り立つ[3)]．この構造を再現するためにSawbones社の人骨代替試験材料，模擬骨を使う．Table 1にその特性を示す. 皮質骨相当部の試験材料はエポキシ樹脂とガラス短繊維との混合物を加圧成形したものである．海綿骨相当

Table 1 Mechanical properties of workpiece

	Density (g/cm³)	Compressive strength (MPa)
Short fiber filled epoxy sheet	1.64	125
Solid rigid polyurethane foam	0.8	44



	Density (g/cm³)	Compressive strength (MPa)
Short fiber filled epoxy sheet	1.64	125
Solid rigid polyurethane foam	0.8	44

Fig. 1 Synthetic bone

部の試験材料は，ポリウレタンを発泡させたものである．前者（厚さ6 mm）と後者（厚さ20 mm）を接着剤（アロンアルファEXTRA4020，東亜合成）で接着したものを試験片とする．人骨の皮質骨厚さも約５～６ mmとなっており，それに準拠する[4]．

Fig. 1に試験に供した皮質骨と海綿骨に相当する模擬骨を示す．

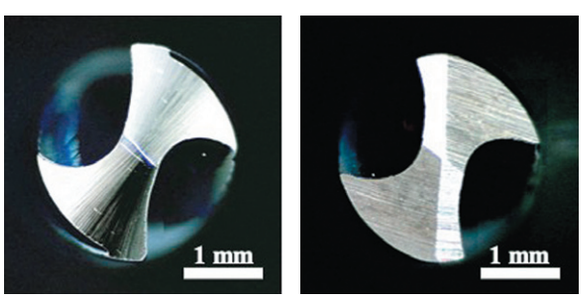
なお，皮質骨は海綿骨よりも密度で約２倍，引張り強度で５倍で，比切削抵抗が４～５倍高い[5]．

2.2 ドリル

ドリルの直径は，手術時に多いとされている φ 2.8 mmとする．Table 2にその諸元を示す．ドリルA（先端角 $\varepsilon = 118°$，ねじれ角 $\theta = 30°$，SUS630）を基準にB～Eは刃先形状，Fは材質を変えた６種類のドリルを用いる．ドリルA～DおよびFの刃先形状は円錐形状，ドリルEはツーレーキ形状である．Fig. 2にドリルAとFの刃先形状の違いを示す．ドリルAとCで先端角，AとBでねじれ角，AとEで逃げ面の形状は円錐形状，ドリルEはツーレーキ形状である．ドリルAとCで先端角，AとBでねじれ角，AとEで逃げ面の形状，AとFで材質の影響を比較した．

Table 2 Cutting edge shape and material of drill

Drill	Diameter	Material	Point angle ε	Helix angle θ	Flank face
A	2.8 mm	SUS630	118°	30°	Conical
B	〃	〃	〃	18°	〃
C	〃	〃	90°	30°	〃
D	〃	〃	〃	18°	〃
E	〃	〃	118°	30°	Two rake
F	〃	SKH51	〃	〃	Conical



1) Conical tool edge　　2) Double rake edge

Fig. 2 Top view of drill edge

2.3 穿孔試験用装置

Fig. 3に試験装置を示す．試験試料の穿孔には，コンパクトで精度が高い小型切削加工機（FANUC ROBODORILL α-D14LiB5，FANUC）を使用する．

穿孔時の切削抵抗は，ドリルの場合トルクとスラスト方向に分け，ドリルの切削抵抗専用のAST式回転工具動力計（ひずみゲージ方式，AST-BL，三保電機製作所）を用いる．この動力計を小型切削加工機のテーブルに固定する．

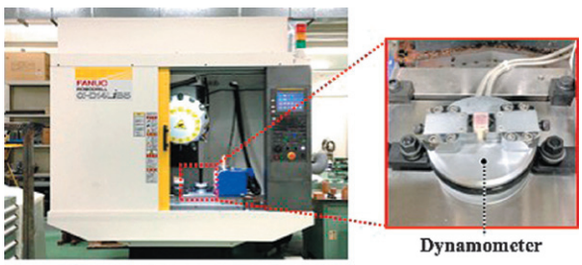


Fig. 3 Drilling test machine

2.4 穿孔試験条件

穿孔条件は，医師が骨の穿孔を行う際の値を基に回転数 $r = 1188$ rpm，送り速度 $f = 60$ mm/min，穿孔深さ $d = 12$ mmとする．皮質骨部分を貫通し，海綿骨内部に達するまでドリルを貫入させ終了する．

３．試験結果および考察

3.1 先端角の影響

Fig. 4に各種ドリルのトルク・スラストと穿孔深さの関係を示す．図からわかるように，トルクは穿孔開始直後から急激に増大し，貫入深さ２mm以後は深さにほぼ比例するかごとく増加する．皮質骨層に達してもドリルF以外貫入深さに比例するかごとく，増加し続ける．

これらの傾向を考察するために，切れ刃の長さとトルクの関係について着目した．

先端角から切れ刃（のみ部）の長さを以下の計算式で算出する．

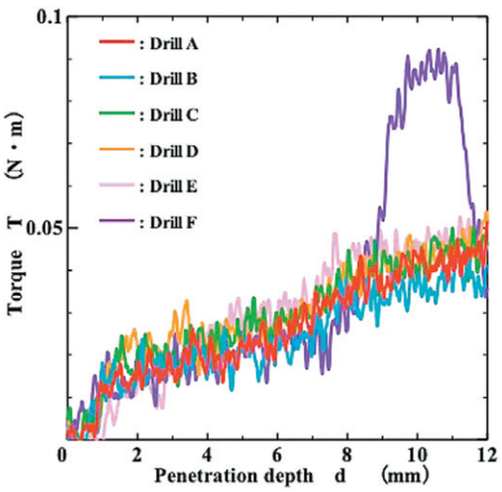
$$l = r/\cos(\varepsilon/2) \qquad (1)$$

ここで，l：切れ刃の長さ（mm）
　　r：ドリルの半径（mm）
　　ε：先端角（°）

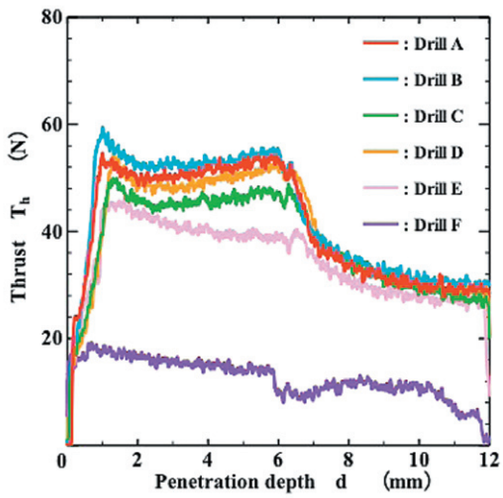
そうすると，$\varepsilon = 90°$ の場合，1.98mm，$\varepsilon = 118°$ の場合，1.13mm となり先端角 ε が小さい場合刃先で切削する長さが大きくなり，トルクが大きくなる上記の関係が理解できる．また明石らも同様な傾向を金属で表明している[6]．

3.2 ねじれ角の影響

先端角 $\varepsilon = 90°$ でねじれ角 $\theta = 18°$ のDと $\theta = 30°$ のCで比較すると，トルクでは差はほとんどないが，スラス



a) Torque curve



b) Thrust curve

Fig. 4 Relationship between force and penetration depth

トではDがわずかばかり大きい．他方，ε=118°で比較するとθの大小に影響は認めがたいものとなった．先端角が小さいとトルク成分が垂直成分であるスラストに影響する度合いが大きくなったものと思われる．またθ大の30°の方がすくい角も大きくなり，すくい面での摩擦も小さくなり，切りくず排出も容易になったことが影響したとも考えられる．

3.3 逃げ角の影響

逃げ角の影響を刃先が円錐形状のドリルAとツーレーキ形状のEの比較で調査した．トルクでは，Aに比べ，ツーレーキ形状のEの方が大きい．一方，スラストは，ドリルEの方が小さい．つまり，円錐形状よりもツーレーキ形状の方が値は小さくなる．ツーレーキを施したドリルでは，逃げ面で接触面積が減少する可能性が大きく，また切りくず排出も良好になり，スラストが小さくなり穿孔時のドリルの振れ回りも小さくなったことが影響したと推測される．ツーレーキが皮質骨層部分ではかなり小さな値を示した．

トルクについては，両者間で大きな差がない．

4．おわりに

本研究では，図らずも硬さに優位がある機械加工用の高速度鋼製のドリルが，概ね最小の切削抵抗を示した．特にスラストではその傾向が顕著であった．しかし，1. はじめに記述したようにおいては，手術用器具には用いることができない．刃先形状の最適値は把握できたので，医師から発せられている２つの要請である食いつきについてはチゼルエッジ部のシンニングが関与している可能性が高いので，シンニング形状について最適値を次に求めたい．次いで材質についてステンレス鋼を外せないので，硬さ向上法の一つとしてDLCコーテイングを考慮しているので，これを試していきたい．

参考文献

1）田中良平編，JISステンレス鋼の選び方・使い方，日本規格協会，27（2004）．
2）日本機械学会誌機械工学年鑑2018,
https://www.jsme.or.jp/kikainenkan2018/chap04.html#4-31.
3）森田真史ら：海綿骨の機械的性質とその骨梁構造依存性について，材料，33，373，1323-1329（1984）．
4）中山敏ら：インプラント植立骨としての肩甲骨・腸骨および腓骨骨質がリムーバルトルクに及ぼす影響についての比較研究，日本口腔インプラント学会誌，10，2，138-143（1997）．
5）M. Mitsuishi, S. Warisawa and N. Sugita:Deter-mination of the machining characteristics of a biomedical using a machine tool designed for total knee arthroplasty, Annals of the CIRP, 53/1, 107-112(2004).
6）明石剛二：ドリルの形と穴加工，精密工学会誌，85，10，839（2019）．

Optimum edge shape and material for bone drill

Toshiaki KANEEDA, Motoki TERANO* and Hiroyuki HIRANO*

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

In orthopedic surgeries osteosynthesis and artificial joint replacement are operated to treat broken bones or disease of joint. In the osteosynthesis, the metal plates and screw are used to firmly fix to broken bones. In the artificial joint replacement, components such as plate, cup, tray, etc. are fixed to the bones with the screws. In these surgical operation procedures, the bones are drilled by using bone drill to make the holes. In the operation, the doctors often complain about lower performances in the drilling operations, which present higher cutting forces at the tool engagement and wear rates. Judging from an engineering viewpoint, the cutting edge of the drill doesn't have an optimum geometry and adequate anti-wear resistances. In this report, the drilling test of synthetic bone instead of human ones is carried out to investigate the effects of the cutting edge shape of bone drill and drill material on thecutting forces which means torque and thrust force.

Keywords: bone drill; tool edge; cutting force; tool wear; torque; thrust; point angle; helical angle

非定常短細線加熱法による粘菌の熱物性値

牧　祥・黒田　茂*・藤原　誠之**・田中　誠一**
荒田　敏昭***・中垣　俊之****

岡山理科大学 フロンティア理工学研究所
*青森大学 ソフトウェア情報学部
**明石工業高等専門学校 機械工学科
***大阪市立大学大学院 理学研究科生物地球専攻系
****北海道大学 電子科学研究所 知能数理研究分野

2020年12月●日受理

１．はじめに

粘菌は胞子の発芽によって繁殖する「植物的な性質」と，他の菌類や微生物などを捕食するため積極的に移動する「動物的な性質」も併せ持つ真核生物（yukaryota）である．真正粘菌と細胞性粘菌に大別され，前者は変形菌（myxomycete）とも呼ばれる．古くは南方熊楠が精力的に研究したことで有名であるが，近年では，北海道大学の中垣俊之および黒田茂（現，青森大学ソフトウェア情報学部）らが，粘菌（変形菌）の食餌行為を始めとするさまざまな行動プロセスに最適化された増殖ネットワークが自発的に発現するという興味深い知見を報告した[1, 2]．この研究は「粘菌コンピュータ」として注目され，中垣らはイグノーベル賞を二度も受賞するという快挙を成した．

しかし粘菌は基礎的な物性データが著しく不足している．粘菌に限らず，生物試料の多くの熱物性値（熱伝導率，熱拡散率，比熱など）は未だほとんど解明されていない．粘菌のような非維管束植物や近種の蘚苔類の生育様態は，地表に対して面的に増殖するため，地面や大気の温度環境に決定的に影響されるのは間違いない．一方，こうした生物は多湿環境を好むため，水と空気の熱物性が粘菌の活動全般に大きな影響を与えることを容易に想像される．空気の密度ρ_{air}は常温（20℃）で1.161 kg/m^3，熱伝導率λ_{air}は0.0256 W/m･K，熱拡散率α_{air}は2.19×10^{-5} m^2/sである[3]．一方，水の密度，熱伝導率，熱拡散率は，ρ_{water} = 998.2 kg/m^3，λ_{water} = 0.602 W/m･K，α_{water} = 1.41×10^{-7} m^2/sである[3]．土壌の熱物性値はあまり正確性を期待できないが，粘土質土壌の場合，密度，熱伝導率，熱拡散率は，ρ_{soil} = 1450 kg/m^3，λ_{soil} = 0.116 W/m･K，α_{soil} = 10.0×10^{-7} m^2/sとされる[3]．つまり粘菌や蘚苔類は体表の大気側と地表側とで熱輸送効率が決定的に異なり，理論的には地表側が圧倒的に支配的である．ただし，もしそこに水が介在すれば，地表側と大気側の熱輸送落差は緩和され，そのことが粘菌・蘚苔類の行動に大きな影響を与えているだろう．粘菌は蘚苔類や地衣類とは異なり，能動的に移動できる．つまり粘菌の行動を目視追跡すれば，非維管束植物全体に共通した生気象学的な効果を発見出来るかもしれない．粘菌の熱物性値は変形菌全般の行動形態を把握する際に必要不可欠な知見を提供してくれる．

２．計測原理

藤井・藤原らが開発した非定常短細線加熱法[8]は，細線周囲の物質の熱伝導率と熱拡散率を同時に測定する計測手法である．従来からある細線法を改良し，プローブや細線の長さを大幅に小型化させているのが大きな特長である．測定の難しい狭小な環境下での測定や，希少高価な少量試料の測定に適しており，実験とその物理モデルに対応した数値解析を組み合わせることで，従来の細線法よりも高精度の測定が可能である．既にさまざまな液体の熱物性値測定の実績があり，特に代替冷媒[4, 5]，溶融ポリマー[6]，溶融炭酸塩[7]などにおいて詳細な熱物性データを提供してきた．

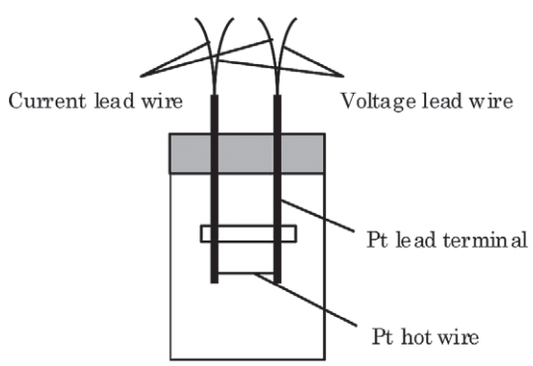


図１　プローブの模式図

図１は実験に使用したプローブの模式図である．加熱用の短細線には白金製細線（NILACO 0.05 [mm]）を使用した．短細線寸法は直径50 [μm]，長さ7 [mm] を想定して設計し，後述する電流・電圧値の補正で正確な寸法に校正した．白金短細線は白金製リード端子の下端に卓上スポット溶接機を使って電気溶着で接合し，両端子間を水平に架橋した．短細線とリード端子を同種の金属で製作したのはゼーベック効果を回避するためである．本研究では2.0 [mm] の太さのリード端子を使用した．リード端子同士を平行に保つため 2.1 [mm] の貫通穴をあけたアクリル製固定具で補強した．リード端子の先端には電圧印加線および電圧測定線をはんだ付けし，さらにその上からアルミ製パイプで補強した．リード端子には直径4 [mm] の貫通穴をあけたアクリル製の固定具を取り付け，固定具とともにエポキシ系接着剤にて上蓋を固定した．

図２は短細線プローブと周辺機器の模式図である．短細線プローブの周囲には直流電源，AD変換器，標準抵抗, 可変抵抗, 動作リレースイッチ（946H-1C-5D）などの機器を配置している．AD変換器にて標準抵抗と短細線プローブの電圧値を測定している．

測定手順を説明する．まず，測定回路のプローブに約14 [mA] の直流電流を印加し，短細線の温度を測定する．この時の温度を初期温度とする．標準抵抗の電圧値 V_r とプローブの電圧値 V_p を測定し，標準抵抗に流れる電流値 I を式（1）で求める（オームの法則）．

$$I = \frac{V_r}{R_{st}} \tag{1}$$

標準抵抗の抵抗値 R_{st} は10 [Ω] である．

プローブと標準抵抗は直列に接続されているためプローブに流れる電流も I である．よって初期温度における短細線，リード端子を含めたプローブ全体の抵抗値 R_p は式（2）となる．

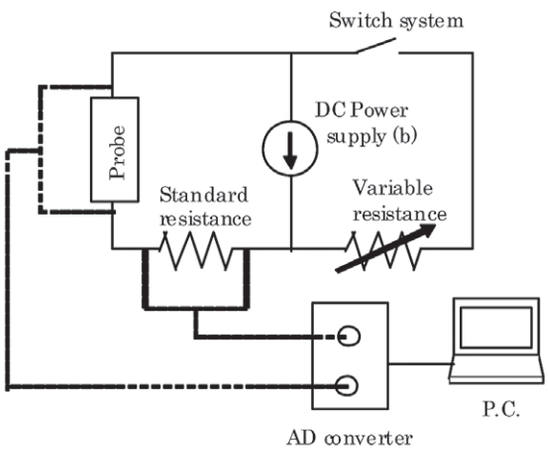


図２　短細線プローブと周辺機器の模式図

$$R_p = \frac{V_p}{I} \tag{2}$$

上記の R_p を用いて，0 [℃] の際のプローブ全体の抵抗値 R_0 を式（3）で求める．

$$R_0 = \frac{R_p}{\beta T_0 + 1} \tag{3}$$

ここで β は白金の電気抵抗係数を表し，本研究では 0.00394 [1/K] を用いた．

式（3）R_p と R_0 により，短細線とリード端子の温度 T_v は式（4）で決定する．

$$T_v = \frac{1}{\beta}\left(\frac{R_p}{R_0} - 1\right) \tag{4}$$

次に，プローブに120 [mA] の加熱電流を印加し，細線の温度上昇を測定する．通電加熱時のリード端子の発熱はあるが，リード端子の直径は短細線に比べはるかに大きいため，発熱は無視できるほど小さい．そのため，式（1），（2）の手順で V_r と V_p の測定を行い，通電加熱時のプローブ全体の抵抗値 R_t（t）を算出することによって短細線の温度 T_v を式（5）にて求めることができる．

$$T_v = \frac{1}{\beta}\left[\frac{R_t(t) - \varepsilon R_p}{(1-\varepsilon) - R_0} - 1\right] \tag{5}$$

ここで ε はリード端子とプローブ全体の電気抵抗比である．

初期温度を測定した際のプローブに流れる微小な電流を微小電流とし，その後，通電加熱をする際の電流を加熱電流とする．長時間の電流印加は自然体流の原因となり，正確な測定結果を得られない可能性があるため，微小電流および加熱電流ともに５秒間印加し，計10秒間の測定を行った．

式（5）で得られた短細線温度 T_v と時間 t の対数（有次元）の関係は式（6）のような直線の式に近似できる[4]．

$$T_v = a\,\ln(t) + b \tag{6}$$

また，測定と同じ物理モデルに対応した数値解析プログラムによって無次元温度 θ_v を算出することで θ_v とフーリエ数 Fo の関係は同じく式（7）のような直線の式に近似できる．

$$\theta_v = A\,\ln(Fo) + B \tag{7}$$

この時の θ_v と Fo は以下の式（8）で与えられる．

$$\theta_v = \frac{T_v - T_0}{q_v r^2 / \lambda}, \quad Fo = \frac{\alpha t}{r^2} \tag{8}$$

ここで λ と α は試料の熱伝導率と熱拡散率を表し，q_v は単位体積あたりの発熱量，r は短細線半径である．

係数a，b，A，Bは熱伝導方程式の数値解析結果と実験結果のそれぞれに最小二乗法を適応することで決定する．式（6），(7）および（8）の連立方程式を解くと，細線周囲の試料のλとαを以下の式で求めることができる．

$$\lambda = q_v r^2 \frac{A}{a}, \quad \alpha = r^2 \exp\left(\frac{b}{a} - \frac{B}{A}\right) \tag{9}$$

短細線の半径rおよび長さlについては，熱伝導率と熱拡散率が既知である蒸留水を用いて検定を行い，式(9) をrおよびlについて解くことで決定する．なお，本研究ではλ = 0.6144 W/m·K，α = 1.474×10^{-7} m^2/sを使用した．

3．粘菌

実験日前日に粘菌（モジホコリ）の皮体が乾燥塗布されている試験紙と一緒に寒天培地上に設置し，霧吹きで軽く散水後，気温20℃の実験室環境で静置した．

12時間後に発芽を確認したら，直ちに測定用プローブに装填して測定した．測定中はインキュベータに保管しながら測定し，粘菌の熱物性値の温度依存性の有無を検証した．

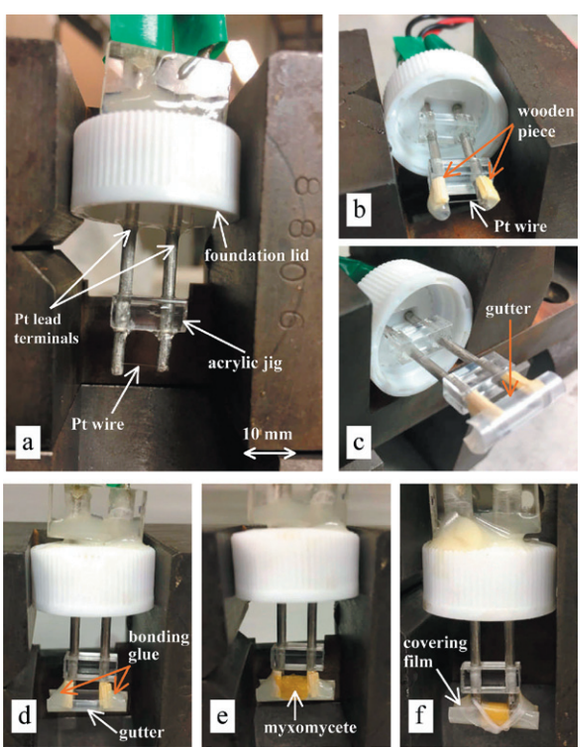


図３　測定に使用したプローブ写真．（a）短細線，(b）木片の取付，（c）樋の取付，（d）樋の固定，（e）樋に粘菌を充填，（f）粘菌と樋をパラフィルムで被覆．

4．測定

短細線が粘菌に完全に被覆されるようにするために軸方向に二等分したポリプロピレンストローを使って，図３（c，d）に示すような「樋」を作成した．樋と端子の間には絶縁材料として機能する小さな木片挿入し，短細線が樋の中央に配置されるように調整した．樋に粘菌を詰めると樋全体をパラフィルムで被覆し乾燥を防いだ（図２（e，f））．

再現性を確認するために２回測定を行った．最初の測定をExp.1，２回目の測定をExp.2と名付けた．Exp.1は，温度を285.2，293.2，および300.2 Kで行った．Exp.2は277.2，285.2，293.2，および299.9 Kで行った．いずれの測定も同時に独立して５回実行し，各測定間隔は３分以上で行った．

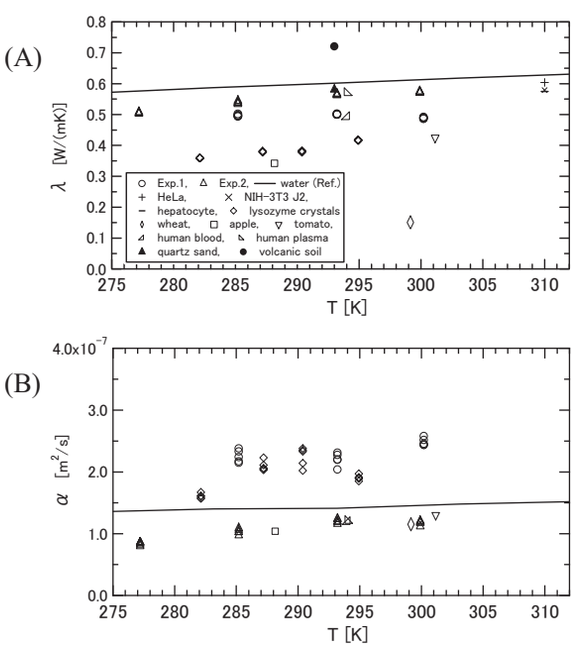


図４　粘菌の熱物性値．（A）熱伝導率，(B）熱拡散率．

5．結果

粘菌の熱伝導率を図４（A）に熱拡散率を図４（B）に示した．　粘菌の計測データのうち，Exp.1およびExp. 2はそれぞれ円（O）と三角（△）で示した．黒の実線は水の物性値である[3]．参考文献[8]の３種類の生体細胞（HeLa（+），NIH-3T3 J2（×），肝細胞（−））の熱伝導率を図４（A）に示した（ただし熱拡散率は不明）．そのほか，小麦（紡錘形ダイヤモンド）[9]，リンゴ（□）[10]，トマト（▽）[11]，ヒトの血液（右に偏心した三角形）[12]，ヒトの血漿（左に偏心した三角形）[12]，卵白リゾチーム結晶（◇）[13]，石英砂（▲）[14]，および火山性土壌（◆）[15] の物性値も参考として図４に提示した．

粘菌の物性値はヒトの血液および血漿の物性値と最も近かった．文献[8]の生体細胞とも類似性が見られ，粘菌の熱伝導率の外挿値とほぼ等しかった．粘菌の熱伝導率はリゾチーム結晶，トマト，リンゴなどの値とやや近かった．オレンジとグレープフルーツはリンゴの物性値とほぼ同等だったため，図４には掲載しなかった．一方，火山性土壌（無機物質）の物性値は粘菌のそれとは大きく異なっていた．

６．結論

粘菌の熱物性値は水や生体物質（ヒトの血液, 血漿）と極めて近く，リゾチーム結晶，小麦，リンゴ，トマトなどともやや近かった．一方，無機物質（土壌）の物性値とは明らかに異なっていた．粘菌が落ち葉や樹皮上を好んで生息する理由として，自分の熱物性値に近いことが考えられるかもしれない．不明な点は多いが熱物性値の視点から微生物の挙動を検討する試みは生気象学的研究に新たな方向性を惹起するかもしれない．

参考文献

1) Tero, A., Kobayashi, R., and Nakagaki T. A mathematical model for adaptive transport network in path finding by true slime mold, J. Theore. Biol. 244(4): 553-564 (2007).
2) Tanaka, Y. and Nakagaki, T. Cellular computation realizing intelligence of slime mold Physarum Polycephalum, J. Comput. Theore. Nanosci. 8(3): 383-390 (2011).
3) 日本熱物性学会編,「新編熱物性ハンドブック」, 編集委員長 長島昭, 編集副委員長 荒木信幸, 編集幹事 馬場哲也, p.72, 養賢堂, 東京都文京区本郷, ISBN 978-4-8425-0426-1 (2008).
4) Fujii, M., Zhang, X., Imaishi, N., Fujiwara, S., and Sakamoto, T. Simultaneous measurements of thermal conductivity and thermal diffusivity of liquids under microgravity conditions, Int. J. Thermophys. 18: 327-339 (1997).
5) Tomimura, T., Maki, S., Zhang, X., and Fujii, M. Measurements of thermal conductivity and thermal diffusivity of alternative refrigerants in liquid phase with a transient short-hot-wire method, Heat Transf. Asian Res. 33 (8): 540-552 (2004).
6) Zhang, X., Mikeda, S., Wicaksono, H., Fujiwara, S., and Fujii, M. Measurements of thermal conductivity and thermal diffusivity of polymers, Proc. of the 6th Asian Thermophysical Properties Conference, Guwahati, India, Vol. 1: 36-40 (2001).
7) Zhang, X., Wicaksono, H., Fujiwara, S., and Fujii, M. Accurate measurements of thermal conductivity and thermal diffusivity of molten carbonates, High Temp. High Pressu. 34: 617-625 (2002).
8) Park, B.K., Yi, N., Park, J., Kim, D., Thermal conductivity of single biological cells and relation with cell viability. Appl. Phys.s Lett. 102: 203702 (2013).
9) Babbit, J. D., The thermal properties of wheat in bulk. Canadian J. Res., Sec. F 23: 388-401 (1945).
10) Bennett, A.H., Chance, W.G., Cubbedge, R.H, Heat transfer properties and characteristics of Appalachian area Red Delicious apples. ASHRAE Trans. 75, part 2: 133 (1969).
11) Chevalie, D., Le Bail, A., Ghoul, M., Freezing and ice crystals formed in a cylindrical food model: part I. Freezing at atmospheric pressure. Journal of Food Engineering 46: 277-285 (2000).
12) Balasubramaniam, T.A., Bowman, H.F., Thermal conductivity and thermal diffusivity of biomaterials: a simultaneous measurement technique. J. Biomechanical Engineering-Transactions of the ASME 99(3): 148-154 (1977).
13) Maki, S., Fujiwara, S., Tanaka, S., Erzalia, E., et al. Temperature dependence and anisotropic effects in the thermal properties of hen egg-white lysozyme crystals, Symmetry 12 (8): 12081279 (2020).
14) Japan Society of Thermophysical Properties, “Thermophysical Properties Handbook”, p.579, Yokendo, Tokyo, ISBN 978-4-8425-0426-1 (2008). (in Japanese).
15) Japan Society of Thermophysical Properties, “Thermophysical Properties Handbook”, p.579, Yokendo, Tokyo, ISBN 978-4-8425-0426-1 (2008). (in Japanese).

The methodology to measure the thermal properties of slime mold

Syou MAKI, Shigeru KURODA*, Seiji FUJIWARA*, Seiich TANAKA**,
Toshiaki ARATA***, Toshiyuki NAKAGAKI****

Institute of Frontier Science and Technology, Okayama University of Science,
** Faculty of Software and Information Technology, Aomori University,*
*** Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology, Akashi College,*
**** Cell Function Lab., Graduate School of Science, Osaka City University,*
***** Research Institute for Electronic Science, Hokkaido University,*
1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama-shi, Okayama 700-0005, Japan

We measured the thermal conductivity (λ) and thermal diffusivity (α) of a slime mold (*Physarum polycephalum*) by the transient short-hot wire method. The measurements were conducted two times with temperatures varying from 277 to 300 K. In the results, λ = 0.489-0.572 (W/m･K), and $\alpha = 8.36\times10^{-8}$-$2.48\times10^{-7}$ (m^2/s). The thermal properties of slime molds are close to those of water. In particular, the λ is similar to that of biological materials (cells, human blood and plasma), and slightly different from that of some kinds of organic materials (lysozyme crystals, wheat, apple, and tomato), and evidently different from inorganic substances (sand and soil). We think the possibility that the behavior of slime mold may be affected by the thermal properties of surrounding environment, although the detail is unknown yet.

Keywords: transient short-hot wire method, myxomycetes, biological materials, *Physarum polycephalum*.

HIV-1プロテアーゼと阻害薬の複合体に対するFMO計算

―結合エネルギーと活性値の関係―

矢城　陽一朗

岡山理科大学大学院工学研究科電子工学専攻

2020年12月15日受理

１．緒言

日本をはじめ世界中に急速に拡がっているエイズ感染症の原因となるヒト免疫不全ウイルス（Human Immunodeficiency Virus: HIV）は，非常に変異しやすく，短期間で薬剤耐性をもつことが知られている．現在，様々なエイズ治療薬が認可，使用されているが，そのなかには薬剤効果は高いが重篤な副作用を起こすものもあり，そのため，効果が高く副作用のより少ない新しい治療薬の開発が喫緊の課題である．HIV-1プロテアーゼは，エイズウイルスの増殖に必要なアスパラギン酸プロテアーゼである．その構造は，99個のアミノ酸残基から成る同一なペプチド鎖のダイマー（A鎖，B鎖）で構成されており，活性部位アミノ酸残基は，A，B鎖ともにAsp25である（図１）[1,2]．今回，HIV-1プロテアーゼと活性値（Kd値：解離定数）が異なる９個の阻害剤（図２）の複合体９種に対してフラグメント分子軌道（Fragment Molecular Orbital: FMO）計算[3-5]を行い，HIV-1プロテアーゼのアミノ酸残基と阻害剤の相互作用エネルギーおよびHIV-1プロテアーゼと阻害剤の結合エネルギーを算出した．本研究は，我々が以前から行っている新しいインシリコ創薬研究[6]およびコンピュータシミュレーションによる新規化合物設計研究[7,8]の一環であり，FMO計算から得られた計算値とKd値を比較検討することで，薬剤効果や副作用の予測に関する知見を得ることを目的としている．

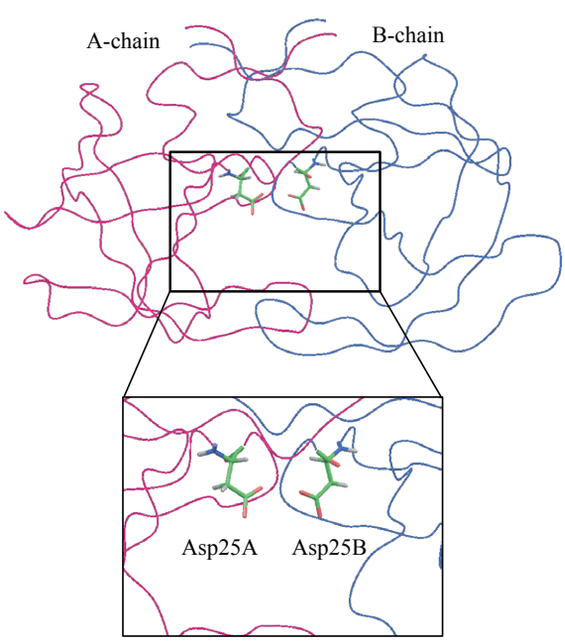


図１　HIV-1プロテアーゼの立体構造と活性部位アミノ酸残基Asp25（A，B）．緑：炭素原子，赤：酸素原子，青：窒素原子，白：水素原子

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，HIV-1プロテアーゼと阻害剤の複合体構造をProtein Data Bankよりダウンロードし，HIV-1プロテアーゼと阻害剤を分離した．HIV-1プロテアーゼに対しては，分子計算ソフトウェアAMBER11[9]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．阻害剤に対しては，Gauss Viewで水素原子を付加した．また，阻害剤の電荷は，Gaussian03によるHF/6-31G（d）レベルでの全電子量子化学計算を行い，その結果からresp電荷を割り当てた．次に，AMBER11を用いてHIV-1プロテアーゼと阻害剤の複合体を再構築した後，分子力学計算により，炭素原子，窒素原子，酸素原子など重原子を固定した，水素原子のみの構造最適化を実施した．本研究では，結晶水は全て削除した．また，Asp25（A，B）のプロトン化状態については，現在，明らかとなっていないことから，プロトン化していない状態をとった．

２－２　FMO計算

得られた複合体構造に対し，スーパーコンピュータ「京」およびスーパーコンピュータ「TSUBAME」（東京工業大学）を用い，バイオ分子相互作用シミュレータMIZUHO/ABINIT-MP[10]によるFMO2-MP2/6-31G*レベ

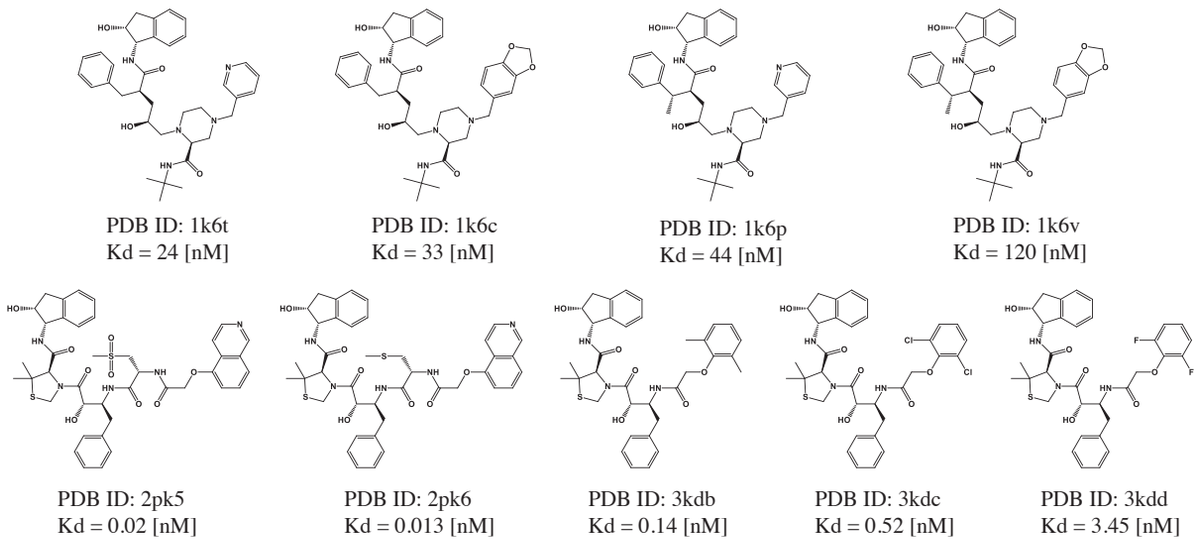


図２　計算に用いた阻害剤とそれらのKd値（解離定数）

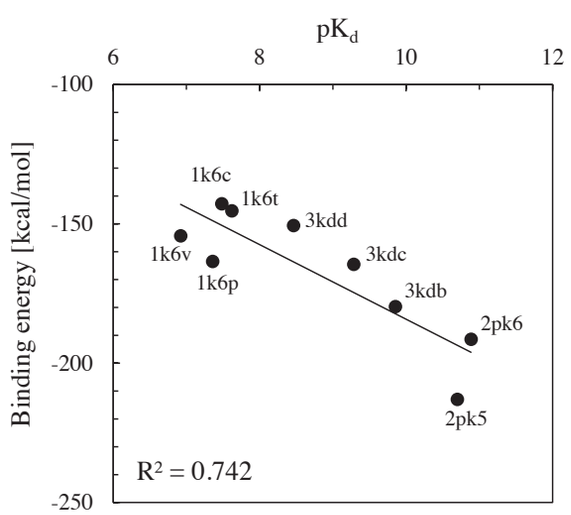


図３　HIV-1プロテアーゼと阻害剤の結合エネルギーとpKdの関係

ルでのFMO計算を行った．HIV-1プロテアーゼはアミノ酸残基ごとにフラグメント分割し，阻害剤は複数のフラグメントに分割した．このFMO計算から，HIV-1プロテアーゼのアミノ酸残基と阻害剤の相互作用エネルギー（Interfragment Interaction Energy: IFIE）を求め，これらIFIEの和を取り，HIV-1プロテアーゼと阻害剤の結合エネルギーを算出した．

３．結果と討論

図３に，FMO計算から得られたHIV-1プロテアーゼと阻害剤の結合エネルギーとpKd（$=-\log_{10}$Kd）の関係を示す．結合エネルギーとpKdの間には，強い相関（$R^2=0.742$：$R=-0.8614$）があることがわかった．ここで，Rは相関係数であり，この値が±1に近いほど強い相関がある．この結果は，FMO計算によって阻害剤の活性値を予測できる可能性を示唆している．現在，HIV-1プロテアーゼの各アミノ酸残基と阻害剤の詳細なIFIE解析を進め，阻害剤と強く相互作用しているアミノ酸残基，また活性相関に関与すると思われるアミノ酸残基の探索を行っている．そして，HIV-1プロテアーゼと阻害剤の結合機構の解明を目指している．

謝辞

本研究は，FMO創薬コンソーシアム（FMO Drug Design Consortium: FMODD）の活動の一環として実施され，スーパーコンピュータ「京」およびスーパーコンピュータ「TSUBAME」（東京工業大学）を利用した結果である（「京」を含むHPCIシステム利用研究課題「HPCI を活用したFMO 創薬プラットフォームの構築」課題番号：hp190119, hp190133）．また本研究の一部は，国立研究開発法人日本医療研究開発機構（AMED）創薬等ライフサイエンス研究支援基盤事業 創薬等先端技術支援基盤プラットフォーム（BINDS）の支援を受けた（課題番号：JP20am0101113）．

最後に，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) D.R. Davies, Annu. Rev. Biophys. Biophys. Chem., 19, 189-215 (1990).
2) S.V. Ghuge, M.C. Zarkar, S.R. Deshmukh, S.K. Choubey, J. Adv. Bioinfo. Appl. Research, 1, 17-26 (2010).
3) K. Kitaura, E. Ikeo, T. Asada, T. Nakano, M. Uebayasi, Chem. Phys. Lett., 313, 701-706, (1999).
4) D.G. Fedorov, K. Kitaura, “The Fragment Molecular Orbital

Method: PRACTICAL APPLICATION TO LARGE MOLECULAR SYSTEM", CRC Press, (2009).
5) S. Tanaka, Y. Mochizuki, Y. Komeiji, Y. Okiyama, K. Fukuzawa, Phys. Chem. Chem. Phys., 16, 10310-10344 (2014).
6) Y. Yagi, Y. Hattori, Y. Naoshima, Trans. Jpn. Soc. Simulat. Tech., 4 (2), 41-50 (2012).
7) Y. Yagi, T. Tanaka, A. Imagawa, Y. Moriya, Y. Mori, T. Kimura, M. Kamezawa, Y. Naoshima, J. Adv. Simulat. Sci. Eng., 1 (1), 141-160, (2014).
8) Y. Yagi, T. Kimura, M. Kamezawa, Y. Naoshima, CBI Journal, 18, 21-31, (2018).
9) 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).
10) MIZUHO/ABINIT-MP, Mizuho information and research institute Inc., (2013).

FMO calculations on complexes of HIV-1 protease and its inhibitors: a relationship between binding energy and active values

Yoichiro YAGI

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

This paper describes fragment molecular orbital (FMO) calculations for nine different complexes of HIV-1 protease and its inhibitors. All FMO calculations were carried out at the FMO2-MP2/6-31G* level by using the MIZUHO/ABINIT-MP program on the K computer and on the TSUBAME computer of Tokyo Institute of Technology. We computed the inter-fragment interaction energies (IFIEs) between the inhibitor and the amino acid residues in HIV-1 protease and estimated sum of IFIEs as binding energy between an inhibitor and HIV-1 protease. FMO computations show that the binding energy can be well correlated to the dissociation constant, Kd value, of each inhibitor. Our results suggest that it is certainly possible to evaluate and to predict the activity values of individual inhibitors.

Keywords: AIDS; HIV-1 protease; inhibitor; FMO calculation; binding energy.

細胞の自己凝集化誘導技術を用いたメッシュ形状細胞凝集塊の作製

滕　魯鵬・中桐　僚子*・木股　敬裕*・岩井　良輔**

岡山理科大学工学部生命医療工学科
*岡山大学大学院医歯薬学総合研究科　形成再建外科学講座
**岡山理科大学フロンティア理工学研究所

2020年12月15日受理

1．はじめに

再生医療においては，血液細胞のような体内を循環する浮遊系の細胞を除いては，移植する細胞を確実に移植部位に留める必要がある．そこで，細胞を懸濁液中の浮遊状態ではなく３次元の凝集塊として移植することで，患部への生着率の向上による確実な組織再生効果と，細胞の拡散による副作用リスクの低減が期待できることから，本邦で認可が進む人工多能性幹細胞（iPS細胞）等の幹細胞を用いた再生医療の前臨床や臨床研究においても，細胞を凝集塊にして移植する方法が積極的に採用されている[1),2)]．

我々が開発した“接着細胞”の自己凝集化技術（Cell self-Aggregation inductionTechnology: CAT）においては，CATを誘導する特殊荷電ポリマー（CATポリマー）を培養表面の任意の領域に塗布することで，CATポリマーの塗布表面にのみ細胞を接着させ，そこに形成した細胞単層の自発的な凝集化が誘導されることで（図1A），形状制御された球形（スフェア），輪形（リング）や線形（ファイバー）状の細胞のみからなる立体細胞凝集塊を作製することが容易であり，再生医療のための新規の細胞凝集塊作製法としての開発を進めている[3~5)]（図1B）．ここで，網目（メッシュ）状の細

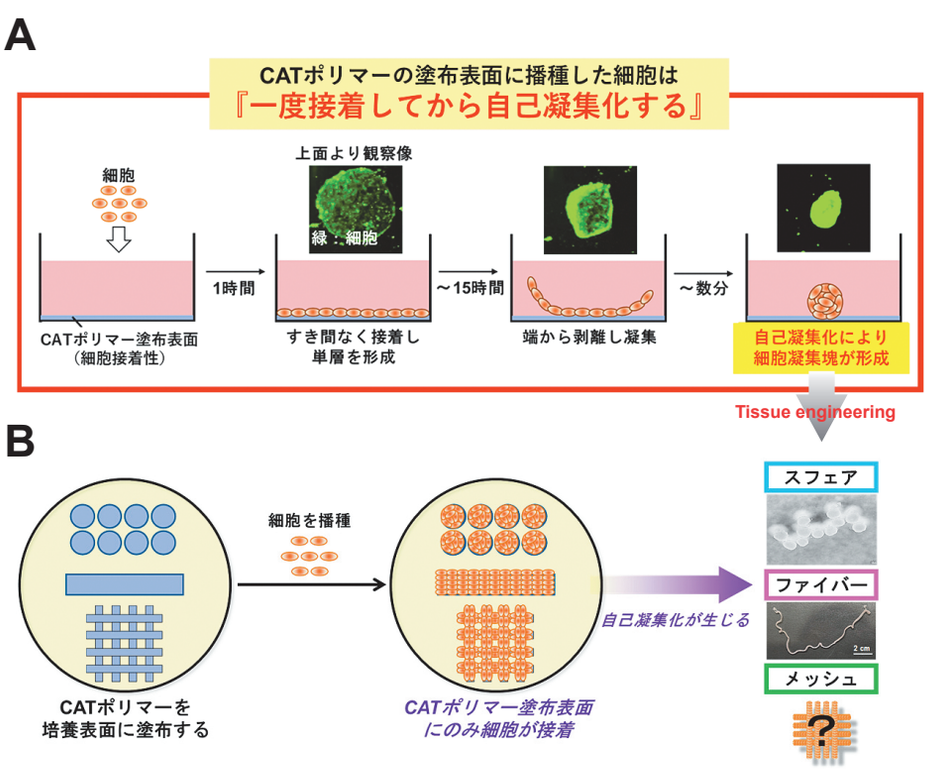


図１　細胞の自己凝集化技術（CAT）の機構（A）と形状化細胞凝集塊作製への応用（B）

胞凝集塊が作製できれば，そのメッシュ構造によって移植後も効率的に酸素と栄養分の供給がされることによって，単一の構造体でありながら大量数の細胞を細胞の壊死を回避しつつ患部に確実に留めることができると考えた．本研究では，CATを用いた細胞凝集塊の作製法を用いてメッシュ状の立体細胞凝集塊を作製することを目的とした．

２．材料と方法

CATポリマーの塗布形状，すなわち，細胞の接着領域の形状を規定するために，培養部屋（チャンバー）として厚さ１mmのシリコーン製のゴム板を格子形状に切り抜き培養皿表面に貼付した．チャンバー内にCATポリマーの水溶液を塗布し５分間静置することでCATポリマーを培養皿表面に吸着させた後，液を吸引してCAT誘導表面とした．細胞としてラット皮下由来の間葉系幹細胞をチャンバー内に播種して２時間培養し，細胞単層の形成を顕微鏡下にて確認した後，チャンバーを培養皿から剥離しDMEM（低グルコース）の基礎培地に10％のウシ胎児血清と１％のペニシリン-ストレプトマイシンを加えた培養液を追加してさらに約１日培養を行った（図２）．

３．結果と考察

３－１　基礎的検討/CATの塗布形状設計

CATを用いた細胞凝集塊の作製法においては，CATポリマーの塗布表面上へ播種した細胞が形成する細胞単層の外縁部から生じる剥離と凝集化によって形状制御された細胞凝集塊が形成する（図1A）．ここで，メッシュ状の細胞凝集塊を得るためには複数本の線が直行した格子形のCAT誘導表面を作製する必要があり，その線の幅はメッシュを成す線状凝集塊の太さに影響を及ぼすと予想されるため，線の幅が異なる溝が縦横２本ずつ直行した単格子形状のチャンバー（図3A）を作製し細胞を播種して培養した．

細胞は播種して２時間以内には線幅に関わらず隙間のない細胞単層を溝内のCAT誘導表面上に形成したので，チャンバーを剥離してさらに数時間培養を続けた．その結果，細胞単層はCAT誘導表面の線幅が4 mm以下では剥離すると同時に格子形状を保ちつつ凝集化を生じて格子状の凝集塊を形成したが（図3B，赤枠写真），8 mm以上では剥離が凝集化より早く進み，大部分が細胞単層の状態で剝離して培養液中に浮遊した状態で凝集化が徐々に生じることで，不均一で無秩序な凝集塊となった（図3B，青枠写真）．すなわち，CATを用いて格子形状の細胞凝集塊を作製するには，線状のCAT誘導表面の幅を少なくとも4 mm以下に設計する必要があることが分かった．

３－２　多格子メッシュ状細胞凝集塊の作製

３－１にて，チャンバーの格子を成す線幅を4 mm以下に設計することで格子形状の細胞凝集塊が得られ

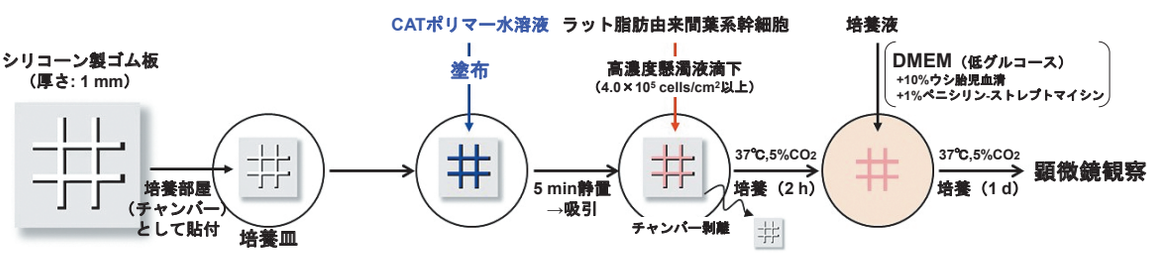


図２　実験方法の概要

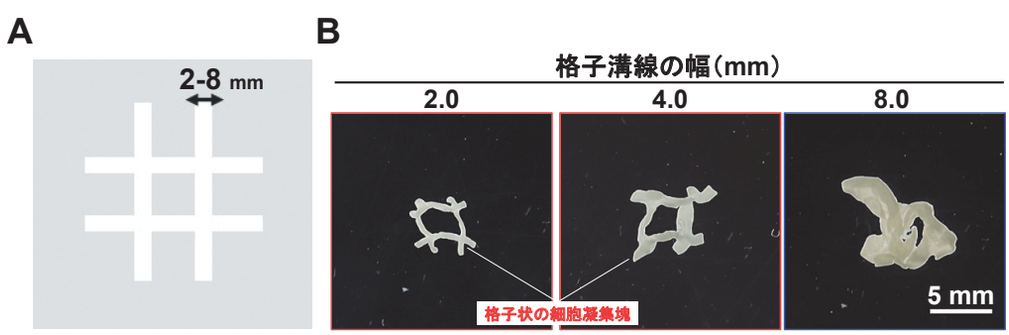


図３　幅の異なる溝線を有する格子状の培養チャンバー設計（A）とチャンバー内に形成した細胞単層の一体凝集化により生じた細胞凝集塊の形態（B）
赤枠写真：格子状細胞凝集塊，青枠写真：無秩序な形状の細胞凝集塊

ることが分かったので，線幅が2 mmの溝が縦横４本ずつ直行した９格子構造を有するメッシュ状のチャンバーを作製し細胞を播種して培養した．その結果，細胞はCAT誘導表面に沿ったメッシュ状の細胞単層形成した後（図4A），約１日の培養の間に３－１と同様に細胞単層の剥離と凝集化を生じてCAT誘導表面の寸法の約40%の大きさに縮小化し３次元化した９格子構造を有するメッシュ状の細胞凝集塊を成し培養液中に浮遊した（図4B）．このメッシュ状の細胞凝集塊は，スパチュラを用いて培養液中からその構造を崩すことなく容易にすくい上げることができ，移植物として十分な操作性を有していた．

３－３　メッシュ状細胞凝集塊の生着評価（*in vitro*評価）

メッシュ状細胞凝集塊の静的な環境下での生体組織への生着性を調べるために，培養によるin vitro評価を行った．Wister系ラットの皮下に正方形のシリコーン製のゴム板（2 cm×2 cm，厚さ1 mm）を４週間埋植することで，ゴム板を被覆化した真皮組織を生体真皮由来組織とし，これに赤色蛍光色素を用いて細胞を標識した９格子構造を有するメッシュ状細胞凝集塊を貼付して約１週間培養した．

生体真皮由来組織に貼付したメッシュ状の細胞凝集塊は，貼付から約30分で培養液をその直上から添加しても剥離することなく組織表面に維持されていたことから，接着していると判断した．さらに７日間培養を

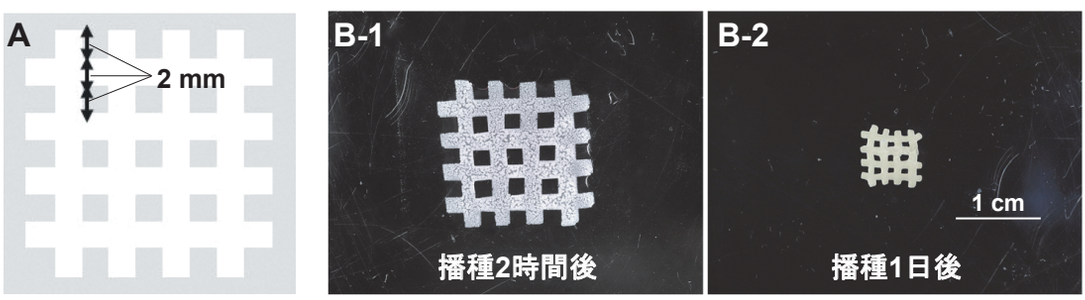


図４　９格子を有するメッシュ状の培養チャンバーの設計（A）と播種２時間後にチャンバー内に形成した細胞単層（B-1）および約１日後に形成したメッシュ状細胞凝集塊（B-2）

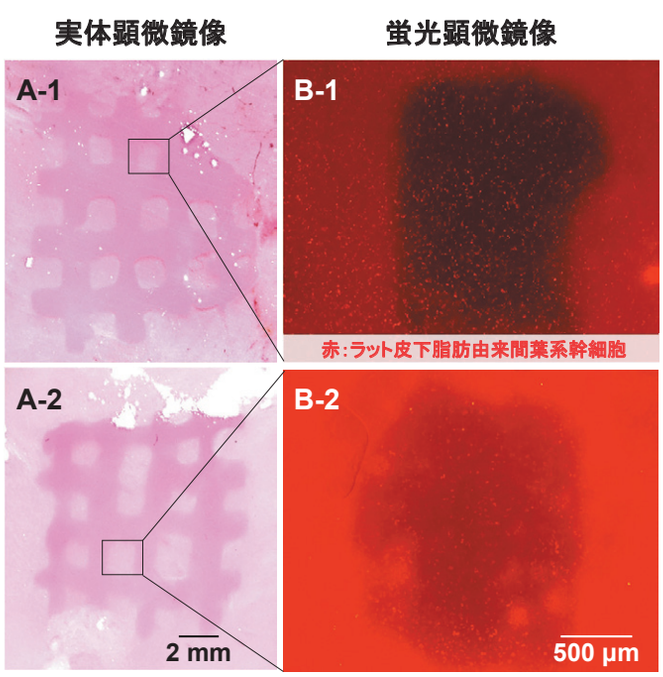


図５　生体真皮由来組織体に貼付した９格子構造を有するメッシュ状細胞凝集塊の培養１日後（A-1, B-1）と７日後の（A-2, B-2）の実体顕微鏡（A-1, A-2），および蛍光顕微鏡（B-1，B-2）による観察像

続けてもメッシュ状凝集塊の形状は肉眼的にほとんど変形することなく維持されていた（図5A-1，A-2）．そこで，蛍光顕微鏡観察を行い細胞レベルでの組織表面の変化を調べた結果，培養１日後にはメッシュ状細胞凝集塊の格子部分，すなわち生体由来真皮組織の表面が露出した部位に赤色蛍光を発する凝集塊由来の細胞の点在が認められ（図5B-1），７日後には，それらの細胞は格子内の組織表面を完全に被覆化していることが分かった（図5B-2）．

４．まとめと展望

CATを用いた我々独自の細胞凝集塊の作製法において，CATポリマーの塗布領域を最適化することで，培養皿に細胞を播種するだけで多格子構造を有するメッシュ状の細胞凝集塊を得ることができた．メッシュ状細胞凝集塊は，生体の真皮由来組織に迅速に接着するとともに，細胞の浸出によってその表面を被覆化し得ることを確認した．本メッシュ状凝集塊は，培養皿ベースで簡便に作製でき，かつ高い組織生着性を有することから再生医療における新たな細胞の移植形態となり得ると期待される．実験動物モデルへの移植実験にて有用性を検証していく予定である．

参考文献

1）Kikuchi T et al., Nature. 548, 592-596 (2017).
2）朝日新聞デジタル「iPS細胞で心臓再生, 慶応大が計画承認」: https://www.asahi.com/articles/ASN263SJ8N25ULBJ011.html（2020年２月６日）.
3）Iwai R, Nemoto Y and Nakayama Y., Biomaterials., 34(36), 9096-102 (2013).
4）Iwai R, Nemoto Y and Nakayama Y., J Biomed Mater Res A., 104(1), 305-12 (2016).
5）Iwai R, Haruki R, Nemoto Y and Nakayama Y., J Biomed Mater Res B Appl Biomater., 105(5), 1009-1015 (2017).

Preparation of mesh-shaped cell aggregated constructs using cell self-aggregation induction technology

Lupeng TENG, Ryoko NAKAGIRI*, Yoshihiro KIMATA*, Ryosuke IWAI**

Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering, Okayama University of Science, 1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama-shi, Okayama 700-0005, Japan
** Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Faculty of Medicine, Okayama University, 2-5-1 Shikata-cho, Kita-ku, Okayama-shi, Okayama 700-08558, Japan*
***Institute of Frontier Science and Technology, Okayama University of Science, 1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama-shi, Okayama 700-0005, Japan*

In cell-based regenerative therapy, transplanted cells fabricated as a form of three-dimensional cell aggregates can be expected to not only enhance the tissue regeneration following the improvement of cells engraftment rate in the affected tissue area but also reduce the risk of side effects induced by cell diffusion. We have developed cell self-aggregation technique (CAT) for the preparation of three-dimensional cell aggregates, and can succucessfully prepare spheres, rings and fiber-shaped cell aggregates simply by seeding cells in CAT induction polymer (CAT polymer) coated culture dishes. In this study, we could prepare novel mesh-shaped cell aggregates (CELL MESH) with a multi-lattice structure by designing the surface coating shapes of CAT polymer on culture dishes. The CELL MESH was handled easily and could be transplanted on the surface of dermis-derived living tissues as a patching manner simply using a spatulat. *In vitro* evaluation showed that CELL MESH could adhere biologically to dermis-derived living tissues within 30 minutes after patcthing and the cells exuded from CELL MESH were covered on their lattice area exposing dermis-derived living tissue within one week culturing. The CELL MESH having a large number of transplanted cells as a single construct should be surely retained in the affected tissue area, which expected to be a promssing cell transplants for regenerative therapy.

Keywords: tissue engineering; cell aggregates; regenerative medicine; cell self-aggregation

単結晶ジルコンの段階加熱実験―アルゴン抽出

兵藤　博信

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

2020年12月15日受理

ジルコンに含まれる希ガスを分析する目的でジルコン単結晶の段階加熱実験を行った．^{40}Arに関しては単粒子の大きさ（100～200ミクロン）や包有物にも依存するが，全量で10^{-8} - 10^{-10}ccSTP程度が放出された．段階加熱による放出パターンは特徴的で，1000℃を超えるまでは全体の20-30％しか放出されないものある．1000℃付近の最大放出フラクションの^{40}Ar/^{36}Ar比は明らかに300を超えるので何らかのK-Ar年代を記録していると考えられる．ただし形成時に捕獲された過剰アルゴンを否定するものではないが，高温で抽出されることから二次的に捕獲されたものではないと考えられる．他の可能性としてはジルコンにカリウムは存在しないので多量の^{40}Arの起源はおそらくジルコンに含まれた包有物によるものであると考えられる．抽出温度が高いことから微量測定が可能な^{40}Ar/^{39}Ar年代の適用可能性が示唆される．

１．初めに

U-Pb年代測定に用いられるジルコンは閉止温度が高い（＞800℃）という特性があり，ジルコン形成時の地質事象を記録する時計として用いられる．ジルコンにはしばしばガス，液体，鉱物の包有物が含まれ，それらがU-Pb系と同様に形成時から保存されている可能性がある．一方ジルコンはウランを含むので自発核分裂の際に発生するα線によってヘリウムが生成され，またそれが放射損傷をおこすためヘリウムおよび他のガス状の同位体測定には適していないとも考えられる．年代測定を行う前に予備実験としてジルコンに対して希ガスとくにアルゴンが抽出可能な量で存在するかを検討する段階加熱実験を行った．

２．実験

単結晶，及び微量の試料はレーザ加熱による質量分析計である（Hyodo，2008）．鉱物中のアルゴンはごく微量であると予想されるためなるべく古いジルコンとして冥王代のジルコンを用いた．ジルコンは透明度の高い鉱物であるので，1000℃を超える加熱では放熱が吸熱を上回る場合があり温度制御は不安定になる．これは記録された温度が直前のステップより低くなることや，脱ガス量も極端に減少することから判別できる．そのような場合レーザー光を近赤外線に変更し，急激な温度上昇で融解させた，一部はそれでも融解しないものもあった．

３．結果

実験結果の例を表1a，1b，図1a，1bに示す．試料から計測される^{36}Arは微量であり計測の限界に近いので，誤差が大きい．したがってたとえば^{40}Ar/^{36}Ar同位体比は正確な値にならない（特に誤差）．ブランクの^{40}Ar/^{36}Ar比は大気の値ではないので，装置に付着した微量の炭化水素や塩素及び試料から放出された塩素の残留効果等が原因と思われる．^{40}Arは500-800℃である程度放出され，1000℃以上で大部分を放出するタイプと1000℃まではほとんど放出がなく，1000℃以上で一気に放出されるタイプがある．測定した試料では後者の方が数的には多い．おそらく500-800℃で放出されるタイプはガスか液体の包有物であると考えられ，1000℃以上で放出する部分は鉱物の包有物であると推察される．

４．考察

900℃以下である程度（20-30％）の^{40}Arを放出する試料もあるが，どの試料も主要なアルゴンは1000℃を超えてから放出される．仮にアルファ崩壊による損傷でジルコンがミクロのレベルでズタズタになりガス状の物質に対しては透過率が非常に高いとすると，1000℃以上で抽出されるアルゴンは少なくともジルコンにかなり安定的にトラップされていることになる．すなわち鉱物の様な固体の形で保持され，その周りをジルコンが固めているためジルコン自身が融解するレ

ベルでないと普通の鉱物の様にすぐにはアルゴンを放出しないと推定される．

高温での^{40}Arの起源はジルコン形成時に周囲の^{40}Ar分圧が高ければ過剰アルゴンとして捕獲される．しかしその場合，ガスのままなので時間経過するにつれて増えていく放射損傷によって形成されたチャンネルを通して温度上昇とともにガス放出が徐々に進みやすい状況が生まれる．また高温で放出される^{40}Arは明らかに10^4から10^5の^{40}Ar/^{36}Ar比をもつため何らかの年代を保持していると考えられる．保持される年代がジルコンの形成年代や地質事象と対応するかは未知であるが^{40}Ar/^{39}Ar年代測定が可能なことを示唆している．

５．まとめ

ジルコンの単結晶および微小単結晶数粒を段階加熱法し40Arの放出パターンを検出した．放出は500-900℃の低温部と1000℃以上の高温部に分かれるが，^{40}Arの主要放出部分は多くの試料で高温にある．このことから，ジルコンに含まれる包有物のうち低温に代表されるのはガスおよび液体であり，高温部は鉱物であると推察される．高温の部分を利用して^{40}Ar/^{39}Ar法を用いてジルコンの初期的形成年代を測定可能なことが示唆された．

参考文献

Hyodo, H. (2008) Laser Probe ^{40}Ar/^{39}Ar dating: History and development from a technical perspective. *Gondwana Research* **14**, 609-616.

Table1a ^{40}Ar released (sample1)

Temp.(°C)	^{36}Ar cm^{3}STP	Error cm^{3}STP	^{40}Ar cm^{3}STP	Error cm^{3}STP	%	^{40}Ar/^{36}Ar	Error
499	1.47E-15	1.53E-14	1.26E-10	3.05E-12	1.11	8.54E+04	8.88E+05
597	1.11E-14	1.41E-14	5.39E-10	7.05E-12	4.76	4.86E+04	6.15E+04
693	0.00E+00	1.27E-14	4.05E-10	5.22E-12	3.57	-	-
802	1.37E-14	1.09E-14	4.63E-10	5.94E-12	4.08	3.39E+04	2.70E+04
894	-1.61E-15	1.02E-14	5.36E-10	1.29E-11	4.73	-3.33E+05	2.10E+06
993	1.25E-14	1.68E-14	3.19E-10	3.96E-12	2.81	2.55E+04	3.43E+04
1083	-1.60E-14	1.63E-14	4.64E-11	1.08E-12	0.41	-2.90E+03	2.94E+03
1169	-5.93E-15	1.69E-14	8.10E-11	1.53E-12	0.71	-1.36E+04	3.89E+04
1131	1.23E-15	1.56E-14	3.93E-10	4.99E-12	3.47	3.19E+05	4.03E+06
1500	-3.93E-14	1.33E-14	8.43E-09	9.40E-11	74.35	-2.15E+05	7.27E+04
Total	4.00E-14	4.55E-14	1.13E-08	1.24E-10	100.00	2.84E+05	3.23E+05
Blank	1.31E-13	8.06E-15	6.02E-12	1.17E-12	0.05	4.61E+01	9.40E+00

Table1b ^{40}Ar released (sample2)

Temp.(°C)	^{36}Ar cm^{3}STP	Error cm^{3}STP	^{40}Ar cm^{3}STP	Error cm^{3}STP	%	^{40}Ar/^{36}Ar	Error
598	2.51E-14	1.97E-14	8.85E-11	1.46E-12	0.95	3.52E+03	2.76E+03
702	8.81E-15	1.61E-14	7.53E-10	1.07E-11	8.05	8.55E+04	1.56E+05
790	0.00E+00	1.84E-14	1.96E-09	2.17E-11	20.99	-	-
897	-3.39E-14	1.87E-14	3.85E-09	5.50E-11	41.24	-1.14E+05	6.27E+04
1019	1.38E-14	1.61E-14	1.85E-10	2.41E-12	1.98	1.33E+04	1.55E+04
1133	7.96E-15	1.69E-14	1.06E-10	1.56E-12	1.13	1.33E+04	2.81E+04
1212	8.54E-15	1.51E-14	6.33E-11	1.00E-12	0.68	7.41E+03	1.31E+04
1259	-5.31E-15	1.34E-14	6.73E-11	1.43E-12	0.72	-1.27E+04	3.19E+04
1600	3.08E-12	2.35E-13	2.27E-09	4.73E-11	24.27	7.37E+02	5.84E+01
Total	3.14E-12	2.41E-13	9.35E-09	1.13E-10	100.00	2.97E+03	2.30E+02
Blank	1.17E-13	1.30E-14	2.06E-12	2.64E-13	0.02	1.76E+01	2.99E+00

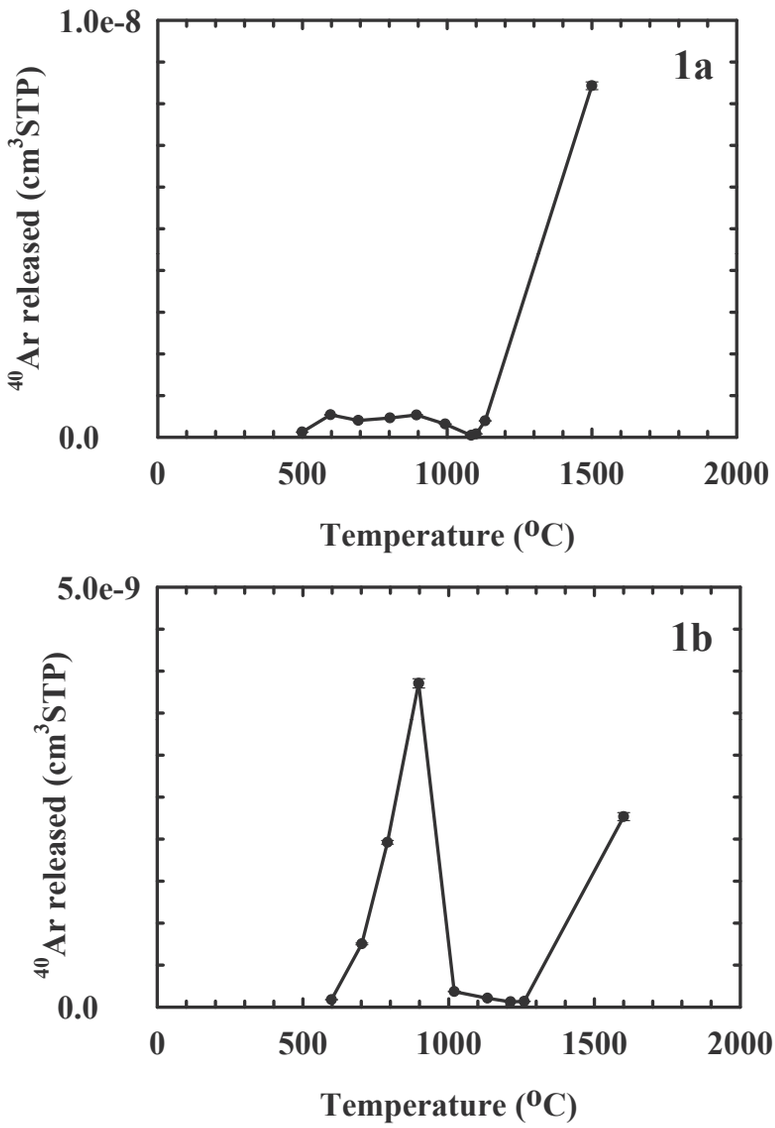


Fig 1a 40Ar release pattern of zircon1 during step heating. Major release is observed above 1000 degrees. 1b 40Ar release pattern of zircon2. Relatively large release is observed below 1000 degrees, but comparable release still exits above 1000 degrees.

Step heating experiment on single grain zircon —Argon release pattern

Hironobu Hyodo

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

Step heating experiments were carried out on a single grain zircons to investigate a possiblity of extracting ^{40}Ar. The total amount of ^{40}Ar from a zircon grain varies from 10^{-10} to 10^{-8} cm^{3}STP. Some grains release ^{40}Ar between 500-900 degrees, and others only release it above 1000 degrees. In any case, major releases always occur above 1000 degrees. The ^{40}Ar/^{36}Ar ratio exceeds the atmospheric value, and extraordinary large. The fractions may reflect a result of excess argon trapped in the formation stage of zircons. However, it clearly indicates that the argon is not acquired in the secondary event because of high extraction temperature. Another possible origin of the large amount of ^{40}Ar is mineral inclusions during the zircon crystallization, suggesting a possibility of ^{40}Ar/^{39}Ar age determination.

ヒマラヤ造山帯における黒雲母脱水溶融反応に伴う微細構造組織

今山　武志

岡山理科大学フロンティア理工学研究所

2020年12月15日受理

極東ネパールヒマラヤ地域において，黒雲母脱水溶融反応で形成したミグマタイトの微細構造組織を検討した．メルトと平衡に成長したザクロ石やカリ長石中は不規則に配列した包有物を持つ．また，基質部石英は縁部が明るいカソードルミネッセンス（CL）累帯構造が観察されるが，ザクロ石中の石英はCL累帯構造を持たない．これらの石英CL累帯構造は，構造欠陥の解消と関連する可能性がある．今後は，石英CLスペクトルから石英CL発光の帰属を明確にして，メルト・流体包有物を解析することによりヒマラヤ地殻溶融反応の実体を具体的に明らかにする

1．はじめに

大陸地殻の部分溶融は，地殻を流動的にさせ岩体の上昇を促進させる．そのため，部分溶融のメカニズムを理解することは，造山帯の上昇過程の解明に重要である．ヒマラヤ山脈は，約5000万年前のインド亜大陸とアジア大陸の衝突によって形成され，部分溶融によって多数の優白質花崗岩がテーチス堆積物と高ヒマラヤ帯付近に貫入している（図１）．ヒマラヤ優白質花崗岩の生成メカニズムは，流体活動による溶融反応や白雲母や黒雲母の脱水溶融反応など様々である．例えば，Le Fort et al.（1987）は，主中央衝上断層（Main Central Thrust, 以下, MCT）の下盤から上盤に流体が流れ込み，高ヒマラヤ帯下部の変成堆積物を部分溶融させたとした．Inger and Harris（1993）は，優白質花崗岩と高ヒマラヤ帯変成堆積物のRb-Sr同位体組成変化から，花崗岩生成の主要なメカニズムは白雲母の脱水溶融反応であるとした．実際，白雲母消滅のアイソグラッドは，高ヒマラヤ帯中～上部が露出する多くの地域で観察される（Imayama et al., 2010）．また，中新世初期ミグマタイトの変成圧力－温度経路が，白雲母の脱水溶融反応の平衡曲線を横切ることからも支持される（Harris et al., 2004）．東ネパールなどの地域では，変成温度がより高温領域まで上昇したために黒雲母の脱水溶融反応が起こり，花崗岩生成の重要なメカニズムを担っている（Groppo et al., 2012, Imayama et al., 2019）．

ヒマラヤ地殻溶融の実体を具体的に明らかにするためには，溶融反応における微細構造組織の解析が鍵となる．近年，Dyck et al.（2019）は，白雲母の脱水溶融反応における微細構造解析を詳細に実施して，溶融反応で形成したカリ長石とメルトが冷却する際にできたカリ長石の組織を区分した．また，優白質部の石英のカソードルミネッセンス（CL）像は累帯構造を示し，メルトが溶融あるいは冷却中に構造欠陥によって形成されたとした．一方で，黒雲母の脱水溶融反応に伴ってできるカリ長石の組織や石英のCL累帯構造などの微細構造組織は明確ではない．そこで本研究では，黒

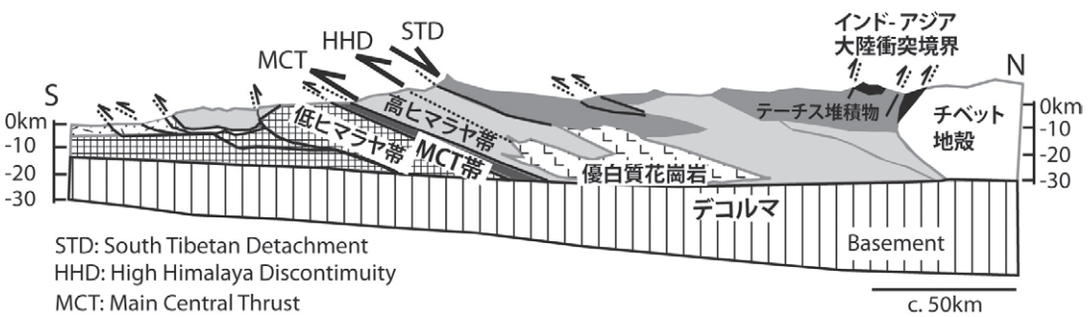


Fig. 1 Simplified geological cross section of the Himalaya. Modified from Imayama et al. (2012).

雲母の脱水溶融反応によって生成した極東ネパールミグマタイトを対象にして，カリ長石の組織や石英のカソードルミネッセンスを観察した．

２．極東ネパールの地質概要

ヒマラヤ変成岩類の上昇機構には地殻中部のデコルマから分岐する断層群が大きな役割を果たしている（Le Fort, 1975）．例えば，角閃岩相上部からグラニュライト相下部の変成岩類で構成される高ヒマラヤ帯は，逆断層であるMCTと正断層である南チベットデタッチメント断層（South Tibetan Detachment，以下，STD）の活動によって，地表にもたらされた（Burchifiel et al., 1992；図１）．さらに，高ヒマラヤ帯内部の断層帯（High Himalaya Discontinuity，以下，HHD）が東ネパールで発見され，高ヒマラヤ帯の一部は漸新世初期に上昇した（Imayama et al., 2012）．

極東ネパールでは高ヒマラヤ帯のスラストシートがMCTに沿って大きく南に張り出し，イラム変成岩ナップを作っている（Schelling and Arita, 1990）．研究地域はイラム変成岩ナップの北のルートゾーンに相当する．本研究地域のMCT帯および高ヒマラヤ帯岩石の変成温度条件は，MCT帯から高ヒマラヤ帯中部にかけて，570 ℃から740 ℃まで構造的上位へ上昇し，高ヒマラヤ帯上部では，710 ℃から810 ℃の間で等温的な変成温度勾配を示す（Imayama et al., 2010）．変成圧力は，MCTの直上で最高圧力（11 kbar）を示し，その後5–6 kbarまで減少する．

高ヒマラヤ帯中部のミグマタイトは，白雲母の脱水溶融反応（白雲母＋石英＋斜長石→アルミノケイ酸塩＋カリ長石＋メルト）によって中新世初期に形成した（Imayama et al., 2012）．一方，高ヒマラヤ帯上部のミグマタイトは，黒雲母の脱水溶融反応によって漸新世初期（3500－2500万年前）に形成した．黒雲母脱水溶融反応は，黒雲母＋石英＋斜長石＋アルミノケイ酸塩→ザクロ石＋カリ長石＋メルト±キンセイ石である（Imayama et al., 2019）．

３．偏光顕微鏡による微細構造組織観察

分析に用いた試料は，極東ネパールの高ヒマラヤ帯上部から採取した黒雲母の脱水溶融反応を被ったキンセイ石を含むミグマタイトである．この試料は，ザクロ石，キンセイ石，黒雲母，珪線石，カリ長石，斜長石，石英から主に構成され，多くの優白質部を含む．変成岩質部のパレオゾームは，黒雲母，石英，斜長石に富み，黒雲母の伸張方向によって定義される片理面が顕著である．パレオゾーム中のザクロ石は自形から半自形であり，ザクロ石の縁部はキンセイ石によって置換される場合がある．優白質部は，キンセイ石とカリ長石を比較的多く含む．優白質部に観察される自形～半自形のキンセイ石と不均質な包有物を多く含むザクロ石は，メルトと平衡に成長したペリテクティックな鉱物と考えられる．ザクロ石包有物は黒雲母，石英，斜長石から主に構成され，不規則な配列を生じている（図2a）．同様に，優白質部のカリ長石も不規則に配列する包有物を含む（図2b）．包有物は，石英，黒雲母および珪線石から主に構成され，石英は縁部に向かって粗粒化する傾向がある（図2c）．これらの微細構造組織は，Dyck et al.（2019）による白雲母脱水溶融反応におけるカリ長石の微細構造組織の区分に基づくと，メルトの冷却時ではなくメルト生成時に形成したと推測される．

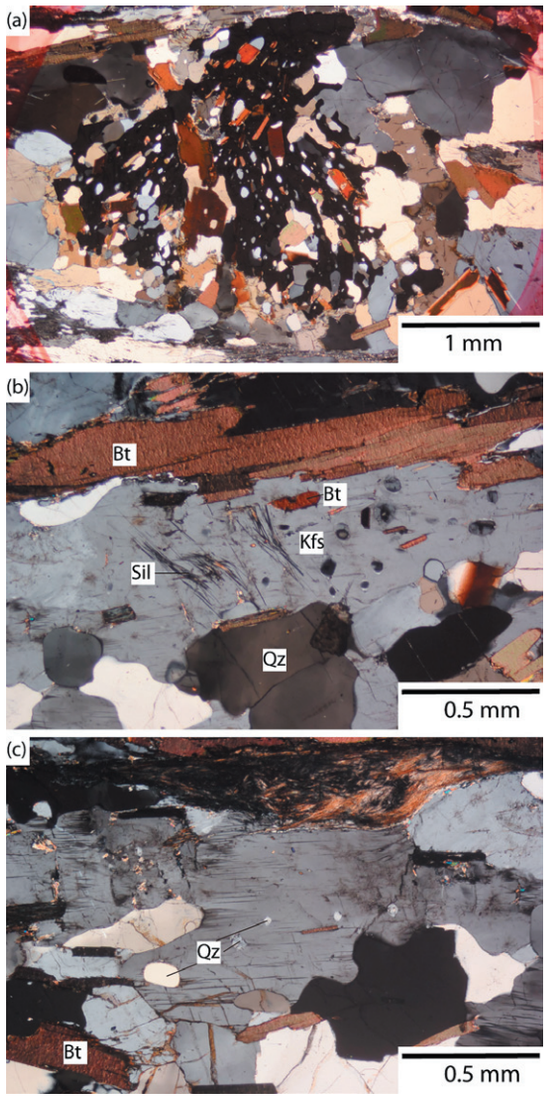


Fig. 2 Photographs of the cordierite migmatite in far-eastern Nepal.

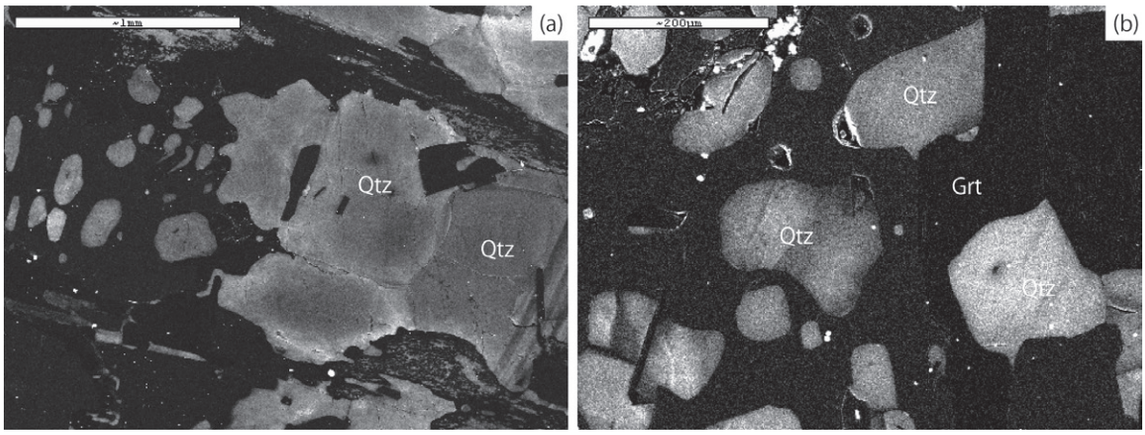


Fig. 3 Cathode luminescence images of quartz in the cordierite migmatite.

４．石英のCL像

CLは，物質中の電子が電子線照射によるエネルギーを吸収して励起状態となった後に，基底状態に戻るために光としてエネルギーを放出する発光現象である．不純物元素，結晶内の構造欠陥などが，CLに影響を与える主な要因である．

試料の薄片を作成して，ダイヤモンドペースト1 μmまで研磨した後に，石英について，CL像観察を実施した．CL像観察は，岡山理科大学総合機器センター設置の走査型電子顕微鏡（日本電子社製JSM-5410）および電子プローブアナライザー（日本電子社製JSM-8230）に回折格子分光器（Oxford Instruments社製Mono CL2）を組み込んだ装置を使用した．

図３に，キンセイ石ミグマタイト中の石英の代表的なCL像を示す．基質部の石英のCL発光は，中心部で暗く，縁部ではより明るいCL像を示す累帯組成構造が観察される（図3a）．石英によっては，結晶内部に不均質な強い発光がひび割れた部分に沿って見られる場合がある．一方で，ザクロ石に含まれる石英は比較的均一な発光を示し，結晶内に大きな発光の変化は見られない（図3b）．

石英中心部から縁部でCL発光が強くなる累帯構造は，白雲母脱水溶融反応を被った中央ネパールのヒマラヤ片麻岩類の石英からも報告されている（Dyck et al. 2019）．彼らの解釈によれば，縁部のCL発光は，結晶中に内在する構造欠陥によるもので，メルトの生成あるいは冷却中に関連しているとされた．メルトから晶出した高温石英では，冷却過程で熱収縮のためひびを生じて，外縁部分が歪を解消して，上記のようなCL累帯構造を示す場合がある（大郷ほか2014）．本研究で，ザクロ石に含まれる石英が累帯構造を示さないことは，硬いザクロ石に石英が囲まれることにより，石英縁部での歪の解消が進まずに，メルト生成時の構造欠陥が保存されたことを示すかもしれない．また，石英中の不均質な発光は，クラックなどの割れ目に観察される場合が多く，石英CL発光の主要な要因が構造欠陥によるものであるとする解釈と調和的である．

５．今後の展開

石英CL累帯構造の具体的な要因を知るためには,石英CLスペクトルを分析して，スペクトル分離を行い，発光中心の帰属を探ることが重要である．このことにより，累帯構造の要因が構造欠陥によるのか不純物中心によるのか明確になる．特に，石英中のチタン量は温度依存性が強く，石英のCL発光強度は，チタン量と正の相関を示す場合があり，石英の累帯構造の主要な要因の一つとして注目されている（Müller et al., 2003）．そのため，石英の微量元素を分析して，チタンなどの不純物元素がどの程度石英の累帯構造に影響しているのか考慮することも必要であろう．

ヒマラヤ地殻溶融を引き起こした溶融反応の実体を具体的に明らかにするためには，メルト・流体包有物を解析することが有効である．特に，造山帯において流体による地殻溶融の役割は過小評価されているかもしれない（Weinberg and Hasalová, 2015）．最近のCarvalho et al.（2018）による研究によれば，流体を必要としない白雲母脱水溶融反応や黒雲母脱水溶融反応が地殻深部で起きた場合でも，水や二酸化炭素などのC-O-H流体は共存していた可能性が高い．また，メルト包有物からメルト組成の変化を読み取ることができるかもしれない．

引用文献

Burchfiel, B.C., Chen, Z., Hodges, K.V., Liu, Y., Royden, L.H., Deng, C., Xu, J., 1992. The south Tibetan detachment system, Himalayan orogen: extension contemporaneous with and parallel to shortening in a collisional mountain belt. Geological Society of American, Special Paper 269, 1-41.

Carvalho, B. B., Omar, B., Fabio, F., Bernardo, C., Silvio, F., Laurent, R., Luca, C., and Stefano, P. (2018). Anatexis and fluid re-

gime of the deep continental crust: new clues from melt and fluid inclusions in metapelitic migmatites from Ivrea Zone (NW Italy).

Dyck, B., Waters, D. J., St-Onge, M. R., and Searle, M. P., 2019. Muscovite dehydration melting: Reaction mechanisms, microstructures, and implications for anatexis. DOI: 10.1111/jmg.12511.

Groppo C, Rolfo F, Indares A (2012) Partial melting in the Higher Himalayan Crystallines of eastern Nepal: the effect of decompression and implications for the 'channel flow' model. J Petrol 53:1057-1088.

Harris, N. B. W., Caddick, M., Kosler, J., Goswami, S., Vance, D., and Tindle, A. G., 2004, The pressure-temperature-time path of migmatites from the Sikkim Himalaya: Journal of Metamorphic Geology, v. 22, p. 249-264.

Inger, S. and Harris, N., 1993. Geochemical constraints on leucogranite magmatism in the Langtang Valley, Nepal Himalaya. Journal of Petrology, v. 3, part 2, 345-368.

Imayama T, Takeshita T, Arita K (2010) Metamorphic P-T profile and P-T path discontinuity across the far-eastern Nepal Himalaya: investigation of channel flow models. J Metamorph Geol 28:527-549.

Imayama T, Takeshita T, Yi K, Cho DL, Kiatajima K, Tsutsumi Y, Kayama M, Nishido H, Okumura T, Yagi K, Itaya T, Sano Y (2012) Two-stage partial melting and contrasting cooling history within the Higher Himalayan Crystalline Sequence in the far-eastern Nepal Himalaya. Lithos 134-135:1-22.

Imayama T, Takeshita T, Yi K, 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. In: Sharma R, Villa IM, Kumar S (eds) Crustal architecture and evolution of the Himalaya-Karakoram-Tibet Orogen. Geological Society, London, Special Publications 481, pp 147-173

Le Fort, P., 1975. Himalayas: the collided range. Present knowledge of the continental arc. American Journal of Science 275-A, 1-44.

Le Fort, P., Cuney, M., Deniel, C., France-Lanord, C., Sheppard, S. M.F., Upreti, B. N. and Vidal, P., 1987. Crustal generation of the Himalayan leucogranites. Tectonophysics, v. 134, 39-57.

Müller, A., Wiedenbeck, M., van den Kerkhof, A. M., Kronz, A., and Simon, K., 2003. Trace elements in quartz - a combined electron microprobe, secondary ion mass spectrometry, laser-ablation ICP-MS, and cathodoluminescence study. Europian Journal of Mineral, v. 15, p. 747-763.

大郷周平・近藤誠一郎・西戸裕嗣（2014）．高温型石英のカソードルミネッセンス特性．岡山理科大学自然科学研究所研究報告. 第40号，p. 45-52.

Schelling, D., Arita, K., 1991. Thrust tectonics, central shortening, and the structure of the far-eastern Nepal Himalaya. Tectonics 10, 851-862.

Weinburg RF, Hasalová P (2015) Water-fluxed melting of the continental crust: a review. Lithos 234-235:102-103.

Microstructures associated with biotite dehydration reaction in the Himalaya orogen

Takeshi IMAYAMA

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

In the Himalayan orogen, the microstructures of migmatite formed by the biotite dehydration melting were investigated. Garnet and potassium feldspar grown in equilibrium with the melt have irregularly arranged inclusions. Quartz in the matrix has a cathode luminescence (CL) zoning with grey-CL core surrounded by bright-CL rim. In contrast, quartz inclusions in garnet does not have a CL zoning. These microstructures of quartz CL may be related to the elimination of structural defects during melt crystallization. In the future, the attribution of quartz CL emission will be clarified from the quartz CL spectrum. The melting reaction in the Himalayan crust will be clarified by analyzing melt and fluid inclusions.

Keywords: Biotite dehydration reaction; microstructures; cathode luminescence; Himalaya.

岡山平野の基盤構造モデルからみた昭和および安政の南海地震の被害分布

西村　敬一

岡山理科大学フロンティア理工学研究所

2020年12月15日受理

１．はじめに

小論の目的は，来たるべき南海トラフの巨大地震に備えるための基礎資料として構築した岡山平野の基盤構造モデルを，昭和および安政の南海地震による被害分布と照らし合わせて検証することである．ここで基盤構造モデルとは，重力探査法を用いて推定した花崗岩質の岩盤の深さと形状を表す３次元モデルであり，その概要は調査地域の拡大に応じて逐次報告してきた[1)~2)]．また，基盤構造モデルの地学的意味についても予察的に検討した[3)]．

岡山平野の基盤構造調査を始めた理由は，1995年阪神・淡路大震災の教訓，すなわち，この地震による家屋損壊の大被害が「震災の帯」と呼ばれた帯状地域に集中した原因を明らかにするためには，表層の軟弱地盤だけでなく深い岩盤の深さと起伏を調べなければならないという教訓に学んだからである．そして，この立場からみたとき，岡山などで公表されている「ゆれやすさマップ」（震度分布の予測図）では深い岩盤の影響が考慮されていないため，見直しが必要ではないかと考えたからである．

岡山平野の児島湾西方の干拓地について，構築した基盤構造モデルと1946年昭和南海地震による被害分布との関係を調べた結果，花崗岩質基盤の深さと形状が被害分布を左右する重要な要因になったことが強く示唆された[2)]．そこで，小論では，対象地域を拡げ，1854年安政南海地震による被害分布の史料をも調べることによって，基盤構造モデルの検証を一歩進めることにした．

２．岡山平野の基盤構造モデルの概要

まず，基盤構造モデルに関係するおもな図と用語を説明する．図１は岡山平野を念頭においた地下構造の模式図であり，震源断層から放射された地震波が地表の地点Pに到達する様子が波線経路で示されている．地震波の伝播を考える場合に必要な情報は，地下構造を構成する岩石の物性（密度と地震波の伝播速度）であるため，おもにS波の伝播速度を基準にして地層の区分が行われる．図１の「工学的基盤」は工学分野で使用される用語で，構造物を設計するときの良好な基盤を意味する．「地震基盤」は地震波の振幅・位相に対する影響が比較的小さい基盤を意味し，多くの場合，花崗岩質の岩石で構成されている．それ以深は，深さとともに地震波速度が増大すると考えるのが通常のモデルである．

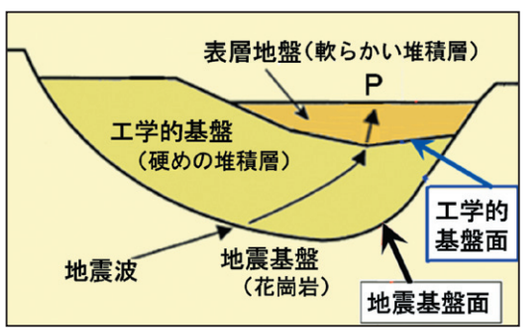


図１　岡山平野を念頭においた地下構造の模式図

1995年阪神・淡路大震災の被害が「震災の帯」に集中したおもな原因は，地震基盤面の深さと起伏による地震波の「焦点効果」であることが，多くの研究によって明らかにされている[4)]．図２は，「焦点効果」の模式図である．このしくみを被害地域の３次元構造モデルに適用するシミュレーションが行われ，地表における地震波の集中域が「震災の帯」に対応することが示された．

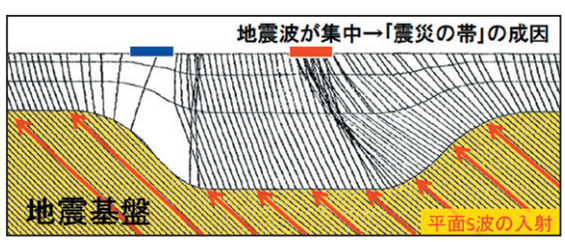


図２　地震基盤面の深さと起伏による地震波の「焦点効果」．地表の赤色と青色の領域が，それぞれ，地震波線の集中域と非集中域を表す．

図３に，重力探査法によって推定した岡山平野の３次元基盤構造モデル，すなわち，地震基盤面の深さと起伏を示す[2]．図の最深約370mの地点は岡山県立興陽高校の敷地内にあり，調査ボーリングが深度375mで基盤の花崗岩に着岩したとされているので[5]，重力データの逆解析の際にコントロールポイントの１つとした．図に示した地震基盤面には大小さまざまな凹凸が見られるが，大局的にみて特徴的なのは，ほぼ平行な方向に伸びる２つの長大な谷状凹地が認められることである．１つは，吉井川の東方から児島湾西方の興除地区の南部まで伸びている谷で，その西南西端付近から南東に灘崎へ伸び，さらに北東へ半円形に曲がる谷を形成している．もう１つは矢坂山と岡山ドームの間から西南西に早島の北，高梁川を経て倉敷市玉島の北部まで伸びる長大な谷である．

図４は，地震波の「焦点効果」（図２）を岡山平野の

図３　岡山平野の３次元基盤構造モデル．地震基盤面の深さと起伏を表す．

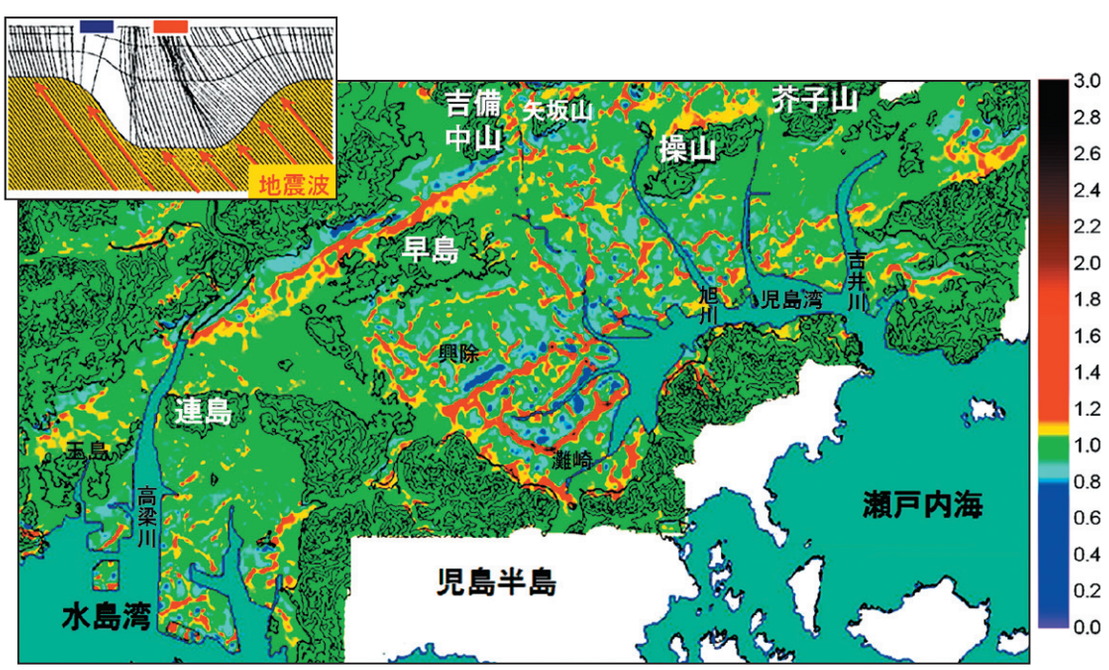


図４　地震基盤面の深さと起伏による地震波の焦点効果．図２と同様，地表における地震波線集中域と非集中域をそれぞれ赤色と青色で示す．

３次元基盤構造モデルに適用した結果である．すなわち，昭和南海地震の震源域から地震基盤面に入射して屈折したＳ波の波線が，地表のどの部分に集中するか（赤い帯），しないか（青い帯）を表したものである[2]．カラースケールは，「焦点効果」が生じない場合を１とした時の集中度/非集中度である．この図を図３と比べると，地震基盤面の起伏に応じて大小の波線集中域/非集中域が見られるが，上述の長大な２つの谷状凹地では集中度/非集中度が高くなっていることがわかる．とりわけ，興除地区の南部と灘崎高崎地区，および，早島の北に位置する庭瀬（岡山市北区）から中庄（倉敷市）にかけての地域の波線集中度が特に高い．

一般に，波線集中度が高ければ震度が強くなり，家屋損壊などの被害が大きくなるはずである．従って，図４の波線集中域と昭和および安政の南海地震による被害分布との関係を調べれば，小論の目的である，南海地震の被害分布による基盤構造モデルの検証になると考えられる．

３．昭和および安政の南海地震による被害分布と基盤構造モデルの関係

３－１　昭和南海地震による児島湾西方の干拓地における被害分布

基盤構造モデルを検証するための被害分布の史料としては，損壊した建物などの地図上の位置を確定できることが望ましい．これまでに調べた史料のうち，この条件をほぼ満たしているのは，児島湾西方の興除地区と藤田二区（現在の大曲，都，錦）および藤田一区（現在の灘崎高崎地区）における昭和南海地震による全壊家屋の分布である（図５参照）．

まず，興除地区と藤田二区については，地域の防災活動の一環として作成された全壊家屋の分布図があるので，その内容を昭和南海地震の体験者からの聞き取り調査[6]を通じて確認させて頂き，さらに，重力測定中に得た近隣住民からの情報も追加して，国土地理院の「地理院地図」によって個々の全壊家屋の緯度・経度を求めた．また，昭和南海地震の翌年10月にアメリカ軍が撮影した空中写真によって，興除地区と藤田二区の家屋がほぼ一様に分布していたことを確かめた．

一方，藤田一区（灘崎高崎地区）は，地域の防災活動の中で行われた，昭和南海地震による被害についての住民アンケート調査の結果を提供して頂き，聞き取り調査[7]によって確かめたのち「地理院地図」を用いて全壊家屋の緯度・経度を求めた．また，アメリカ軍撮影の空中写真から，藤田一区では，倉敷川の右岸から南東に伸びる２本の道路のうち，昭和通りには家屋がほぼ等間隔に並び，平和通りには農舎が点在していたこと，そして，それ以外は農地で建物はなかったことがわかった．なお，この地域の住民の間では，昭和南海地震による全壊家屋が昭和通りの北西部にのみ分布し，南東部にはなかったことが１つの「謎」とされていた．図５は，以上の全壊家屋の位置情報を当該地域の波線集中域/非集中域の分布図に重ねたものである．図に見られるように，全壊家屋の多くがＳ波の

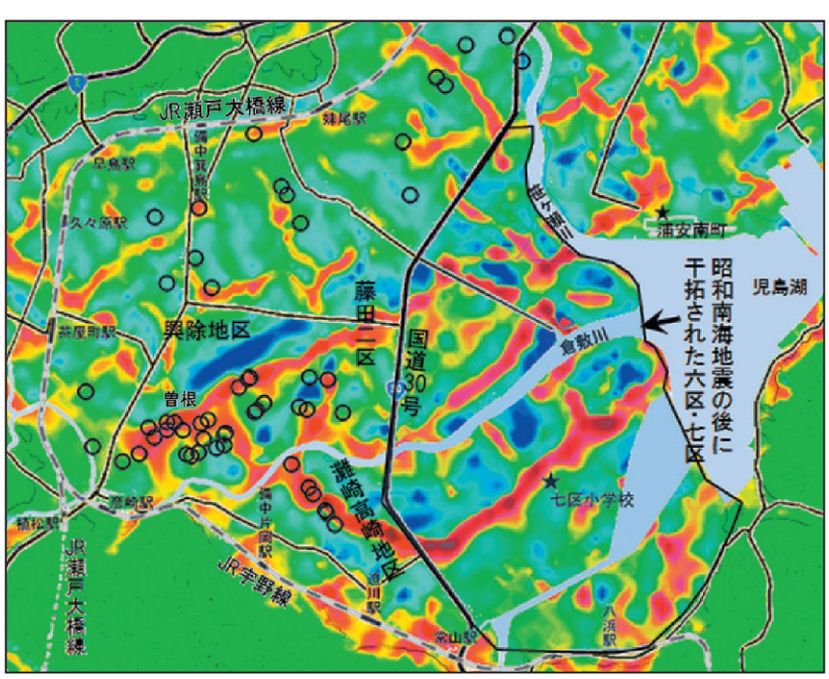


図５　児島湾西方の干拓地である興除地区と藤田二区，および藤田一区（灘崎高崎地区）における昭和南海地震による全壊家屋（○印）の分布とＳ波の波線集中域（赤色）/非集中域（青色）との関係

波線集中域（赤い帯）の周辺に分布し，特に波線集中度の高い曽根付近に集中している．一方，藤田一区（灘崎高崎地区）では，住民の間で「謎」とされてきた現象，すなわち，昭和通りの北西部にのみ全壊家屋が分布した現象は，図５で濃い赤色の帯が半円形に折れ曲がって昭和通りから離れていることと関連づけて説明できる．これらの特徴は，地震基盤面の起伏による地震波の「焦点効果」が被害の分布に大きい影響を与えたことを示唆している．

３－２　興除地区における安政南海地震による被害の分布

次に，岡山市中央図書館所蔵の藤原文庫にある古文書[8]を参考にして，興除地区における安政南海地震による潰家（全壊家屋）の分布を調べる．古文書には潰家のそれぞれについて，持ち主や坪数がリストされているが，それらの緯度・経度の情報は望むべくもなく，興除地区にあった４つの村（東疇，内尾，中疇，曽根）ごとの潰家の数がわかるだけである．

村ごとの潰家の分布を図６に示す．興味深いのは，昭和南海地震による被害分布（図５）と同じ特徴．すなわち，記載された潰家15軒のうち半数を越える８軒が，地区の南部にある曽根村に集中したことである．

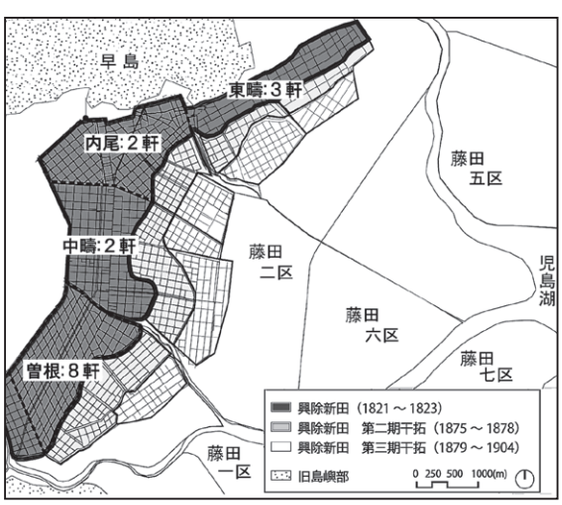


図６　興除地区の４つの村における安政南海地震による潰家（全壊家屋）の数．興除新田・藤田開墾干拓史の図[9]に加筆．興除新田の第二期・第三期干拓は安政南海地震の後に実施．

図５と図６からわかることは，昭和および安政の南海地震による家屋全壊の被害が，いずれも興除地区南部の曽根，すなわち，「焦点効果」による地震波線集中度が最も大きい領域に集中したことである．そして，「焦点効果」が花崗岩質の岩盤（地震基盤）の深さと起伏によってもたらされることから，基盤構造モデルの検証となっていると考えられる．

３－３　沖新田における昭和南海地震と安政南海地震による被害分布

沖新田は，旭川と吉井川の間に位置する干拓地であり，現在では東側の上南地区と西側の操南地区とに分けられているが，両地区の干拓は江戸時代の元禄５年（1692年）から２年余りで完成したとされている[10]．

まず図７に，図４に示した「焦点効果」によるS波の波線集中域（赤色）/非集中域（青色）の分布のうち，沖新田の部分を示す．図から，吉井川の東方から伸びる谷（図３）に対応する波線集中域（赤色）が，沖新田の南部に分布することがわかる．

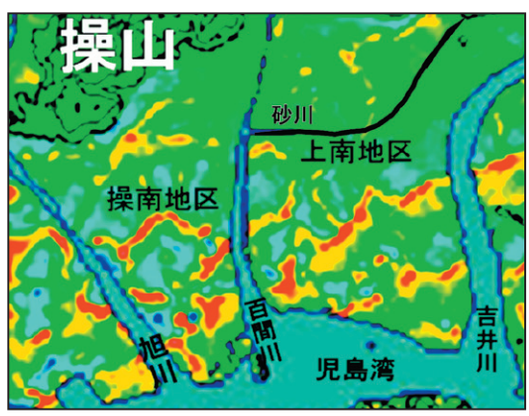


図７　沖新田における「焦点効果」によるS波の波線集中域（赤色）/非集中域（青色）の分布．

この地域における南海地震による被害分布の史料は，昭和の地震についても安政の地震についても，岡山市立中央図書館に所蔵されている．

昭和南海地震に関するものは，地震の３日後（12月24日）に纏められた手書きの一覧表[11]である．これには震災当時の村ごとの人的被害，家屋損壊数が記されている（当時の重要な財産である家畜の損害も含まれる）．この史料からは個々の損壊家屋の地図上の位置はわからないため，村ごとの被害の分布を調べることにした．また，家屋の損壊数が全壊，半壊，大破に分けられているが，当時も現在も大破の定義は曖昧なため，全壊と半壊を考慮した指標である家屋損壊率[12]を村ごとに計算した．

$$\text{家屋損壊率}\ (\%) = \frac{\text{家全壊軒数} + \text{半壊軒数}/2}{\text{総家屋軒数}} \times 100$$

ただし，地震当時の総家屋軒数は不明なため，地震の翌年に実施された臨時国勢調査による各村の世帯数で代用することにした．

一方，安政南海地震による家屋損壊に関する史料は，

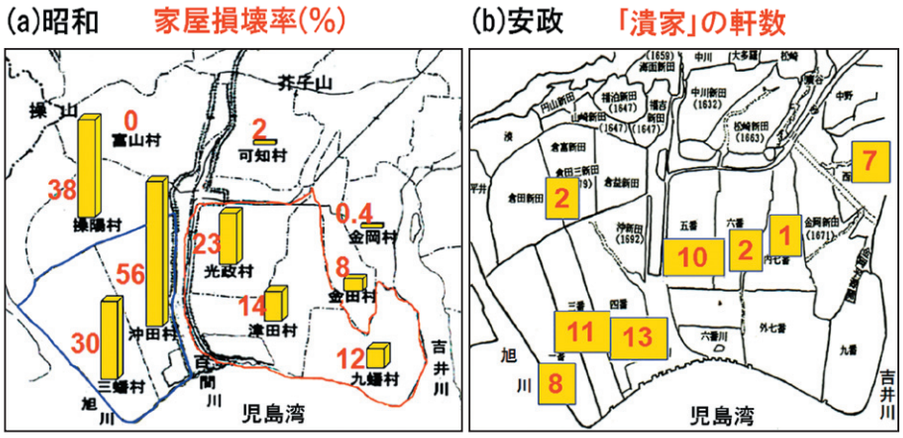


図８　沖新田における（a）昭和南海地震による家屋損壊率の分布；(b) 安政南海地震による潰家の分布．図（a）の青線・赤線で囲った地域は現在, それぞれ，操南地区と上南地区と呼ばれている．

岡山市中央図書館所蔵の藤原文庫にある古文書[13]であり，前述の興除地区の場合と同様，当時の村ごとの潰家の持ち主や坪数がリストされている．しかし, 個々の損壊家屋の位置は分からないため，村ごとの潰家数をそのまま用いることにした．

このようにして得た史料の情報を，地図上の各村の位置に示したものが図８である．これを図７に示したＳ波の波線集中域/非集中域の分布と見比べると，どちらの地震の場合も，沖新田南部の波線集中度が大きい区域で被害が大きかったことがわかる．従って，沖新田の場合も，昭和と安政の南海地震による損壊家屋の分布は，花崗岩質の岩盤（地震基盤）の深さと起伏による「焦点効果」で説明しうると考えられる．

３－４　早島の北に位置する地震波線集中域における昭和と安政の南海地震による被害分布

図３で指摘したように，地震基盤の長大な谷が矢坂山と岡山ドームの間から倉敷市玉島北部まで伸びており，「焦点効果」による波線集中度の特に高い区域が，早島の北に位置する庭瀬から中庄にかけての地域に見られる（図４）．

この地域における南海地震による被害分布の史料としては，これまでのところ，昭和の地震については岡山懸警察部（当時）による調査結果一覧表[14]，安政の地震については秋岡家文書[15]における記述しか見つかっていない．以下，これら２つの史料から，当該地域の被害に関する情報を抜粋する．

昭和南海地震の被害に関する岡山懸警察部による調査結果の一覧表には，東から順に４つの村について，

大野村　全壊４　半壊40　小破30
白石村　全壊４　半壊40
今村　全壊８　半壊７
吉備町　全壊５

という損壊家屋数が示されている．しかし，国民学校が倒壊した都窪郡庄村（現・倉敷市庄）などにおける被害状況の記述はないので, 史料としては物足らない．ちなみに，倒壊した庄村国民学校は，「焦点効果」による波線集中度の特に高い区域内に位置する．

写真１　昭和南海地震によって倒壊した都窪郡庄国民学校．岡山地方気象台所蔵．

安政南海地震による被害については秋岡家文書の中に注目すべき記述がある．この文書は，川入村（現倉敷市川入）の名主であった秋岡惣五郎が、当時の鴨方往来を岡山まで歩いて調べた村々の被害の様子の記録である. それによると, 家屋損壊の被害が最も大きかったのは，現在の岡山市北区撫川の定杭を中心とする撫川，庭瀬地区であり，「定杭目もあてられぬ事ニ候」と記している．この地区が，現在の県道岡山倉敷線と山陽本線の間の，「焦点効果」による波線集中度が特に高い区域内に位置することは注目に値する．

このように，早島の北に位置する地震波線集中域における被害分布からも，基盤構造モデルとの関係が示唆されるが，それを地図上に表すのに必要な情報が不

足しているため，今後，関係史料を収集して検討を続けたいと考えている．

４．まとめ

重力データから推定した岡山平野の地震基盤面の3次元構造モデルを検証するために，南海地震の震源域から伝わったS波が基盤面で屈折して地表に集中/非集中する度合いを波線理論を用いて計算し，昭和と安政の南海地震による損壊家屋の分布と比較した．その結果，甚大な被害が生じた児島湾干拓地の興除-藤田地区と沖新田地区では，損壊家屋の多くが波線集中度の特に高い区域に分布することが明らかになった．この関係は，表層軟弱地盤の影響しか考慮されていない現行の「ゆれやすさマップ」（震度分布の予測図）を見直す必要があることを示唆している．

波線集中度の特に高い区域は，早島の北に位置する庭瀬から中庄にかけての地域にも見られるが，被害分布の史料が乏しいため，今後の課題として残された．

岡山市中央図書館所蔵の古文書[8),13)]を翻刻して頂いた小田寿子さんに厚くお礼を申し上げます．

参考文献

1）Nishimura, K., Akamatsu, J. and Komazawa, M., Proc. 15th World Conf. on Earthquake Engineering, 7890-7898 (2012).
2）西村敬一，岡山理科大学技術科学研究所年報，第35号，45-57（2017）の図に加筆.
3）西村敬一，岡山の自然と文化，38，3-22（2019）.
4）例えば中川康一，『阪神・淡路大震災』，257-269（1996）；纐纈一起，科学，39，66-71（2000）.
5）多井義郎，広島大学地学研究室報告，14，13-24（1965）.
6）新谷美沙紀，岡山理科大学総合情報学部生物地球システム学科平成25年度卒業研究（2012）.
7）蔵座瑞規，岡山理科大学総合情報学部生物地球システム学科平成25年度卒業研究（2014）.
8）児島郡興除新田東疇潰家御差別願上帳；同・内尾；同・中疇；同・曽根.
9）堀尾菜摘，九州大学大学院人間環境学府修士論文（2014）.
10）安倉清博，『上道郡沖新田』（2008）.
11）管内震災被害状況（昭和21年12月24日現在）.
12）宇佐美龍夫，『最新版 日本被害地震総覧』（2003）.
13）嘉永七年寅十一月大地震潰家書上帳 上道郡沖新田一番；同・三番；同・四番；同・五番；同・六番；同・内七番；同・金岡村；同・倉田村.
14）岡山測候所，昭和21年12月21日地震調査記録・被害調査（岡山懸下）に引用されている.
15）秋岡家文書（先考遺筆 二），『岡山県史』，22（備中家わけ史料），1213-1215（1987）.

Damage distributions during 1946 Showa- and 1854 Ansei Nankai earthquakes in view of 3D basement structure of the Okayama plain, West Japan

Keiichi NISHIMURA

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

Distribution of heavy damages during the 1946 Showa- and the 1854 Ansei Nankai earthquakes was compared with the 3D bedrock (seismic basement) structure of the Okayama plain deduced from gravity anomalies. To do this, the effect of 3D focusing of seismic waves due to the bedrock topography was examined assuming plane S-waves arriving from the source area of the Nankai earthquake. As a result, a close spatial correlation was found between the location of trough-like depressions where seismic rays focused and that of the heavily damaged zones. This suggests that the effect of bedrock topography on earthquake ground motion should be taken into consideration for seismic hazard assessment.

Keywords: 3D bedrock structure; focusing/deforcusing of seismic wave; damage distribution during great Nankai earthquakes.

中国及び日本産農産物中元素濃度分析

猶原　順・林　愿

岡山理科大学大学院工学研究科生体医工学専攻

2020年12月15日受理

１．はじめに

近年中国では経済的発展を背景に食生活，公衆衛生の向上により，寿命がのび人口の高齢化を迎えている．それは疾病の増加を意味している．このような現状において中国人の健康に関する関心は高まっている[1)]．近年，各種疾患とミネラル類，特に微量元素との因果関係が注目されるようになってきた[2)]．ヒトの健康は必須元素の欠乏や有害微量元素の暴露により，左右されることが知られている．必須元素は，欠乏すれば欠乏症を呈するが，過剰に存在しても生体に悪影響を与える．これに対し生体に必須でないものは非必須元素と呼ばれ，生体における存在量がわずかであれば作用を示さない．このうち，過剰に存在し生体に有害な作用を与える元素は有害元素と呼ばれている[3)]．

また，科学技術分野における新素材の開発利用が進むにつれ，これまで汚染の対象とはならなかった元素の生活環境中での蓄積が予想される．これらの元素は地殻中の存在度が非常に小さい希少元素という点で共通しており，人体や生態系への影響について未解明な点が多い[4)]．

本実験では，中国及び日本の農産物中元素を，ICP-MSにより多元素（Li，Be，B，Na，Mg，Al，Si，K，Ca，V，Cr，Mn，Fe，Co，Ni，Cu，Zn，Ga，As，Se，Rb，Sr，Y，Rh，Ag，Cd，In，Cs，Ba，La，Ce，Pr，Nd，Sm，Eu，Tb，Dy，Ho，Er，Tm，Yb，Lu，Hg，Tl，Pb，Bi，Th，U）同時定量を行い，農産物中元素濃度を明らかにすることを目的した．

２．実験方法

２.１　試料の採取

農産物は米，豆などを日本及び中国で採取及び購入した．日本産については岡山市南区，岡山市東区の畑及び水田から農産物を採取した．中国産については，農産物はスーパー及び市場で購入した．図１に試料採取地点を示した．写真１に農産物試料の名称と産地を示した．

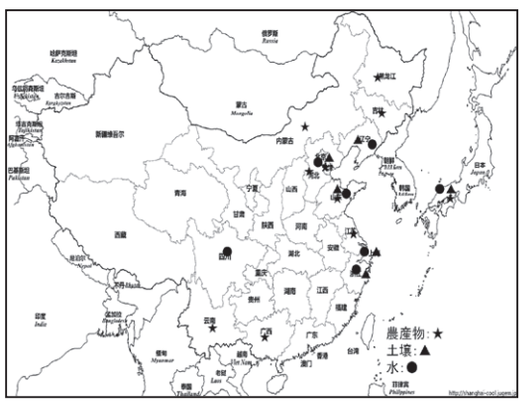


図１　試料採取地点

２.２　前処理

日本及び中国で採取及び購入した米，豆などの試料は，粉砕し，乾燥した．電子天秤で，試料約0.1 gを精秤し，試料と有害金属測定用硝酸（ナカライテスク，関東化学）6 mlをテフロン製分解容器に入れ，密閉した．マイクロウェーブ試料分解装置を用いて，下記条件で分解後，0.45 μmのDISMIC（ADVANTEC）でろ過し，ろ液を100 mlにメスアップした．

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

２.３　分析

前処理を行った試料溶液を，高周波誘導結合プラズマ質量分析装置（ICP-MS:SII製）を用い48元素（Li，Be，B，Na，Mg，Al，Si，K，Ca，V，Cr，Mn，Fe，Co，Ni，Cu，Zn，Ga，As，Se，Rb，Sr，Y，Rh，Ag，Cd，In，Cs，Ba，Hg，Tl，Pb，Bi，La，Ce，Pr，Nd，Sm，Eu，Tb，Dy，Ho，Er，Tm，Yb，Lu，Th，U）を測定した．

農産物名：白インゲンマメ
産地：中国　山東省

農産物名：赤米
産地：中国　江蘇省

農産物名：大麦
産地：中国　河北省

農産物名：黒ゴマ
産地：中国　河北省（固安）

農産物名：黒ゴマ
産地：中国　河北省

農産物名：グリーンライス
産地：中国　広西省

農産物名：米
産地：中国　黒竜江省

農産物名：米
産地：中国　河北省

農産物名：黒大豆
産地：中国　山東省

農産物名：小豆
産地：中国　浙江省

農産物名：大豆
産地：中国　浙江省

農産物名：緑豆
産地：中国　浙江省

農産物名：緑豆
産地：中国　河北省

農産物名：緑豆
産地：中国　黒龍江省

農産物名：高粱米
産地：中国　河北省

農産物名：緑豆
産地：中国　北京市

農産物名：燕麦
産地：中国　河北省

農産物名：ハト麦
産地：中国　雲南省

農産物名：インゲンマメ
産地：中国　黒龍江省

農産物名：ピーナッツ
産地：中国　河北省

農産物名：ササゲ
産地：中国　吉林省

農産物名：大豆
産地：中国　黒龍江省

農産物名：大豆
産地：中国　河北省

農産物名：大豆
産地：中国　河北省

農産物名：インゲンマメ
産地：中国　山東省

農産物名：インゲンマメ
産地：中国　黒龍江省

農産物名：トウモロコシ
産地：中国　浙江省

農産物名：粟
産地：中国　吉林省

農産物名：粟
産地：中国　河北省

農産物名：インゲンマメ
産地：中国　内モンゴル自治区

写真１　農産物試料の名称と産地

表１　農産物中各種元素濃度

農産物	産地	元素(mg/kg)															
		Li	Be	Na	Mg	Al	K	Ca	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga
緑豆	黒龍江	0.16	0.00	177	1424	15.9	9055	116	0.20	1.95	14.6	53.6	0.13	3.22	27.3	22.8	0.07
緑豆	北京	0.01	0.00	15.1	1920	13.3	8969	73.8	0.06	2.83	14.1	59.7	0.17	2.69	45.3	24.3	0.03
緑豆	河北	0.34	0.00	65.2	1510	8.25	14452	99.0	0.03	2.72	13.6	50.6	0.21	3.22	38.3	21.0	0.03
緑豆	浙江	0.06	0.00	386	1750	12.3	13133	109	0	1.52	11.3	49.1	0.19	2.72	15.0	19.9	0
緑豆	内モンゴル	0.29	0.00	450	3561	48.3	12916	106	0.07	4.24	27.7	108	0.23	3.58	106	42.5	0.04
大豆	河北	0.09	0.00	694	2700	11.5	20519	174	0.05	3.77	33.9	79.1	0.31	11.2	14.6	38.6	0.02
大豆	黒龍江	0.17	0.00	578	2467	11.5	18910	149	0.02	3.77	32.4	80.8	0.28	6.86	16.3	34.4	0.02
大豆	浙江	0.15	0.02	25.9	2069	22.7	17377	13.9	0	2.37	21.5	62.0	0.26	2.00	13.3	30.5	0.01
黒大豆	河北	0.12	0.00	72.6	2078	17.5	21135	180	0.33	2.73	33.2	42.6	0.37	8.99	69.5	43.7	0.08
黒大豆	山東	0.25	0.00	101	2386	35.3	10907	127	0.06	3.43	21.0	101	0.45	10.6	49.8	28.6	0.04
インゲンマメ(深)	黒龍江	0.26	0.00	26.0	2651	20.3	13620	117	0.06	2.89	23.8	104	0.57	29.1	34.4	27.5	0.01
インゲンマメ(浅)	黒龍江	0.16	0.00	427	3090	16.5	12755	86.8	0.03	3.92	25.0	88.4	0.27	8.22	47.4	37.9	0.04
インゲンマメ	内モンゴル	0.04	0.00	98.3	2227	8.33	12838	72.2	0.01	2.63	19.1	93.4	0.42	4.83	35.9	26.0	0.03
ササゲ	吉林	0.13	0.11	83.0	1886	7.39	15078	103	0.03	3.68	15.2	61.7	0.28	1.78	31.1	27.9	0.02
ササゲ	山東	0.11	0.00	188	2074	13.9	14668	86.0	0.01	3.32	18.7	76.5	0.33	5.83	36.2	31.4	0.01
白インゲンマメ	山東	0.18	0.00	35.9	4280	9.84	19146	115	0.02	4.76	43.7	115	0.34	9.03	102	53.0	0.03
小豆	北京	0.12	0.00	336	1829	15.0	12177	67.9	0.03	2.52	17.8	64.9	0.54	9.22	15.5	27.9	0.02
小豆	内モンゴル	0.25	0.03	17.4	1945	20.4	13554	60.2	0.03	2.48	29.7	57.1	0.30	12.1	44.1	20.3	0.01
小豆	浙江	0.10	0.00	118	906	13.7	13233	85.1	0	1.00	9.00	27.4	0.26	2.83	5.9	10.5	0
米	黒龍江	0.14	0.00	30.0	189	11.8	431	2.26	0.01	1.85	10.4	10.2	0.13	0.36	8.4	17.5	0
米	河北	0.20	0.01	49.3	293	12.9	786	17.5	0.02	2.91	14.0	19.0	0.15	0.37	31.1	33.4	0
粟	河北	0.34	0.00	24.9	1568	12.1	2118	13.9	0.02	2.81	17.2	46.9	0.26	3.11	22.7	26.5	0.02
粟	吉林	0.08	0.06	505	451	6.39	2467	36.3	0.17	1.55	4.87	15.6	0.11	3.75	15.4	16.5	0.07
高粱米	河北	0.13	0.02	105	449	4.12	2042	11.9	0.02	1.92	6.47	15.2	0.10	2.18	8.3	5.94	0.01
大麦	河北	0.09	0.00	48.3	1094	5.66	3889	34.9	0.02	2.04	22.3	35.7	0.13	1.30	57.0	19.6	0.01
ハト麦	云南	0.10	0.00	55.8	1813	16.0	3386	2.78	0.03	2.32	27.5	45.7	0.19	2.39	20.0	32.6	0.03
赤米	江蘇	0.10	0.00	20.4	777	10.5	2434	7.61	0.01	2.21	26.0	16.9	0.16	1.74	63.9	13.3	0.01
グリーンライス	広西	0.09	0.00	311	295	5.34	2109	8.69	0.02	2.78	12.7	26.5	0.15	1.16	140	13.2	0
オート麦	河北	0.08	0.04	67.1	1423	7.28	4568	57	0.02	4.93	43.3	64.8	0.22	2.96	18.1	20.1	0.01
黒ゴマ	河北	0.30	0.00	123	3401	50.4	6347	1213	0.22	4.29	29.7	24.0	0.31	2.32	192	36.9	0.04
黒ゴマ	河北	0.39	0.00	58.1	3237	151	6677	1326	0.32	4.33	28.5	132	0.31	1.90	56.3	35.0	0.07
ピーナツ	河北	0.34	0.00	73.0	5466	10.6	3849	95.7	0.03	8.55	65.6	64.6	0.37	13.0	131	60.1	0.03
トウモロコシ	河北	0.12	0.00	110	1060	31.5	4442	30.2	0.07	1.66	7.39	21.1	0.16	0.30	26.5	13.0	0
トウモロコシ	浙江	0.15	0.00	88.6	967	8.16	3758	12.6	0	1.22	5.62	26.3	0.15	0.29	4.23	12.7	0
小豆	岡山	0.14	0.01	37.9	2827	10.7	6938	83.1	0.03	3.96	31.2	120	0.26	6.91	49.1	59.1	0.04
米	岡山	0.20	0.00	281	459	10.4	1464	12.4	0.01	2.86	14.1	19.4	0.15	0.32	24.2	21.4	0.01
黒大豆	岡山	0.17	0.03	80.8	2354	4.68	13186	129	0	3.64	23.6	81.1	0.16	3.30	43.5	34.3	0.02
割合		39		46	29	37	49	587		9	13	13	6	100	33	10	

ICP-MSの分析条件

・プラズマガス流量：18.0 L/min Ar
・補助流量：1.8 L/min Ar
・ネブライザーガス流量：1.0 L/min Ar
・サンプリング位置：6.5 mm
・パワー：1.4 kW

３．実験結果及び考察

３.１　農産物中の各種元素濃度

表１，表２に農産物中の各種元素濃度を示した．測定した元素の内，最も濃度の高い元素はKであり，１～20 g/kg程度であった．次でCa，Mgが１g/kg程度であった．植物にとって有害元素の内，高い濃度を示したのはAlで数mg/kg～150 mg/kgと広い濃度範囲であった．その中でも最も高い農産物は中国河北省産の黒ゴマで150.8 mg/kgであった．中国産と日本産と比較すると，小豆で中国産，日本産でそれぞれ14～20 mg/kgと11 mg/kgと大きな差は見られなかった．米では同様に12 mg/kgと10 mg/kgと大きな差は見られなかった．黒大豆では17～35 mg/kgに対して，５mg/kgと日本産の

表２　農産物中各種元素濃度

農産物	産地	元素(mg/kg)														
		As	Se	Rb	Sr	Ag	Cd	In	Cs	Ba	Hg	Tl	Pb	Bi	Th	U
緑豆	黒龍江	0.204	4.44	9.82	5.40	0.81	0.002	0.19	0.06	1.09	2.50	0.05	1.454	7.19	0.76	0.08
緑豆	北京	0.094	3.05	6.30	7.98	0.46	0.001	0.05	0.03	1.32	0.47	0.01	0.526	2.81	0.20	0.02
緑豆	河北	0.054	6.12	8.02	2.48	0.35	0.000	0.02	0.04	0.88	0.02	0.01	0.144	1.52	0.10	0.01
緑豆	浙江	0.000	1.20	9.85	6.81	0.03	0.037	0	0.01	1.67	0	0	0.221	0.18	0.05	0
緑豆	内モンゴル	0.004	11.1	15.4	6.29	0.21	0.007	0	0.07	2.23	0	0.02	0.714	0.83	0	0
大豆	河北	0.028	6.22	16.7	7.97	0.19	0.000	0.02	0.03	4.85	0.02	0	0.164	1.26	0.06	0
大豆	黒龍江	0.013	7.20	18.9	9.07	0.18	0.000	0.01	0.07	6.08	0	0	0.076	0.78	0.04	0
大豆	浙江	0.000	0	8.07	2.06	0.11	0.000	0	0.01	0.52	0	0	0.019	0.25	0.06	0
黒大豆	河北	0.082	0.21	18.7	3.12	0.19	0.090	0.33	0.07	3.31	5.18	0.05	0.634	5.23	3.39	0.14
黒大豆	山東	0.000	8.02	15.0	12.9	0.15	0.000	0.01	0.02	4.26	0	0.01	0.750	1.16	0.03	0
インゲンマメ(深)	黒龍江	0.000	11.1	15.1	9.48	0.11	0.000	0	0.02	4.05	0	0	0.283	1.01	0.02	0
インゲンマメ(浅)	黒龍江	0.060	8.21	31.9	7.39	0.12	0.000	0	0.04	2.69	0	0	0.111	0.67	0.01	0
インゲンマメ	内モンゴル	0.000	8.36	19.8	8.11	0.15	0.000	0.01	0.03	3.55	0	0	0.086	0.77	0	0
ササゲ	吉林	0.026	8.95	8.95	5.59	0.07	0.000	0.01	0.01	0.71	0	0	0.185	1.27	0.01	0
ササゲ	山東	0.000	10.1	21.8	1.81	0.09	0.025	0	0.06	1.06	0	0	0.047	0.50	0.01	0
白インゲンマメ	山東	0.013	8.24	32.2	5.87	0.27	0.000	0.01	0.04	3.04	0	0	0.267	0.53	0.03	0
小豆	北京	0.000	9.00	9.16	4.76	0.20	0.094	0.01	0.02	1.94	0	0.01	0.352	0.86	0.01	0.02
小豆	内モンゴル	0.013	10.9	13.2	6.36	0.05	0.000	0	0.02	4.39	0	0	0.061	0.41	0.01	0
小豆	浙江	0.000	0	6.99	1.40	0.06	0.000	0	0.02	0.38	0	0	0.601	0.13	0.03	0
米	黒龍江	0.030	10.6	1.09	0.21	0.07	0.000	0	0	0.12	0	0	0.007	0.36	0	0
米	河北	0.106	13.1	3.38	0.54	0.24	0.023	0.01	0.01	0.73	0	0	0.138	0.57	0	0
粟	河北	0.019	10.5	9.78	0.64	0.13	0.000	0	0.18	0.83	0	0.01	0.200	0.38	0.01	0.01
粟	吉林	0.072	6.65	2.87	0.68	0.21	0.005	0.27	0.06	0.56	1.85	0.01	0.279	3.04	6.06	0.10
高粱米	河北	0.000	9.47	5.33	0.20	0.09	0.000	0.03	0.05	0.27	0.49	0	0.066	0.84	1.40	0.02
大麦	河北	0.000	9.74	8.02	2.36	0.12	0.018	0.01	0.02	2.43	0.12	0	0.043	0.40	0.19	0
ハト麦	云南	0.040	9.53	6.42	0.60	0.10	0.000	0	0.01	0.33	0	0	0.136	0.73	0.08	0
赤米	江蘇	0.078	9.57	6.38	0.34	0.07	0.283	0.01	0.01	0.61	0	0	0.045	0.52	0.06	0
グリーンライス	広西	0.065	8.37	8.43	0.34	0.03	0.143	0	0.13	0.46	0.07	0	0.353	0.38	0.03	0
燕麦	河北	0.000	10.7	7.89	3.79	0.18	0.000	0	0.02	3.21	0	0	0.068	0.66	0.07	0
黒ゴマ	河北	0.011	5.21	17.4	46.9	0.04	0.094	0	0.06	31.2	0	0	0.058	0.55	0.02	0.01
黒ゴマ	河北	0.062	8.67	15.8	41.1	0.05	0.087	0	0.09	17.4	0	0	0.076	0.46	0.03	0.02
ピーナツ	河北	0.000	16.8	12.0	5.27	0.09	0.282	0	0.05	2.86	0	0	0.197	0.62	0.02	0
トウモロコシ	河北	0.000	0	0.97	0.45	0.29	0.024	0.05	0.01	0.11	2.00	0	0.397	1.33	0.95	0.03
トウモロコシ	浙江	0.000	3.38	7.65	0.16	0.07	0.000	0	0.06	0.13	0	0	0.142	0.25	0.04	0
小豆	岡山	0.026	6.22	16.9	4.02	0.35	0.025	0.01	0.02	0.62	0	0.01	0.217	1.05	0.02	0
米	岡山	0.033	14.5	1.24	0.20	0.12	0.033	0	0	0.14	0	0	0.039	0.46	0	0
黒大豆	岡山	0.000	7.28	26.8	2.40	0.11	0.000	0.01	0.07	1.10	0	0	0.217	0.57	0.02	0
割合				4	235	27				284			77	40		

表３　文献値「食品の微量元素含量」との比較

種類	産地	元素濃度 (mg/kg)																		
		Li	Be	Mg	Al	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Se	Sr	Cd	Ba	Tl	Pb	Bi
緑豆	黒龍江	0	0.004	1424	15.9	0.2	1.95	14.6	0.13	3.22	27.3	22.8	0	0.20	4.44	5.40	0	1.09	0.05	1.45	7
緑豆	北京	0	0.000	1920	13.3	0.1	2.83	14.1	0.17	2.69	45.3	24.3	0	0.09	3.05	7.98	0	1.32	0.01	0.53	3
緑豆	河北	0	0.000	1510	8.2	0.0	2.72	13.6	0.21	3.22	38.3	21.0	0	0.05	6.12	2.48	0	0.88	0.01	0.14	2
緑豆	内モンゴル	0	0.000	1750	12.3	0.0	1.52	11.3	0.19	2.72	15.0	19.9	0	0	1.20	6.81	0	1.67	0.00	0.71	1
緑豆	浙江	0	0.000	3561	48.3	0.1	4.24	27.7	0.23	3.58	105.9	42.5	0	0	11.1	6.29	0	2.23	0.02	0.22	0
緑豆（文献）		0	0.024	1700	5.0	0.0	0.66	11.0	0.00	D.L.	8.6	24.0	0	0.17	0.00	0.90	0	6.20	0.00	0.00	0
大豆	河北	0	0.000	2700	11.5	0.0	3.77	33.9	0.31	11.22	14.6	38.6	0	0.03	6.22	7.97	0	4.85	0.00	0.16	1
大豆	浙江	0	0.018	2069	22.7	0.0	2.37	21.5	0.26	2.00	13.3	30.5	0	0.00	0.00	2.06	0	0.52	0.00	0.17	0
大豆	黒龍江	0	0.000	2467	11.5	0.0	3.77	32.4	0.28	6.86	16.3	34.4	0	0.01	7.20	9.07	0	6.08	0.00	0.08	1
大豆（文献）	日本	0	0.000	2300	5.8	0.0	0.26	25.0	0.00	5.90	10.0	35.0	0	0.28	0.06	0.56	0	0.57	0.00	0.00	0
大豆（文献）	中国	0	0.009	2200	6.6	0.0	0.29	21.0	0.24	6.20	11.0	31.0	0	0.32	0.03	0.62	0	2.70	0.00	0.00	0
小豆	岡山	0	0.014	2827	10.7	0.0	3.96	31.18	0.26	6.91	49.1	59.1	0	0.06	10.73	3.83	0	3.27	0.00	0.28	1
小豆	内モンゴル	0	0.032	1945	20.4	0.0	2.48	29.69	0.30	12.07	44.1	20.3	0	0.01	11.16	9.53	0	4.11	0.00	0.06	1
小豆	浙江	0	0.000	906	13.7	0.0	1.00	9.00	0.26	2.83	5.9	10.5	0	0.00	0.00	1.40	0	0.38	0.00	0.60	0
小豆（文献）		0	0.000	1300	1.4	0.0	0.21	13.0	0.14	4.40	6.7	22.0	0	0.18	0.11	2.70	0	2.30	0.00	0.00	0
米	黒龍江	0	0.000	189	11.8	0.0	1.85	10.38	0.13	0.36	8.4	17.5	0	0.03	10.6	0.21	0	0.12	0.00	0.01	0
米	河北	0	0.011	293	12.9	0.0	2.91	14.04	0.15	0.37	31.1	33.4	0	0.11	13.1	0.54	0	0.73	0.00	0.14	1
米	岡山	0	0.000	459	10.4	0.0	2.86	14.14	0.15	0.32	24.2	21.4	0	0.14	14.5	0.20	0	0.14	0.00	0.04	0
米（文献）		0	0.000	260	1.1	0.0	0.09	7.4	0.00	0.66	2.3	13.0	0	0.01	0.04	0.04	0	0.08	0.00	0.00	0
粟	河北	0	0.000	1568	12.1	0.0	2.81	17.21	0.26	3.11	22.7	26.5	0	0.02	10.5	0.64	0	0.83	0.01	0.20	0
粟	吉林	0	0.055	451	6.4	0.2	1.55	4.87	0.11	3.75	15.4	16.5	0	0.07	6.65	0.68	0	0.56	0.01	0.28	3
粟（文献）		D.L.	0.710	500	7.4	0.0	0.09	5.6	0.07	D.L.	4.2	11.0	D.L.	0.07	0.04	0.57	D.L.	0.71	0.21	0.70	0
燕麦	河北	0	0.000	1095	7.1	0.0	2.19	22.3	0.14	1.31	57.4	20.4	0	0.01	9.77	2.41	0	2.49	0.00	0.20	0
燕麦		D.L.	0.023	1200	4.0	0.0	0.34	75.0	0.00	D.L.	2.0	19.0	D.L.	0.00	0.17	3.30	D.L.	2.30	0.00	0.00	0
大麦	河北	D.L.	0.035	294	14.4	0.0	3.06	14.1	0.16	0.38	31.5	34.2	0	0.12	13.12	0.58	0	0.79	0.00	0.29	1
大麦(文献)		D.L.	0.000	270	1.6	0.0	0.14	12.0	D.L.	0.60	2.7	13.0	D.L.	0.06	0.03	1.10	D.L.	4.30	0.00	D.L.	0

文献：鈴木　泰夫：食品の微量元素含量表

ものが中国産のものより低い濃度であった．有害元素のAlに次いで高い値を示したのはPbであった．Pb濃度は0.01 mg/kg～1.45 mg/kgとなった．最も高い農産物は中国黒龍江省の緑豆で1.45 mg/kgであった．中国産と日本産を比較すると，小豆で中国産，日本産でそれぞれ0.06～0.45 mg/kgと0.22 mg/kgと同程度であった．米では，0.01～0.14 mg/kgと0.04 mg/kgと同程度であった．黒大豆では0.7 mg/kgと0.16 mg/kgとなり，中国産の黒大豆が日本産のものより高い値を示した．その他の有害元素のBe，As，Cd，Hgはほぼ0 mg/kgであった．

表３に文献値「食品の微量元素含量」との比較を示した．赤字で表示した値は文献値を超えたものを示した．農産物別にみると，中国浙江省産緑豆でAlが48.26 mg/kg，中国浙江省産大豆22.65 mg/kg，中国浙江省小豆13.67 mg/kgと非常に高い値であった．これらの農産物はVでも同様の傾向が見られた．中国産の緑豆はAl，Cr，Mn，Co，Ni，Cu，Se，Srでいずれの産地のものも全て文献値を超えていた．同様に中国産の米及び

日本産の米でも，Mg，Al，Cr，Mn，Ni，Cu，Zn，As，Se，Sr，Ba，Pbで文献値をこえていた．中国の黒龍江省産の米と日本の岡山産の米を比較した結果，Alが日本産で高く1.41 mg/kgであり，また，Cuでも中国黒龍江省産の２倍前後の7.34 mg/kgとなった．さらにMgでも日本産のものが高い値を示し，いずれの元素でも２倍前後となった．中国産の各農産物中の元素濃度は一定とはならず，地域により，大きく濃度が異なり，非常に高濃度となる地域の農産物が存在することが明らかとなった．このことは中国農産物中の元素濃度は一定ではなく，有る地域で栽培された農産物は他の地域のものより数10倍から数100倍も高い元素濃度のものがあることを示している．この高元素濃度の農産物は，栽培されている土壌と灌漑用の水に由来していると考えられる．特に近年の中国の大気汚染や水質汚濁により土壌が汚染されているものからの由来と考えられる．

３.２　農産物中のCd，As，Pb濃度

表４に農産物中Cd，As，Pb濃度を示し，Codex（1962年，国連の専門機関である国連食糧農業機関（FAO）と世界保健機関（WHO）が合同で，国際的な食品規格をつくることが決められた．その食品規格計画の実施機関が食品規格委員会，英語名でコーデックス・アリメンタリウス・コミッション（Codex Alimentarius Commission）といい，CACと略称されている）基準値[5]と比較した．数十年にわたり一定量以上のCdを継続して摂取し続けると，腎臓の機能に悪影響を及ぼす可能性がある．Cdの国際的な基準は0.400 mg/kgであり，今回測定したいずれの農産物も基準値を超えるものはなかった．ヒトにおいて発癌が認められるAsは黒龍江省産緑豆で基準値（0.200 mg/kg）を超え，0.200 mg/kgとなった．それ以外の産地の各農産物はこの基準値を超えるものはなかった．Pbは酵素の働きを妨げ，造血機能を阻害し，子供の脳の発達に影響を及ぼすことが指摘されている．CodexのPb基準値は0.200 mg/kg以下である．いずれの農産物も基準値を超えており，特に黒龍江省産緑豆では1.454 mg/kgと非常に高い値を示した．

Pbに関しては，1970年代まで使用されていた有鉛ガソリンの排気ガス中のPbが，道路沿いの土壌汚染の主要な汚染源であることが，Pb同位体比の研究から明らかにされている．自動車の排気ガスの他に，非鉄金属の燃焼，肥料，除草剤，下水汚泥の施用などが汚染源に挙げられている[6]．これらの複合的な汚染により農産物中のPb濃度がCodexの基準を超えたと考えられる．

３.３　農産物中希土類元素濃度

表５に農産物中希土類元素濃度を示した．中国産，日本産のいずれの農産物においても希土類元素はほとんど検出されなかった．

表４　農産物中Cd，As，Pb濃度

種類	産地	元素濃度（mg/kg）		
		Cd	As	Pb
緑豆	黒龍江省	0.002	0.204	1.454
緑豆	北京市	0.001	0.094	0.526
緑豆	河北省	0.000	0.054	0.144
緑豆	内モンゴル自治区	0.007	0.004	0.714
緑豆	浙江省	0.037	0.000	0.221
大豆	浙江省	0.012	0.000	0.174
大豆	河北省	0.000	0.028	0.164
大豆	黒龍江省	0.000	0.013	0.076
大豆	山東省	0.000	0.000	0.750
インゲンマメ（深）	黒龍江省	0.000	0.000	0.283
インゲンマメ（浅）	黒龍江省	0.000	0.060	0.111
インゲンマメ	内モンゴル自治区	0.000	0.000	0.086
白インゲンマメ	山東省	0.000	0.013	0.267
ササゲ	吉林省	0.000	0.026	0.185
ササゲ	山東省	0.025	0.000	0.047
黒大豆	河北省	0.090	0.082	0.789
トウモロコシ	河北省	0.024	0.000	0.379
トウモロコシ	浙江省	0.000	0.000	0.142
小豆	北京市	0.000	0.000	0.352
小豆	内モンゴル自治区	0.000	0.013	0.061
小豆	浙江省	0.000	0.000	0.601
米	黒龍江省	0.000	0.030	0.007
米	河北省	0.023	0.106	0.138
米	岡山市	0.033	0.137	0.039
小豆	岡山市	0.026	0.056	0.276
黒大豆	岡山市	0.000	0.000	0.217
Codex基準値		0.400	0.200	0.200

表５　農産物中希土類元素濃度

地域/農産物	Sc	Y	Sb	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
黒龍江省/緑豆	1.99	0.06	0	0.08	0.09	0.06	0.05	0.05	0.08	0.04	0.08	0.06	0.06	0.05	0.04	0.07
北京市/緑豆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
河北省/緑豆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
河北省/黄豆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
黒龍江省/黄豆	0	0	0	0	0.29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
北京市/小豆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
山東省/黒大豆	0	0	0	0.02	0.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
吉林省/ササゲ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
山東省/ササゲ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
黒龍江省/インゲンマメ（深）	0	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
黒龍江省/インゲンマメ（浅）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
山東省/白インゲンマメ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
河北省/ピーナッツ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
内モンゴル自治区/小豆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
内モンゴル自治区/インゲンマメ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
内モンゴル省/緑豆	0	0	0	0	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
黒龍江省/米	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
河北省/米	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
河北省/粟	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
吉林省/粟	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
河北省/コウシャン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
河北省/大麦	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
雲南省/ハト麦	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
江蘇省/紅米	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
広西省/緑米	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
河北省/オート麦	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
河北省/黒ゴマ	0	0.04	0	0.05	0.14	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0
河北省/黒ゴマ	0	0.04	0	0.03	0.12	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0
河北省/黒大豆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
河北省/トウモロコシ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
浙江省大豆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
浙江省/緑豆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
浙江省/小豆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
浙江省/トウモロコシ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
岡山県/黒大豆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
岡山県/小豆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
岡山県/米	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

４．まとめ

中国（北京市，山東省，河北省，黒龍江省，浙江省，内モンゴル自治区，吉林省，雲南省，広西省，江蘇省）の農産物及び日本（岡山市）の農産物を採取または購入し，ICP-MSで元素濃度を測定した．その結果，以下のことが明らかとなった．

1. 測定した元素の内，最も濃度の高い元素はKであり，1～20 g/kg程度であった．次でCa，Mgが1 g/kg程度であった．植物にとって有害元素の内，高い濃度を示したのはAlで，数mg/kg～150 mg/kgと広い濃度範囲にであった．
2. 測定値が「食品の微量元素含有量表」を超えた元素は，Al，Cr，Co，Ni，Cu，Srであった．
3. 各種農産物はCodexのPbの基準値0.200 mg/kgを超えていた．特に，黒龍江省産緑豆では1.454 mg/kgと非常に高い値を示した．
4. 農産物中希土類元素はほとんど検出されなかった．

参考文献

1）陳燕，中国都市部における社区を基盤とした高齢者支援システムのあり方に関する研究 ―大連市をフィールドとした高齢者ニーズとサービスの実態調査を通して―，博士学位論文, 立教大学大学院コミュニティ福祉学研究科, 2015

2）鈴木継美，和田攻，栗田茂，ミネラル・微量元素栄養学，第一出版，1994

3）千葉百子，微量元素の摂取と健康，化学と生物，Vol.33, No.6，1995

4）保田浩志，颯田尚哉，井上頼輝，森澤眞輔，土壌中および表層植物中希少元素濃度による環境汚染の調査，RADIOISOTOPES，41，343-349，1992

5）厚生労働省，コーデックス規格の特徴http://www.mhlw.go.jp/topics/idenshi/codex/09-00.html

6）前島勇治，川崎晃，鉛土壌および農産物汚染に関する最近の研究動向, 日本土壌肥料学雑誌, 第77巻, 第１号, p.119～124，2006

Analysis of elemental concentrations in Chinese and Japanese agricultural products

Jun NAOHARA and Yuan LIN

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

The element concentrations of collected or purchased agricultural products from China (Beijing, Shandong, Hebei, Heilongjiang, Zhejiang, Inner Mongolia, Jilin, Yunnan, Guangxi and Jiangsu) and Japan (Okayama)were measured by ICP-MS. The results were as follows.

1. Among the measured elements, the element with the highest concentration was K, which was about 1 to 20 g/kg. The next largest amount of Ca and Mg was about 1 g/kg. Among the harmful elements for plants, Al showed a high concentration. The concentration ranged from several mg/kg to 150 mg/kg.
2. The elements whose measured values exceeded the concentrations in the "Table of Food Trace Element Content" were Al, Cr, Co, Ni, Cu, and Sr.
3. Various agricultural products exceeded the Codex Pb standard value of 0.200 mg/kg. In particular, mung beans produced in Heilongjiang Province showed a very high value of 1.454 mg/kg.
4. Almost no rare earth elements were detected in agricultural products.

Keywords: ICP-MS; agricultural products; harmful elements; rare earth elements.

瀬戸内海沿岸の渋川と牛窓における海水中二酸化炭素の季節変化

―1990～2010年の測定―

山下　栄次

岡山理科大学フロンティア理工学研究所

2020年12月15日受理

１．目的

海水と大気のCO_2交換量は沿岸海域が外洋に比べ大きいことがYanagi等（1993）により指摘されている．瀬戸内海中央部の備讃瀬戸においては外洋と比較して大量の二酸化炭素（以下CO_2と記す.）が交換され，外洋と比べ複雑なCO_2の季節変化があることを，深江丸研究航海を通じて継続的に報告してきた（Ohotaki et. at, 1993, Yamashita et. at, 1993, 山下（1997，2000，2013，2014，2015），山下等（1997，2004，2005，2009，2010，2013，2014，2015，2019）.

今回は，1990～2010年の20年間の渋川と牛窓における測定結果から月平均値を算出した．そして，渋川と牛窓を備讃瀬戸海域とみなして海水中CO_2と関連項目の季節変化と海水中CO_2と関連項目との相関関係について試算し，考察した.

２．方法

表１に，岡山大学環境計測共同利用施設（以下渋川と記す.）と岡山大学理学部牛窓臨海実験場（以下牛窓と記す.）の名称と測定期間，採水箇所，海水分析・大気CO_2測定場所，採水方法の概要を示した.

図１に渋川と牛窓における測定場所概念地図を示した．渋川港桟橋は北緯34.456度，東経133.900度で，牛窓実験場桟橋は北緯36.609度，東経134.1427度である．採水深度は0.5ｍである.

図２に北原式Ｂ号採水器を，図３に採水瓶と試料の保管の様子を，図４に渋川港での採水風景を，示した.

両測点は直線距離で29Km離れている．しかし，先行研究による1990年と1992年の渋川の測定報告（Ohotaki *et. at,* 1993, Yamashita *et. at*, 1993）と1994年～2010年の山下（1997，2000，2013，2014，2015）と山下等（1997，

表１　測点名称と測定期間・採水箇所・海水分析と大気CO_2測定施設・採水方法

測点名称と測定期間	採水箇所	海水分析と大気CO_2測定施設	採水方法
玉野市渋川 1990～1991年	渋川港桟橋	岡山大学環境計測共同利用施設	北原式B号で採水
瀬戸内市牛窓 1993～2010年	牛窓実験場桟橋	岡山大学理学部牛窓臨海実験場	1993年は北原式B号で採水，以後はポンプ採水.

図１　渋川と牛窓測定場所概念図

図２　北原式Ｂ号採水器

図３　採水瓶と試料の保管の様子

図４　渋川港での採水風景

表２　渋川と牛窓における月別平均値の数と測定日数．定場所：渋川，牛窓．測定期間：1990～2010年

1990～2010	月												総数	
に測定した数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	延月数	延日数
月別平均値の数	1	6	9	2	6	8	5	7	5	5	7	5	66	
測定日数	3	21	31	3	13	34	11	18	18	18	26	15		211

2004，2005，2009，2010，2013，2014，2015）の牛窓測定報告から，良く似た日周期を示したので，渋川も牛窓も同じ備讃瀬戸海域とみなして良いと考察した．また，季節変化をも求める方法として，年変化を無視して月平均値を算出した．

測定項目は，海水中二酸化炭素分圧（Partial pressure of Carbon dioxide in seawater, pCO_2と記す．μatm），大気中二酸化炭素分圧（Partial pressure of Carbon dioxide in atmosphere, PCO_2と記す．μatm），表面海水温度（Surface Seawater Temperature, SSTと記す．℃），塩分（Practical Salinity Unit, Sと記す．psu），水素イオン濃度指数（pHと記す．），溶存酸素（Dissolved Oxygen, DOと記す．$mg \cdot l^{-1}$），風速（wind speed, Uと記す．$m \cdot sec^{-1}$），大気・海洋間二酸化炭素分圧（$\Delta pCO_2 = pCO_2 - PCO_2$，μatm）及び大気海洋間二酸化炭素移動量（$CO_2Flux \cdot mmol \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$）を算出した．

測定手法の詳細は，既報（山下，2015，2019）に記した．pCO_2の測定は，1993年以前は，自作のバブリング方による海水中CO_2測定装置を使用した．1994年以後は，Ohtaki等（1993），Yamashita等（1993），大滝等（1994），山下（1996），S-one（2003）により開発された岡山式バブリング方による大気・海水中CO_2自動測定装置を用いた．

測定頻度は１～３時間である．日平均値（24時間測定値）を２日以上得るように計画した．日平均値は，24時間連続して得られた測定値を算術平均して求めた．月平均値は，測定した月に含まれる日平均値を算術平均して求めた．ただし，pHは，水素イオン濃度に変換して算術平均した後で，pHに戻した値である．

３．月平均値の変化

表２は，渋川と牛窓における，1990～2010年の月別月平均値測定年数（回数）と測定日数である．例えば３月は，９回の月平均値を測定し，延測定日数は31日であったことを示す．月平均値の回数の総数は66ヶ月であった．延測定日総数は211日であった．

表３は，pCO_2と関連項目の，1990～2010年の年変化量を無視した月平均値を示す．１月にDOが欠測となった以外，他の項目は，12カ月が揃っていた．

春を３～５月，夏を６～８月，秋を９～11月，冬を12月～２月と定めて，各項目の最高値（max）を示す季節は，秋にpCO_2，ΔpCO_2とCO_2Fluxが，冬にPCO_2とSが，夏にSST，WSが，春にpHとDOであった．各項目の最低値（min）を示す季節は，WSとCO_2Fluxを除き，最高値を示す季節とはとほぼ半年ずれていた．

図５～11に，pCO_2と関連項目の各月の季節変化の推移を図示した．

図５は，pCO_2，PCO_2とΔpCO_2の季節変化である．

pCO_2は，10月が最高値559.6μatm，３月が最低値230.6μatm，年平均値398.9μatmであった．PCO_2は，12月が最高値408.7μatm，４月が最低値381.76μatm，年平均値395.9μatmであった．pCO_2とPCO_2の大小関係すなわちΔpCO_2推移から，12月～５月は，海水は大気からCO_2を吸収し，６月～11月は，海水は大気へCO_2を放出していることが分かる．このような現象は四国南岸海域や東シナ海では見られない（山下，2019）．pCO_2年間変化量の329.0μatmに比べ，PCO_2の変化量は27.0μatmと小さいので，pCO_2とΔpCO_2（$= pCO_2 - PCO_2$）は，年間を通じてよく似た位相であった．

図６は，pCO_2とSSTの季節変化である．両者の位相

表３　pCO_2と関連要素の月平均値．測定場所：渋川・牛窓．測定期間：1990～2010年
N：個数，max：最高値，min：最低値，R：レンジ（R＝max - min），average：平均値，median：中央値，
SD：標準偏差，CV%：標準偏差%（CV% ＝（SD / min）×100）．

month	pCO2 μatm	PCO2 μatm	SST ℃	S psu	pH	DO mg・l−1	WS m・s−1	⊿pCO2 μatm	CO2 Flux mol・m−2・d−1
1	257.1	400.5	7.8	32.3	8.224		2.1	−140.8	−0.79
2	243.8	390.5	8.8	32.6	8.244	8.8	1.5	−145.9	−0.41
3	230.6	381.7	9.5	32.2	8.350	9.3	1.6	−125.1	−0.71
4	301.3	382.3	13.3	31.1	8.264	9.6	0.7	−79.8	−0.23
5	377.7	400.9	18.5	31.6	8.208	8.6	1.5	−12.8	−0.03
6	453.3	405.8	21.1	31.6	8.094	6.8	1.7	41.0	1.05
7	473.6	396.7	25.2	31.4	8.124	6.6	1.5	55.5	0.11
8	531.5	405.7	27.1	29.1	7.837	6.0	2.4	61.4	0.28
9	523.9	388.1	26.6	30.5	8.077	6.2	1.5	112.7	0.08
10	559.6	404.4	22.5	31.0	8.149	6.2	1.9	154.6	1.15
11	496.4	385.4	17.5	30.9	8.078	6.5	1.5	111.5	0.33
12	338.3	408.7	13.1	31.7	8.211	7.5	1.6	−70.4	0.12
N	12	12	12	12	12	11	12	12	12
max	559.6	408.7	27.1	32.6	8.350	9.6	2.4	154.6	1.15
min	230.6	381.7	7.8	29.1	7.837	6.0	0.7	−145.9	−0.79
R	329.0	27.0	19.3	3.5	0.513	3.6	1.6	300.6	1.94
average	398.9	395.9	17.6	31.3	8.135	7.5	1.6	−3.2	0.08
median	415.5	398.6	18.0	31.5	8.178	6.8	1.6	14.1	0.10
sd	141.6	118.7	6.5	7.6	2.009	1.8	2.4	119.5	2.79
cv%	35.5	30.0	37.1	24.2	24.639	23.6	148.6	−3759.1	3511.13

は４月から９月は良く一致していた．秋・冬は位相が少しずれているが，一年を通じてpCO_2とSSTの正の相関係数が高いと考察できる．SSTがpCO_2の値を決める大きな要因と考えられる．

図７は，pCO_2とSの季節変化である．pCO_2とSの最高値と最低値の季節は半年ずれていた．

図８は，pCO_2とpHの季節変化である．pCO_2とpHの最高値と最低値の季節は半年ずれていた．SとpHの季節変化の位相はよく似ていた．一年を通じてpCO_2とpH・Sは逆の相関係数が高いと考察できる．pHとSはpCO_2の値を決める大きな要因と考えられる．

図９はpCO_2とDOの季節変化である．６月と12月のピークを除くと，季節変化の位相はよく似ていた．pCO_2とDOは正の相関係数が高いと考察できる

図10はpCO_2とWSの季節変化である．WSの最高値が８月に，最低値が４月に見られ，pCO_2と関係がみえない．

図11はpCO_2とpCO_2Fluxの季節変化である．pCO_2Flux算出には，Andrie（1986）の式を用いた．

⊿pCO_2，SST，S，WSから導かれる値であるCO_2Fluxは⊿pCO_2で正負が定まり，SST，S，WSで値が定まる．備讃瀬戸海域では，Wの影響が大きく，CO_2Fluxの最高値と最低値はWSの出現月と一致していた．

４．pCO_2と関連項目の相関関係

図５の⊿pCO_2のように，海水と大気の間で周期的に正負が異なる現象は，四国南岸では観測されていない．そこで，備讃瀬戸海域の特徴を見つけるために，pCO_2値と測定した関連項目との相関関係を算出した．

表４と表５に渋川・牛窓におけるpCO_2値とその関連項目の相関係数を示した．表４は，日平均値を算出するのに用いた時刻平均値を用いて算出した相関係行列である．時間数は4147時間である．表５は，月平均値を用いた相関行列を示し，月数は66カ月である．

pCO_2値とその関連項目の相関係数は，時間平均値から計算した値よりも，月平均値から計算した値が大きくなっていた．この理由は，今後詳しく検討したい．

図12にpCO_2の月平均値とSSTの月平均値の相関図を示した．xをpCO_2にyをSSTにとり計算すると，Y＝0.053x−3.69，相関係数が0.92であった．

表６に，月平均値から求めたpCO_2と他の関連項目の相関式と相関係数を示した．相関式の係数が正の項目は，PCO_2，SST，WSで，逆相関は，S，pH，DOであった．相関係数が0.9を超えたのはSSTとDOである．Sは外洋では0.1spuも変化することはないが．渋川や牛窓では，月平均値で年間3.5sou変化していた．なぜ，pCO_2とSが逆相関になるかの理由は明確ではない．pCO_2とDOが逆相関になる理由は，DOは水棲植物の光合成により増加し，水棲生物の呼吸で減少する．pCO_2は，DOと逆で，水棲植物の光合成により減少し，呼吸で増加すると考察できる．しかし，自然界では，生物の種類と量に様々な組合わせがあり，未だpCO_2とDOの関係を一般化した式は提唱されていない．水中生物の種類と量を定めるのには，DOだけでは不足であろう．

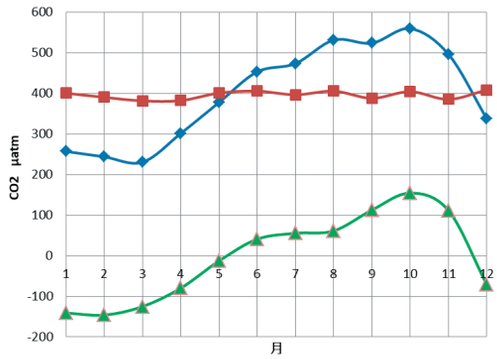


図５　pCO_2とPCO_2と⊿pCO_2の月平均値図

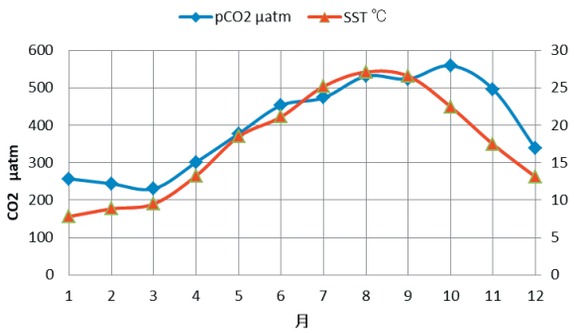


図６　pCO_2とSSTの月平均値図

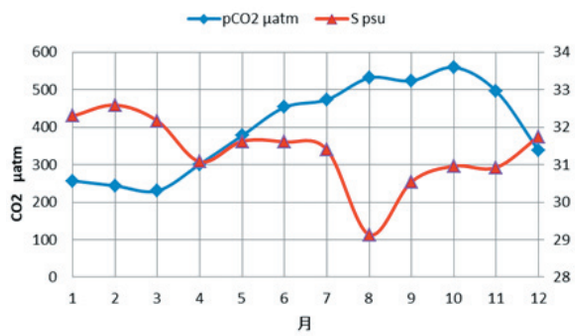


図７　pCO_2とＳの月平均値図

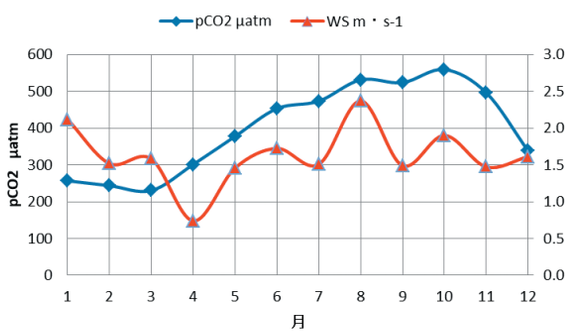


図８　pCO_2とpHの月平均値図

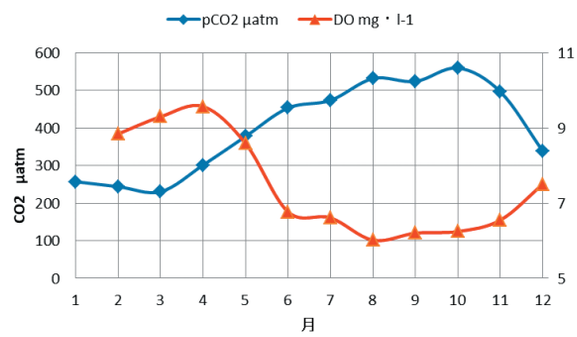


図９　pCO_2とDOの月平均値図

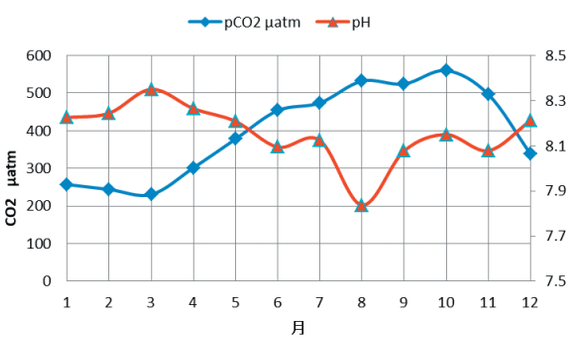


図10　pCO_2とWSの月平均値図

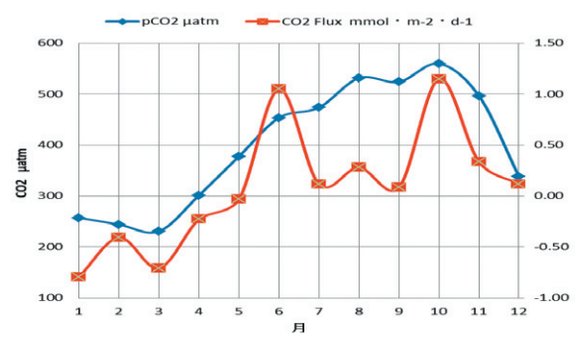


図11　pCO_2とCO2fluxの月平均値図

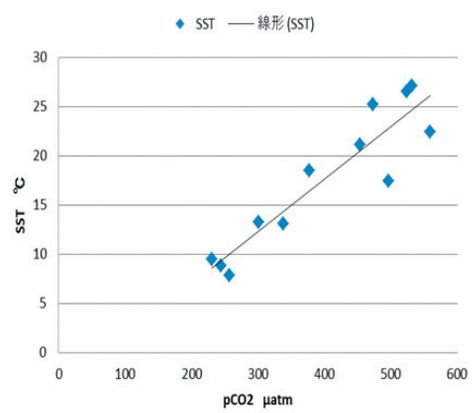


図12　pCO_2の月平均値とSSTの月平均値の相関図

表４　渋川・牛窓における時間平均値を用いた相関図．測定期間：1990～2010年．測定時間数：4147時間

	pCO2	PCO2	SST	S	pH ave	DO	U	⊿CO2	CO2 Flux
pCO2	1.00								
PCO2	0.14	1.00							
Ts	0.78	0.10	1.00						
S	−0.43	0.10	−0.51	1.00					
pH ave	−0.82	−0.18	−0.60	0.34	1.00				
DO	−0.81	−0.27	−0.68	0.31	0.69	1.00			
U	−0.13	−0.23	−0.05	0.11	0.15	0.19	1.00		
⊿CO2	0.98	−0.06	0.76	−0.45	−0.79	−0.76	−0.09	1.00	
CO2 Flux	0.32	−0.01	0.30	−0.08	−0.30	−0.30	−0.33	0.32	1.00

表５　渋川・牛窓における月平均値を用いた相関図．測定期間：1990～2010年．66ヵ月

	pCO2	PCO2	SST	S	pH	DO	WS	⊿pCO2	CO2 Flux
pCO2	1.00								
PCO2	0.33	1.00							
SST	0.92	0.30	1.00						
S	−0.77	−0.16	−0.79	1.00					
pH	−0.79	−0.41	−0.79	0.85	1.00				
DO	−0.93	−0.50	−0.84	0.64	0.81	1.00			
WS	0.28	0.64	0.22	−0.27	−0.54	−0.64	1.00		
⊿pCO2	0.98	0.20	0.87	−0.69	−0.67	−0.88	0.17	1.00	
CO2 Flux	0.80	0.49	0.67	−0.45	−0.52	−0.73	0.17	0.80	1.00

表６　pCO_2の月平均値と他の関連項目との相関式と相関係数．
測定期間：1990～2010年．pCO_2の月平均値．Y：他の項目の月平均値

要素	相関式	相関係数
PCO2	y = 0.0263x + 385.41	0.33
SST	y = 0.0533x − 3.6949	0.92
S	y = −0.0058x + 33.658	0.77
pH	y = −0.0008x + 8.4913	0.79
DO	y = −0.0106x + 11.823	0.93
WS	y = 0.0009x + 1.2528	0.28
⊿pCO2	y = 0.8597x − 346.14	0.98
CO2 Flux	y = 0.0039x − 1.4892	0.80

５．まとめ

1990～2010年の渋川と牛窓の観測結果から，備讃瀬戸海域のpCO_2と関連項目の季節変化とpCO_2と関連項目との相関関係について試算し考察した．

pCO_2は，10月に最高値を，３月に最低値を示す季節変化であった．⊿pCO_2は，12月～５月には，海水は大気からCO_2を吸収し，６月～11月には，海水は大気へCO_2を放出していることが明らかとなった．

pCO_2月平均値と相関係数が0.9以上の項目は，SST，DOで，0.7以上の項目は，S，pHであった．

謝辞

岡山大学理学部付属臨海実験所の施設利用に関して．大変お世話になった牛堂和一様に厚く御礼申し上げます．渋川観測を通じて，研究を導いて頂いた，大滝英治博士と藤原福一博士に深謝します．さらに，1990年より2010年の間，共に渋川・牛窓で苦労しながら観測し続けた山下研究室の院生，学生の皆様に感謝します．

参考文献

Andrie, C., C. Oudot, C. Genthon and L. Merlivat, 1986: CO_2 Fluxes in the Tropical Atlantic During FOCAL Cruises. J. Geophys. Res. 91, 11741-11755.

Ohtaki, E., Yamashita, E., Ishida, K., Ito, H. and Liu, X., 1993: Carbon Dioxide in Surface Seawater of the Western Tropical Pacific Ocean. Jounal of the Metorojical Society of Japan, 73, 2B, 631-637.

S-one Co. Ltd, 2003: CO_2測定システムWindows版取り扱い説明書, S-one Co, Ltd, 1-11.

Yamashita, E., Fujiwara, F., Liu, X. and Ohtaki, E., 1993: Measurement of carbon dioxide in the Seto Inland Sea of Japan. J. Oceange. 49, 559-569.

Yanagi, T., Satou, T., Ishimura, T., and Uye, S., 1993: A carbon budget in Tokyo Bay. J. Oceanogy., 49, 249-256.

大滝英治，藤原福一，山下栄次，伊藤はる奈，劉小虎，

1994：海水中二酸化炭素濃度（pCO_2）測定器の開発．海の研究，3，413-418.
気象庁，1990：海洋観測指針（気象庁編）．日本気象協会，149-152.
山下栄次，藤原福一，大滝英治，1996：海水中二酸化炭素分圧測定器の開発．岡山理科大学技術科学研究所年報，Vol.14，31-49.
山下栄次，1997：海水中二酸化炭素の時-空間変化と大気-海洋間に関する研究．1997年広島大学博士論文，56-66.
山下栄次，山田高広，小梶登志明，林昌世，石田廣史，大滝英治，1997：牛窓における表面海水中pCO_2の測定．岡山理科大学技術科学研究所年報，Vol.15，24-39.
山下栄次，2000：瀬戸内海（牛窓）における海水中二酸化炭素の測定．岡山大学牛窓臨海実験所業績，Vol.38，Nos.430-443，1-12.
山下栄次，河野雄彦，野上晃正，佐々木和明，小紫博明，河相孝史，2004：牛窓における表面海水中pCO_2の測定―1993年～2000年―Ⅱ．岡山理科大学技術科学研究所年報，Vol.22，36-46.
山下栄次，川崎聡，河野雄彦，2005：牛窓における表面海水中pCO_2の測定Ⅲ―1993年～2007年―．岡山理科大学技術科学研究所年報，Vol.23，33-47.
山下栄次，笥野倫弘，2009：牛窓における表面海水中pCO_2の測定Ⅳ―pCO_2の季節変化Ⅳ―．岡山理科大学技術科学研究所年報，Vol.27，29-35.
山下栄次，笥野倫弘，2010：牛窓における表面海水中pCO_2の測定Ⅳ―pCO_2の季節変化Ⅴ―．岡山理科大学技術科学研究所年報，Vol.28，98-105.
山下栄次，2013：瀬戸内海・四国南岸におけるpCO_2とpCO_2の測定―1994年３月～2010年３月―．岡山理科大学技術科学研究所年報，Vol.31，35-45.
山下栄次，2014：瀬戸内海・四国南岸におけるArea CO_2 Fluxの試算―1994年～2010年―．岡山理科大学技術科学研究所年報，Vol.32，12-17.
山下栄次，2015：牛窓における表面海水中pCO_2の測定　Ⅵ―CO_2及び関連項目の時系列変化の特徴―．岡山理科大学技術科学研究所年報，Vol.33，6-26.
山下栄次，2019：瀬戸内海・四国南岸・吸収周辺における大気中に参加炭素（PCO_2）と海水中二酸化炭素（pCO_2）の測定．岡山理科大学技術科学研究所年報，Vol.37，14-29.

Caron dioxide in the sea weter seasonal variation at coastal site, Sibukawa and Ushimado in the Seto Inland Sea, Japan

—Measurement from 1990 to 2010—

Eiji YAMASHITA

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

During 1990-2010 , in Shibukawa and Ushimado., eason variation of partial pressure of carbon dioxide in the seawater (pCO_2) and other materials n the seawater were measured

Seasonal variation of pCO_2 and other materials were became clear in Shibukawa and Ushimado. pCO_2 value showed maximum in October and showed minimum in March. ⊿ pCO_2 value showed a negative value for from December to May and, for from June to November, showed a positive price. As for negative value, the seawater absorbs CO_2 from the atmosphere. As for the positive price, the seawater discharges CO_2 to the atmosphere.

Partial pressure of carbon dioxide in the seawater and other materials correlation was calculated.

Keywords: pCO_2 (partial pressure of carbon dioxide in the seawater), PCO_2 (partial pressure of carbon dioxide in the atmosphere), SST(Surface seawater temperature)

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。また，2009年より別館（岡山市中区関401-1）を兼務研究員の便宜をはかるため，共同利用施設として開放しました．

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２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），客員研究員９名，および兼務研究員として14名の学部教員が参加しています．

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	兵藤　博信	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　講師
専任研究員	村本　哲也	フロンティア理工学研究所　講師
客員研究員	板谷　徹丸	岡山理科大学　名誉教授
客員研究員	金枝　敏明	岡山理科大学　名誉教授
客員研究員	北岡　豪一	元理学部　基礎理学科　教授
客員研究員	佐藤　佳子	福島工業高等専門学校　化学・バイオ工学科　特命准教授
客員研究員	澤田　順弘	元島根大学　総合理工学部　地球資源環境学科　教授
客員研究員	堂田　周治郎	元工学部　知能機械工学科　教授
客員研究員	財部　建一	元理学部　基礎理学科　教授
客員研究員	西村　敬一	元総合情報学部　生物地球システム学科　教授
客員研究員	山下　栄次	岡山理科大学　名誉教授
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　バイオ・応用化学科　教授
兼務研究員	清水　一郎	工学部　機械システム工学科　教授
兼務研究員	杉山　晶彦	獣医学部　獣医学科　教授
兼務研究員	猶原　順	工学部　生命医療工学科　教授
兼務研究員	濱田　博喜	理学部　臨床生命科学科　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　陽一朗	基盤教育センター（工学研究科 電子工学専攻 兼任）教授
兼務研究員	伊豆　弥生	獣医学部　獣医学科　准教授
兼務研究員	岩永　哲夫	理学部　化学科　准教授
兼務研究員	神吉　けい太	工学部　生命医療工学科　准教授
兼務研究員	齋藤　文代	獣医学部　獣医学科　准教授
兼務研究員	奥田　靖浩	工学部　バイオ・応用化学科　助教
兼務研究員	千葉　謙太郎	生物地球学部　生物地球学科　助教

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.

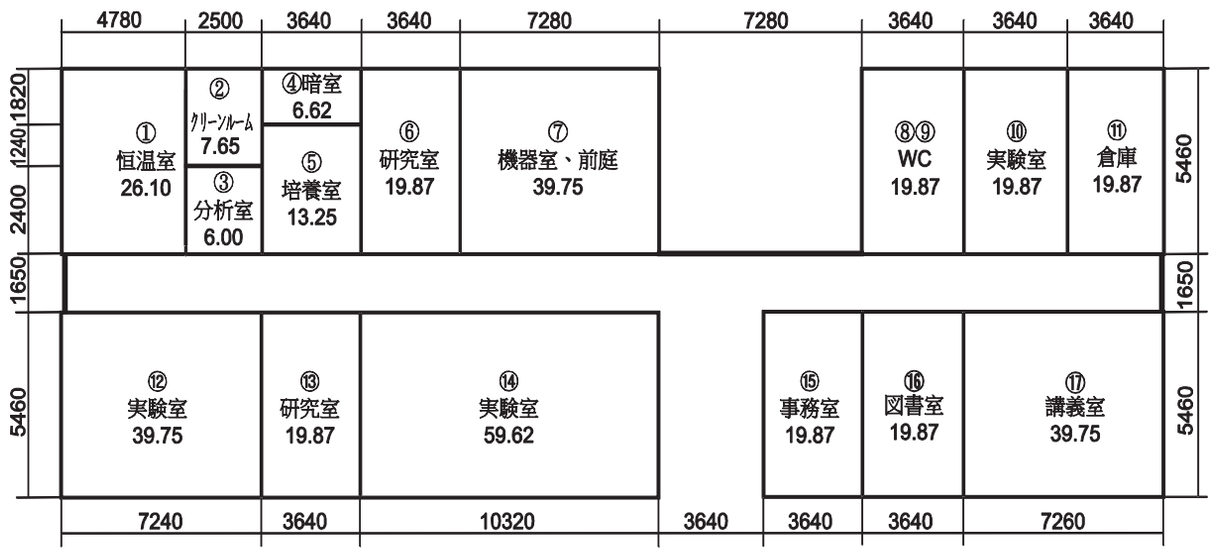
附　則
１　この規程は，平成31年４月１日から施行する.
２　岡山理科大学自然科学研究所と岡山理科大学技術科学研究所を発展的に統合して本研究所を設置することに伴い，岡山理科大学自然科学研究所規程及び岡山理科大学技術科学研究所規程は，平成31年３月31日をもって廃止する.

別館共同利用

平成21年度より，研究設備・環境の有効利用を図るために，本研究所別館を開放しました．そのことを「岡山理科大学フロンティア理工学研究所別館共同利用規定」で定めました．

共同利用は，公募によって行われています．施設・設備の共同利用期間が１年間としているが，研究開発の状況等によって，延期可能としています。

令和２年度中の施設利用者配置図は以下の通りです．



部屋 番号・名称	使用者 （令和元年度）
1. 恒温室	フロンティア研
2. クリーンルーム	フロンティア研
3. 分析室	フロンティア研
4. 暗室	フロンティア研
5. 培養室	フロンティア研
6. 研究室	岩井
7. 機器室	北岡，西村
10. 実験室	フロンティア研
11. 倉庫	フロンティア研
12. 実験室	共同研究利用
13. 研究室	共同研究利用
14. 実験室	岩井
15. 事務室	共同研究利用
16. 図書室	山下
17. 講義室	共同研究利用

岡山理科大学フロンティア理工学研究所別館共同利用規程

（目的）

第１条　岡山理科大学フロンティア理工学研究所別館共同利用規程（以下「本規程」という.）は，岡山理科大学フロンティア理工学研究所（以下「研究所」という.）規程第８条の研究所の利用・共同研究関する事項について定め，研究の活性化と関別館（岡山市中区関101－1，以下「別館」と記す）の有効活用を図ることを目的とする.

（共同利用施設）

第２条　研究所は，別館を，岡山理科大学（以下「本大学」という.）教員および当該教員と共同研究を行う研究者に利用可能な範囲において，共同利用施設として開放するものとする.

（使用手続き）

第３条　別館を共同利用施設として使用を希望する本大学教員（以下「使用希望者」という.）は,「岡山理科大学フロンティア理工学研究所共同利用施設使用申請書」および「共同研究契約書」の写しを本大学フロンティア理工学研究所所長（以下「所長」という.）に提出する.

２　所長は，使用者審査会を開催して，利用条件・環境基準等に問題がないかを図り，使用を許可された者（以下「使用者」という.）に,「岡山理科大学フロンティア理工学研究所共同利用施設使用許可書」を交付するものとする.

３　使用者または研究所に特段の事情が発生した場合は，使用許可施設と使用期間の変更を行なうものとする.

４　使用期間は１年とする．但し，再申請は妨げない.

（使用者審査会の組織）

第４条　使用者審査会は，委員長，常任委員及びその他専門委員２～３名をもって組織する.

２　所長は委員長となり，会務を総理する.

３　常任委員は，本大学学外連携推進室長のほか，委員長の指名する若干名とする.

４　その他の専門委員は，当該研究の専門分野に近い教員から委員長が指名する.

（兼務研究員への登録）

第５条　使用者は，研究所の兼務研究員として登録し，研究所年報への投稿や研究所の主催する講演会などに積極的に協力するものとする.

（使用方法）

第６条　使用者は，防犯に努めなければならない．使用者には，玄関鍵，各部屋の鍵などを貸与するものとし，鍵の授受・返還は，工学部事務室にて行なうものとする.

２　使用者は，別館玄関に備える入出記録簿に記録するものとする.

３　使用者は，防火・防災に努めなければならない.

４　使用者は，実験等で出た廃棄物等については,「岡山理科大学安全対策マニュアル」に基づき処理するものとする．また，一般廃棄物については，使用者責任で処理するものとする.

５　使用者は，実験に伴い発生した排水について,「岡山理科大学安全対策マニュアル」に基づき排出するものとする.

６　使用者は，別館が住宅地に立地していることに配慮し，周辺住民の住環境保全のため，悪臭，車の出入りによる騒音の発生せぬよう努めなければならない.

７　その他，別館における安全対策については,「岡山理科大学安全対策マニュアル」を遵守するよう努めるものとする.

（使用者義務）

第７条　使用に際し，事故の責任が使用者にある場合は，使用者がその責めを負うものとする.

２　重大な過失により生じた共同利用施設の破損・故障等については，使用者が修理等経費を負担するものとする.

（使用料金）

第８条　使用者は，電話代・ネット使用料などの応分の負担をする．負担の額，負担の方法は別に定めるも

のとし，使用料金の徴収事務は，工学部事務室にて行なうものとする．
2　設備備品の搬入に必要な費用を使用者が負担する．
3　内装の変更が必要な場合，使用者負担により実施することとする．
4　使用者は，使用期間終了後に使用者負担により使用施設を原状復旧するものとする．
（規程違反）
第９条　本規程に違反した場合には使用を停止することがある．
（改廃）
第10条　本規程の改廃は，大学協議会の審議を経て，学長が決定する．

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，岡山理科大学技術科学研究所別館共同利用規程は，平成31年３月31日をもって廃止する．

フロンティア理工学研究所2020年度シンポジウム
「バイオインフォマティクスと関連技術の最前線」

日時：日時：2021年２月５日(金)
会場：オンライン開催（岡山理科大学50周年記念館など複数の研究室から配信）
後援：岡山理科大学

プログラム

9：30－10：00　受付
10：00－10：05　開会挨拶（フロンティア理工学研究所所長　赤司治夫）

特別講演
10：05－10：45『磁気浮上を利用したタンパク質結晶化技術と最近の研究』
　　牧　祥（フロンティア理工学研究所）
10：45－10：50　略歴紹介
10：50－11：30『脂溶性リガンド－タンパク質複合体の構造解析を目指した研究開発』
　　杉山　成（高知大学理工学部 化学生命理工学科　教授）
11：30－11：35　略歴紹介
11：35－12：15『タンパク質工学による酵素の産業応用』
　　石川　一彦（元 産業技術総合研究所　産学官連携室　連携主幹，
　　現 松谷化学工業株式会社顧問）

12：15－13：15　昼食

基調講演
13：15－13：20　略歴紹介
13：20－14：10『タンパク質結晶学の発展』
　　安岡　則武（姫路工業大学名誉教授，元 日本結晶学会会長）

特別講演
14：10－14：15　略歴紹介
14：15－14：55『光技術が拓く有機・バイオマテリアルの秩序構造形成：結晶化から臓器形成まで』
　　吉川　洋史（埼玉大学大学院　理工学研究科　教授）
14：55－15：35『細胞自己凝集化技術を用いた生体模倣組織構築：バイオインフォマティクスとの融合は可能か』
　　岩井　良輔（フロンティア理工学研究所）

15：35－15：40　閉会挨拶（フロンティア理工学研究所　牧　祥）

第２回OUSフロンティアセミナー（開催予定）

「コロナに立ち向かう知識と技術：岡山から考え発信する」

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３年３月５日（金），13：15～17：00
オンライン開催
共催：岡山理科大学

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，一般市民，企業関係者，学生，官公庁の皆様などを対象にした「第２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．

今年度は，まさにコロナ渦にある世界の現状を踏まえ，
「コロナに立ち向かう知識と技術：岡山から考え発信する」をテーマとして，関係する内容について可能な限りわかりやすくご講演頂きます．

プログラム

13：15－13：20　開会挨拶
　　岡山理科大学学長　柳澤康信
13：20－14：00　野生動物で拡がるウイルス感染症
　　岡山理科大学　獣医学部獣医学科　鍬田龍星 氏
14：00－14：30　プラズマを用いた抗菌，滅菌技術の最前線
　　岡山理科大学　フロンティア理工学研究所　中谷達行 氏
14：30－15：10　コロナで注目されるECMOとは？―本邦における世界最小のECMOの開発―
　　国立循環器病研究センター研究所　人工臓器部　片桐伸将 氏
15：10－15：40　休憩
15：40－16：20　コロナと医療と安全と岡山大学病院 医療安全管理部　大澤晋 氏
16：20－16：50　在宅ワークの敵は運動不足？―運動器科学からできる対策とは―
　　岡山理科大学　獣医学部獣医学科獣医学科　伊豆弥生 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

ポスター発表（オンライン掲示）

令和３年３月５日（金）9：00－３月12日（金）17：00

OUSフロンティアセミナー開催記録

*No.１－No.５はOUSシンポジウム（旧称）
*No.６－No.24はOUS技術セミナー（旧称）

No.	年度	テーマ	講師
1	1996（H８）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（H８）年11月	21世紀への環境を考える ―人間，環境，地球―	岡山理科大学
3	1997（H９）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 ―ベンチヤー，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	2009（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

No.	年度	テーマ	講師
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	ICT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

ジオセミナー@関　活動記録

—2020年１月～12月—

ジオセミナー@関は，岡山理科大学技術科学研究所の客員研究員を中心に，技術科学研究所関別館を活動拠点として，2016年４月に発足しました．2019年４月にフロンティア理工学研究所に改組されましたので活動拠点名称もフロンティア理工学研究所関別館と変更しました．

2016年に26回，2017年に24回，2018年に24回，2019年に26回，2020年に21回の研究会を開催しました．なお，2020年は，新型コロナウイルス感染拡大防止のため，別館における活動を自粛し，オンライン・ジオセミナーを５回行いました．

2020年１月～12月の第102回から122回までの活動の議題と付録写真を報告します．

なお，議事の詳細は，議題提供者にお尋ね下さい．

○第102回ジオセミナー@関　議事録

日時：2020年１月14日（火），13時00分から16時30分

参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次，岩井良輔（15時30分～）

議題１　出生数最小・ダム事前放流・スマホ依存症・温暖化ガス増加・SDGs：山下栄次研究員

議題２　月間降下物測定720カ月が教えること（１）：北岡剛一研究員

議題３　南海トラフ巨大地震の想定と発生確率・西日本豪雨災害に思う・国などに賠請求：西村敬一研究員

付録写真　関別館東庭のツバキ満開と太陽光発電装置工事

写真１　関別館東庭のツバキ満開

写真２　関別館前庭の太陽光発電装置工事
関別館前庭の太陽光発電装置機材が移動始めた．

外部電柱と接続工事完了．

○第103回ジオセミナー@関　議事録

日時：2020年１月28日（火），13時00分から17時30分

参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次

議題１　新型コロナウイルス感染症が指定感染症となった：山下栄次研究員

議題２　：冨谷卓矢さんに対する本の紹介：西村敬一研究員

議題３　：南海トラフ沿いで発生する大地震の確率論的津波評価：西村敬一研究員

付録　図１，２，３　新型コロナウイルスの情報（2020年１月31日 17：38　発信地：北京/中国）

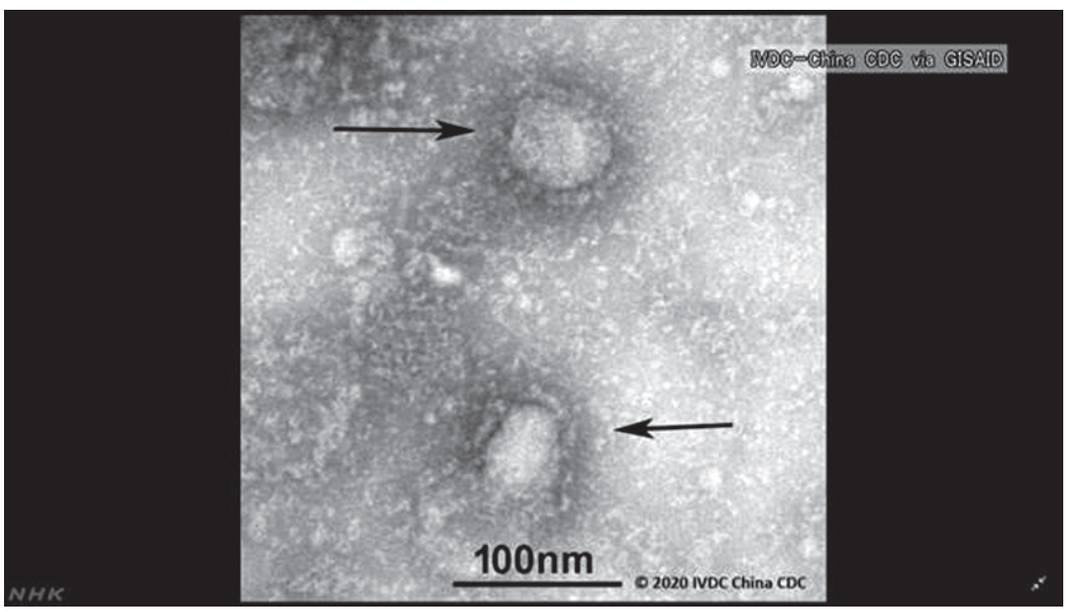


図１　新型コロナウイルス

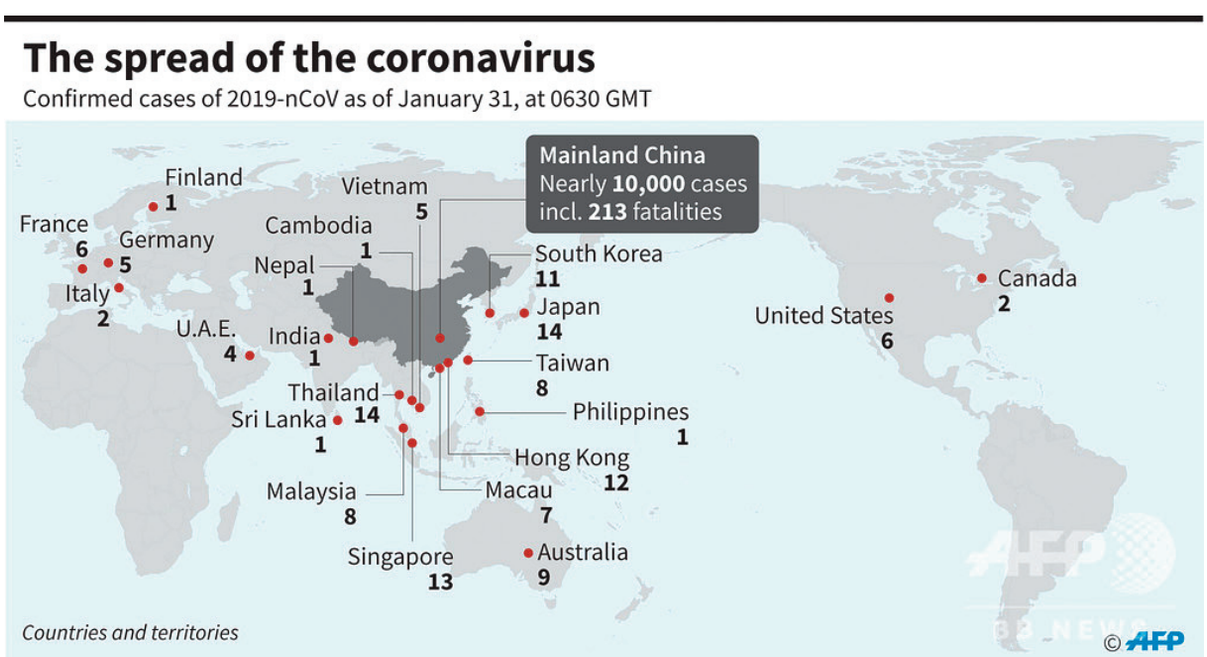


図２　新型コロナウイルス，感染者が確認された国と地域（31日午後３時30分現在）

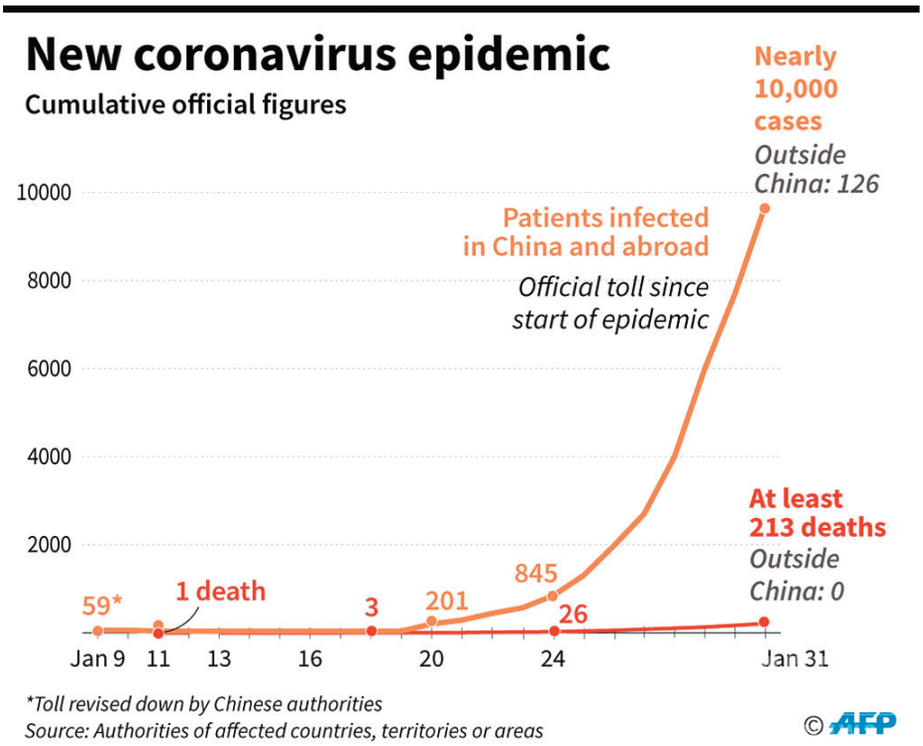


図３　新型コロナウイルス感染者と死者の推移．（１月31日午後３時30分現在）

○第104回ジオセミナー@関　議事録

日時：2020年２月４日（火），13時00分から17時30分
参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次
議題１　南海トラフ80％の内幕：西村敬一研究員
議題２　年報１号の論文課題案：北岡豪一研究員・西村敬一研究員
議題３　第１回OUSフロンティアセミナーポスター発表の課題案：北岡豪一研究員・山下栄次研究員
議題４　堤防をめぐる不都合な真実：北岡豪一研究員

付録写真　図１～７　太陽光発電用機材を屋上に設置する工事

図１　前庭（１）

図２　前庭（２）

図３　前庭（３）

図４　前庭（４）

図５　機材を屋上へ

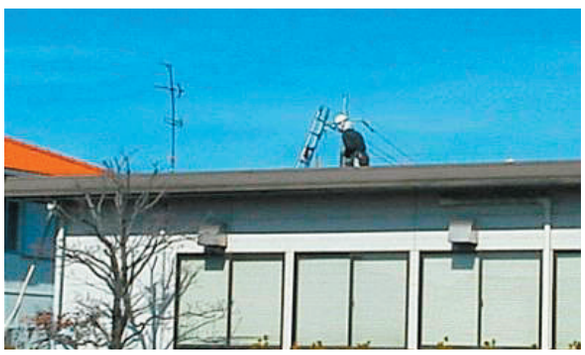


図６　屋上作業

図７　太陽光発電パネル版

○第105回ジオセミナー＠関　議事録

日時：2020年２月25日（火），13時00分から16時30分

参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次

議題１　フロンティア理工学研究所年報１号の原稿：北岡豪一・西村敬一・山下栄次研究員

議題３　第１回OUSフロンティアセミナーポスター発表の課題：北岡豪一・山下栄次研究員

議題４　第１回OUSフロンティアセミナー講演：西村敬一研究員
議題５　新型コロナウイルスによるパンデミック：山下栄次研究員

付録図１～７　　太陽光発電工事完了写真　　発電された電気の送電の経路の写真

図１　屋上よりBoxへ

図２　９個の住宅用太陽光発電システム，屋外用集中型パワーコンディショナ

図３　黒い管で送電

図４　黒管は前庭を西金網沿いに南へ

図５　黒管は前庭南金網沿いに東へ

図６　黒管で前庭南金網沿いにポールへ

図７　ポールから外部の電柱へ接続し売電

○第106回ジオセミナー@関　議事録

日時：2020年２月25日～４月18日
参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次
議題１　クロアチアの地震・広島県南東部の地震：西村敬一研究員
議題２　レポート課題の出し方：西村敬一研究員
議題３　新型コロナウイルス感染症に関する情報：西村敬一・山下栄次研究員

○第107回ジオセミナー@関　議事録

日時：2020年４月19日～６月22日
参加者：岩井良輔，北岡豪一，冨谷卓矢，西村敬一，山下栄次，
議題１　地下鉄での爆発的な感染：冨谷卓矢学生，西村敬一研究員・山下栄次研究員
議題２　オンライン講演の準備等：北岡豪一研究員・西村敬一研究員

付録１　　関別館前庭のツツジ満開とフロンティア理工学研究所関別館・看板

図１　ツツジ満開・5/7撮影

図２　ツツジ満開・5/7，撮影

図３　ツツジ満開・5/7撮影

図４　フロンティア理工学研究所関別館看板・6/4撮影

付録２　・山下研究員，4/23発信：緊急事態宣言，都市封鎖に関する私見（4/23）
付録３　・西村研究員，4/23発信：「濃厚接触」と聞いて何を思い浮かべる．（4/23）

○第108回ジオセミナー@関　議事録

日時：2020年６月23日（火），13時00分から17時30分
参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次
議題１　ジオセミナー休会中の生活報告：北岡豪一・西村敬一・山下栄次研究員
議題２　音声入りの教材の作り方と講義の進める技法：西村敬一研究員
議題３　新型コロナウイルスによるパンデミックによる社会への影響：西村敬一研究員

付録図１～６　　関別館の太陽光発電稼働・目盛りが稼働している様子

図１　本館西壁住宅用太陽光発電システム，屋外用集中型パワーコンディショナ

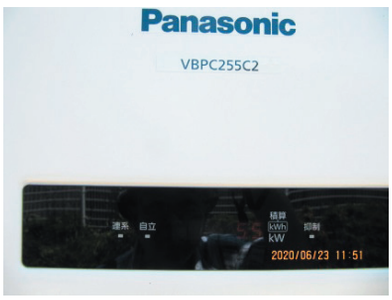


図２　屋外用集中型パワーコンディショナ

図３　コンディショナ稼働目盛り

図４　ポールから外部の電柱へ接続

図５　中継

図６　中継器稼働目盛り稼働

○第109回ジオセミナー＠関　議事録

日時：2020年７月21日（火）

参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次

議題１　話題・コロナとお金持ちの税金に対する考え方，西村敬一研究員

議題２　令和２年７月豪雨について，西村敬一研究員

議題３　コロナ感染流行に対して，日本医師会，経済界（日本商工会議所，日本経済団体連合会，経済同友会），大学人（東大．京大．慶応，早稲田，学長・総長）は何を発言してきたのか：山下栄次研究員

議題４　地球内部の組成，温度，圧力：北岡豪一研究員

○第110回ジオセミナー＠関　議事録

日時：2020年９月１日（火），13時00分から17時00分

参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次

議題１　安倍主相辞任，コロナ感染は自業自得など：西村敬一研究員

議題２　逃げキット．マイ・タイムライン検討ツール：西村敬一研究員

議題３　新型コロナ発生状況：北岡豪一研究員

議題４　災害の記録展と「昭和９年岡山水害誌」：西村敬一・研究員

議題５　災害の記録展・水道法：山下栄次研究員

付録１　災害の記録展チラシ

岡山市立中央図書館所蔵 災害の記録

令和２年 7/16（木）▶8/1（土） 4階展示室
8/7（金）▶8/30（日） 5階展示室
（会場が変わっても展示内容に変更はありません）

昭和9年の水害、石関町から城下交差点へ流れる濁流（小山健二郎山風水害誌掲載写真）

休 館 日｜7月20日（月）、27日（月）、8月2日（日）～6日（木）、11日（火）、17日（月）、24日（月）
開館時間｜午前10時～午後6時（入場は午後5時30分まで）
入 場 料｜一般310円（250円）、大学生・高校生210円（160円）
※中学生以下・65歳以上は無料。（ ）内は20名以上の団体料金
※身体障害者手帳・療育手帳・精神障害者保健福祉手帳の所持者と付添人1名は無料
その他の減免はホームページ等でお知らせします
主　催｜岡山市（岡山シティミュージアム）
※新型コロナウイルス感染拡大に伴い、中止または会期・展覧会内容等を変更する場合がありますのでご了承ください。

東日本大震災、西日本豪雨に続く新型コロナウイルスの感染拡大で、都市のとともに大規模な災害にも見舞われやすくなったことが改めて実感されました。
岡山市立中央図書館には、岡山市へ合併された旧町村に由来する役場文書や、市民から寄贈された古文書が多数収蔵されており、その中には近世以来、岡山を襲った地震、水害、感染症による災害の痕跡なども含まれています。
このたびは、それらをまとめて展示し、被害の状況と、災害を乗り越えるために人々が行った努力も、資料の読み解きを通じて考えます。

岡山シティミュージアム
〒700-0024 岡山市北区駅元町15-1
リットシティビル南棟 4・5階
TEL：086-898-3000
http://www.city.okayama.jp/okayama-city-museum/

付録２　上演会・「豪雨災害の記憶・体験を風化させないために」チラシ

2020年9月21日（月・祝日）

ＮＨＫ岡山放送局　岡山シティミュージアム
共同開催　上映会

「豪雨災害の記憶・体験を風化させないために」

（第96回ミュージアム講座）

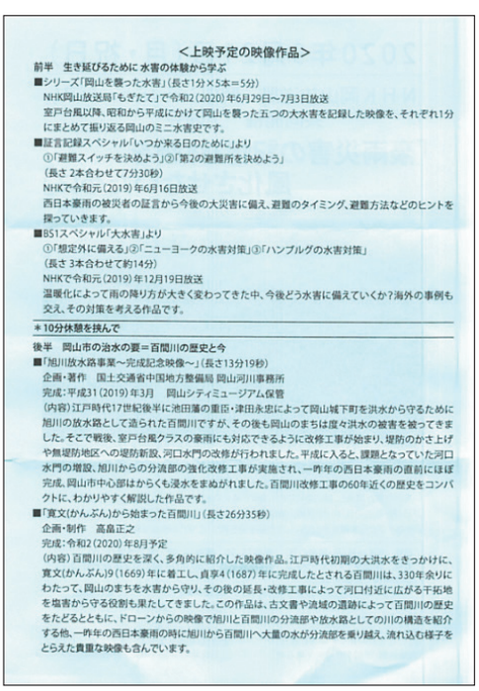
2018年7月7日の旭川一の荒手付近　高畠正之「寛文から始まった百間川」より

一昨年7月の西日本豪雨は私たちの記憶に新しいですが、吉井川、旭川、高梁川という三大河川が流れる岡山の地は、これまで度々豪雨がもたらす大水害を被ってきました。昭和9（1934）年に室戸台風が襲来し、岡山県にこの100年で最大の水害をもたらした日として記憶される9月21日（月・敬老の日）に、NHK岡山放送局と岡山シティミュージアムがそれぞれ保有する映像アーカイブから水害をテーマにした作品を持ち寄り、共同で上映会を開催します。

日時　9月21日（月・敬老の日）　開場13:30　開演14:00　終了予定16:00
会場　岡山シティミュージアム　4階講義室（〒700-0024 岡山市北区駅元町15-1）
参加無料　定員40名
＊電話での申し込みが必要です。9月1日から岡山シティミュージアムで受付開始。

（問い合わせ先）
岡山シティミュージアム
電話：０８６－８９８－３０００
（月曜休館・午前１０時～午後６時）

ＮＨＫ岡山放送局
電話：０８６－２１４－４７１４
（土日祝除く・午前１０時～午後５時）


＜上映予定の映像作品＞

前半　生き延びるために 水害の体験から学ぶ

■シリーズ「岡山を襲った水害」（長さ1分×5本＝5分）
NHK岡山放送局「もぎたて」で令和2（2020）年6月29日～7月3日放送
室戸台風以降、昭和から平成にかけて岡山を襲った五つの大水害を記録した映像を、それぞれ1分にまとめて振り返る岡山のミニ水害史です。

■証言記録スペシャル「いつか来る日のために」より
①「避難スイッチを決めよう」②「第2の避難所を決めよう」
（長さ 2本合わせて7分30秒）
NHKで令和元（2019）年6月16日放送
西日本豪雨の被災者の証言から今後の大災害に備え、避難のタイミング、避難方法などのヒントを探っていきます。

■851スペシャル「大水害」より
①「想定外に備える」②「ニューヨークの水害対策」③「ハンブルグの水害対策」
（長さ 3本合わせて約14分）
NHKで令和元（2019）年12月19日放送
温暖化によって雨の降り方が大きく変わってきた中、今後どう水害に備えていくか？海外の事例も交え、その対策を考える作品です。

＊10分休憩を挟んで

後半　岡山市の治水の要＝百間川の歴史と今

■「旭川放水路事業～完成記念映像～」（長さ13分19秒）
企画・著作　国土交通省中国地方整備局 岡山河川事務所
完成：平成31（2019）年3月　岡山シティミュージアム保管
（内容）江戸時代17世紀後半に池田藩の重臣・津田永忠によって岡山城下町を洪水から守るために旭川の放水路として造られた百間川ですが、その後も岡山のまちは度々洪水の被害を被ってきました。そこで戦後、室戸台風クラスの豪雨にも対応できるように改修工事が始まり、堤防のかさ上げや無堤防地区への堤防新設、河口水門の改修が行われました。平成に入ると、課題となっていた河口水門の増設、旭川からの分流部の強化改修工事が実施され、一昨年の西日本豪雨の直前にほぼ完成。岡山市中心部はかろうも浸水をまぬがれました。百間川改修工事の60年近くの歴史をコンパクトに、わかりやすく解説した作品です。

■「寛文（かんぶん）から始まった百間川」（長さ26分35秒）
企画・制作　高畠正之
完成：令和2（2020）年8月予定
（内容）百間川の歴史を深く、多角的に紹介した映像作品。江戸時代初期の大洪水をきっかけに、寛文（かんぶん）9（1669）年に着工し、貞享4（1687）年に完成したとされる百間川は、330年余りにわたって、岡山のまちを水害から守り、その後の延長・改修工事によって河口付近に広がる干拓地を塩害から守る役割も果たしてきました。この作品は、古文書や流域の遺跡によって百間川の歴史をたどるとともに、ドローンからの映像で旭川と百間川の分流部や放水路としての川の構造を紹介する他、一昨年の西日本豪雨の時に旭川から百間川へ大量の水が分流部を乗り越え、流れ込む様子をとらえた貴重な映像も含んでいます。

○第111回ジオセミナー＠関　議事録

日時：2020年７月12日～９月14日

参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次

議題１　やはり，インド洋ダイポールが関係？：西村敬一研究員

議題２　著作権について：西村敬一研究員

議題３　：岡山市立中央図書館所蔵・災害の記録展：西村敬一・山下栄次研究員.
議題５　定量治水vs非定量治水：西村敬一研究員
議題６　岡山平野ゼロメートル地帯・岡山市のディジタル標高マップ：西村敬一研究員

○第112回ジオセミナー@関　議事録

日時：2020年９月15日（火），13時00分から17時00分
参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次
議題１　マッデン・ジュリアン振動（MJO）：山下栄次研究員
議題２　マイ・タイムラインとご近所タイムライン・液状化による建物被害に備えるための手引き：西村敬一研究員
議題３　国別感染者数の日毎のデータのまとめ：北岡豪一研究員

○第113回ジオセミナー@関　議事録

日時：2020年９月29日（火），13時00分から17時30分
参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次
議題１　避難所に「TBK」を，我慢しない「避難所」：西村敬一研究員
議題２　ESG投資・SDEs・PRF等：西村敬一研究員
議題３　2020年度地球科学概論Ⅱのオンライン教材：西村敬一研究員
議題４　世界の新型コロナウイルスの感染者数と死亡者数の変遷：北岡豪一研究員
議題５　「豪雨災害の記憶」上映会：北岡豪一研究員・山下栄次研究員

○第114回ジオセミナー@関　議事録

日時：2020年９月17日～10月15日
参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次
議題１　メール配信：西村敬一研究員
下記の資料がメールで配信された.

１）岡山市（1935）：昭和九年九月岡山風水害誌．昭和10年４月25日発行，B5，P.61.
２）国土交通省岡山河川事務所（2019）：『百間川小史』（2019年版）．平成31年３月改定７版，A4，P.24.
３）岡山シティミュージアム（2020）：企画展「岡山市立中央図書館所蔵　災害の記録」出品目録．表２葉，古地図２葉．A4，P.4.
４）前野詩朗（2016）：旭川水系の流域の特性と既往の洪水について．旭川水害タイムライン検討会，平成28年２月23日資料．パワーポイントP.44.
５）朝日新聞デジタル，2015/11/7　3：00配信：80年前の洪水テーマにリポート，就実高が優秀賞．A4，P.1.
６）畑野房子，光延英夫（1975）：昭和９年岡山地方大洪水時の最高水位標識の保存について．附1．昭和９年岡山地方水害時の資料．２．旭川洪水の歴史，岡山県就実高等学校刊行，1995/5．B5．P.31.
（1）光延英夫，畑野房子（1976）：昭和９年岡山地方大洪水時の最高水位標識でその後わったもの．（2）光延英夫，畑野房子（1975）：昭和９年岡山地方大洪水時の最高水位標識の保存について.
７）国土交通省岡山河川事務所ホームページ，ホーム＞防災情報＞台風の脅威　今に残る大洪水の記録.
www.cgr.mlit.go.jp/okakawa/bousai/hyousiki/page1.htm
光延先生による，昭和９年の浸水水位標識の調査結果の概要が紹介されている.
８）ヤフーニュース　2020/8/3　８：33配信：熊本豪雨で考える日本のダム．川辺川ダムがあれば被害は防げたのか？ A4．P.1.
９）T. Lecocq et al.(2020)：Global quieting of high-frequency_ seismic noise due to COVID-19 pandemic lockdown measures. Science 369, 1338-1343. 11 September 2020, RESEARCH REPORT. A4, P.6.
10）大橋順（2020）：新型コロナウイルス感染症の流行予測．パワーポイント，P.29.　*所属：東京大学大学院理学系研究科　ヒトゲノム多様性研究室.
11）中村潤児（2020）：新型コロナウイルス感染数推移の予測．2020/04/17　AM８：16　改訂．パワーポイント，P.10.　*所属：筑波大学　物理系

○第115回ジオセミナー@関　議事録

日時：2020年10月27日（火），13時00分から18時10分
参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次，岩井良輔（16：00から参加）
議題１　Society5.0とは：西村敬一研究員
議題２　山極寿一談話，談学術会議問題と民主主義：西村敬一研究員
議題３　岡山市実践的安全教育総合支援事業講演：西村敬一研究員
議題４　山陽新聞切抜６件，日本：山下栄次研究員

付録　参考
・「科学技術・イノベーション基本法」・「第５期科学技術基本計画」とは
１）平成７年11月13日成立した「科学技術基本法」は平成28年１月28日に「科学技術・イノベーション基本法」と改称された．
２）平成７年11月15日に「科学技術基本法」が施行された．科学技術基本法は，今後の我が国の科学技術政策の基本的な枠組みを与えるとともに，我が国が，「科学技術創造立国」を目指して科学技術の振興を強力に推進していく上でのバックボーンとして位置づけられる法律です．
３）「科学技術基本法」により，政府は「科学技術基本計画」（以下基本計画という．）を策定し，長期的視野に立って体系的かつ一貫した科学技術政策を実行することとなっております．これまで，第１期（平成８～12年度），第２期（平成13～17年度），第３期（平成18～22年度），第４期（平成23～27年度）の基本計画を策定し，これらに沿って科学技術政策を推進してきています．そして，平成28年１月22日，平成28～32年度の第５期基本計画が閣議決定されました．
４）第５期基本計画の４本柱の一つに，未来の産業創造と社会変革が位置付けされて，「自ら大きな変化を起こし，大変革時代を先導していくため，非連続なイノベーションを生み出す研究開発を強化し，新しい価値やサービスが次々と創出される「超スマート社会」を世界に先駆けて実現するための一連の取組を更に深化させつつ「Society 5.0」として強力に推進する．」とされた．

○第116回ジオセミナー@関　議事録

日時：2020年11月10日（火），13時00分から17時30分
参加者：赤司治夫，岩井良輔，北岡豪一，西村敬一，山下栄次
議題１　「金属錯体を利用した環境調和型酸化反応触媒の開発」：赤司治夫所長
議題２　フロンティア理工学研究所の運営について：赤司治夫所長
議題３　太陽パネル発電の新技術について：西村敬一研究員
議題４　11月末で夕刊を休刊にします：山下栄次研究員
議題５　科学後退国ニッポン：北岡豪一研究員

付録（写真）：第116回ジオセミナー講演風景

図１　第116回ジオセミナー講演風景１

図２　第116回ジオセミナー風景２

図３　第116回ジオセミナーマスク付き集合写真

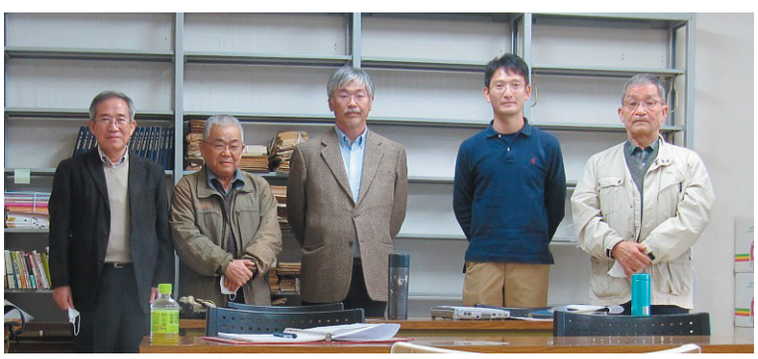


図４　第116回ジオセミナーマスク無し集合写真

○第117回ジオセミナー@関　議事録

日時：2020年11月17日（火），13時00分から18時10分
参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次
議題１　「SDGs経営調査」・総合評価・温暖化ガス削減前年比等：西村敬一研究員
議題２　日本学術会議の活動と運営に関する記者会見のご報告：西村敬一研究員
議題３　ミニ臓器　実力アップ：西村敬一研究員
議題４　科学後進国ニッポン，日本学術会議VS国家：北岡豪一研究員
議題５　SEIRメモ：北岡豪一研究員

○第118回ジオセミナー@関　議事録

日時：2020年11月24日（火），13時00分から18時10分
参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次
　14：00～15：30　國上部長，荒木次長，藤原参与，正木さん
議題１　令和２年度岡山県自主防災リーダー研修会（岡山県主催）：西村敬一研究員
議題２　防災・減災に関する情報２件：西村敬一研究員
議題３　新型コロナウイルス感染，日本の状況（2020/11/17現在，厚労省HP）・世界の状況（2020/11/17現在，出典は資料リストに記載）：北岡豪一研究員

○第119回ジオセミナー@関　議事録

日時：2020年12月１日（火），13時00分から17時10分
参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次
議題１　2020/12/01サハリン西方の深発地震について：西村敬一研究員
議題２　同調圧力について：西村敬一研究員

議題３　岡山弁護士会主催の「ナチ・ドイツの経験にみる緊急事態条項の危険性」と題する憲法講演会のお知らせ：北岡豪一研究員
議題４　「カネのない宇宙人　閉鎖危機に揺れる野辺山観測所」：西村敬一研究員

○第120回ジオセミナー@関　議事録（案）

日時：2020年12月８日（火），13時00分から17時30分
参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次
議題１　「2019-2020　国民の衛生の動向」の紹介：山下栄次研究員
議題２　寿都町・高レベル放射廃棄物場選定：西村敬一研究員
議題３　いちのみや防災講座－この地域の災害とマイ・タイムライン－：西村敬一研究員
議題４　ザ・ベストテレビ2020,「カネのない宇宙人　閉鎖危機に揺れる野辺山観測所」,：西村敬一研究員

○第121回ジオセミナー@関　議事録

日時：2020年12月15日（火），13時00分から17時10分
参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次
議題１　動画：岡山弁護士会主催憲法講演会,「ナチ・ドイツの経験にみる緊急事態条項の危険性」について：北岡豪一研究員・西村敬一研究員
議題２　いちのみや防災講座第２回の報告：西村敬一研究員
議題３　動画：①核のごみは問いかける.「尊重」の先には・・・，②北海道推し！　北海道道「“核のゴミ”に揺れる町　寿都町」：西村敬一研究員

付録写真　　関別館庭の整備状況

整備前　　2020/11/24撮影

前庭東芝生

裏庭中央

整備後　　2020/12/15撮影

○第122回ジオセミナー@関　議事録

日時：2020年12月15日～12月31日

参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次

議題１　動画：RSK-TVで放送，西村敬一研究員へのインタビュー：山下栄次研究員

議題２　動画：関口宏の「もう一度！ _近現代史」―昭和7年，昭和８年，昭和９年―：西村敬一研究員

議題３　録画：ザ・ベストテレビ2020,「おじさん，ありがとう～子供たちへ～熱血和尚の遺言～」,「ボルトとダシャ～マンホールチルドレン20年の軌跡～」,「未成年の性被害（1），性被害（2）回復への道は」,「聖職のゆくえ～働き方改革元年～」：西村敬一研究員

（文責　山下）

学外発表学術論文，学会発表論文，特許および受賞

学術論文及び著書

フロンティア理工学研究所所員

Mitsumi, M., Komatsu, Y., Hashimoto, M., Toriumi, K., Kitagawa, Y., Miyazaki, Y., Akutsu, H., and **Akashi, H.** (2021) “Large-Amplitude Thermal Vibration-Coupled Valence Tautomeric Transition Observed in a Conductive OneDimensional Rhodium-Dioxolene Complex” Chemistry - A European Journal, 27(9), 3074-3084.

Okuda, Y., Imafuku, K., Tsuchida, Y., Seo, T., **Akashi, H.,** and Orita, A. (2020) “Process-Controlled Regiodivergent Copper-Catalyzed Azide-Alkyne Cycloadditions: Tailor-made Syntheses of 4- and 5-Bromotriazoles from Bromo(phosphoryl)ethyne” Organic Letters, 22(13), 5099-5103.

Okuda, Y., Seo, T., Shigezane, Y., Watanabe, H., **Akashi, H.**, Iwanaga, T. and Orita, A. (2019) “Synthesis of Ph2P(O)-stabilized Ynamines via C(sp)-N Bond Formation and Their Dephosphorylative Coppercatalyzed Click Reaction” Chemistry Letters, 48(12), 1484-1487.

Handa, M., Yairi, H., Yano, N., Mitsumi, M., Sakiyama, H., Kitashima, M., Inoue, K., Mitsuhashi, R., Mikuriya, M. and **Akashi, H.** (2019) “Magnetic and electrochemical properties of lantern-type dinuclear Ru(II,III) complexes with axial chloride ions or water molecules” Magnetochemistry, 5(1), 18.

Kairi MURAMATSU, Takehiko SATO, Tomoki NAKAJIMA, Toshikatsu NAGASAWA, **Tatsuyuki NAKATANI** and Shigeru FUJIMURA, Sterilization in liquids by air plasma under intermittent discharge, Mechanical Engineering Journal 7 (1), 19-00431/1 - 19-00431/9, (2020).

Haruna KITAGAWA, Ichiro SHIMIZU, Akira WADA, **Tatsuyuki NAKATANI**, Xinming ZHAO and Takashi TAMURA, Finite Element Study on Influence of Stent Deployment upon Mechanical Response of Coronary Artery, Advanced Experimental Mechanics, Vol.5, pp.128-134, (2020).

Sung-Hwa Hwang, Takamasa Okumura, Kunihiro Kamataki, Naho Itagaki, Kazunori Koga, **Tatsuyuki Nakatani** and Masaharu Shiratani, Low stress diamond-like carbon films containing carbon nanoparticles fabricated by combining rf sputtering and plasma chemical vapor deposition, Japanese Journal of Applied Physics, vol.59 (10), 100906/1 – 10906/4, (2020).

Hwang, Sunghwa; Koga, Kazunori; Hao, Yuan; Attri, Pankaj; Okumura, Takamasa; Kamataki, Kunihiro; Itagaki, Naho; Shiratani, Masaharu; Oh, Jun-Seok; Takabayashi, Susumu; **Nakatani, Tatsuyuki**; Time of Flight Size Control of Carbon Nanoparticles using Ar+CH4 Multi-Hollow Discharge Plasma Chemical Vapor Deposition Method, Processes 2021, 9, 2. https://dx.doi.org/10.3390/pr9010002, (2020).

中谷達行，（共著）：高分子材料のトライボロジー制御，第６章摩擦，摺動材料の開発，評価と製品応用事例　第21節「DLC成膜による医療デバイス表面の低摩擦化，耐摩耗性向上」，技術情報協会，ISBN：978-4-86104-770-0，pp.529-542，2020年

中谷達行，（共著）：「2020年度版ドライコーティング市場の全貌と将来展望」第３章　医療分野におけるDLCコーティングの技術動向，矢野経済研究所，pp.177-188，（2020）

中谷達行，（共著）：撥水・撥油・親水性材料の開発動向（監修：（国研）産業技術総合研究所／穂積篤），第３章材料・表面の化学的効果を利用した撥水・撥油・親水化　第３節「DLC被覆人工血管チューブ内壁の親水化処理技術」，シーエムシー出版，（2021）（印刷中）

中谷達行，特集１「ナノ表面改質技術」DLCの医療応用，月刊トライボロジー，Vol.34（1），pp.20-22，（2020）．

中谷達行，特集「エネルギーと印刷」医療デバイスへのDLC膜形成による生体バリア性の向上，印刷学会誌，第57巻第１号，pp.17-20，（2020）．

中谷達行，特集「高撥水・高親水性材料の開発動向」DLC被覆人工血管チューブ内壁の親水化処理技術，機能材料，Vol.40，No.6，pp.57-63，（2020）．

中谷達行，マテリアルニュース＆トピックス「ダイヤモンドライクカーボン技術を用いた医療材料の生体親和性向上」，MATERIAL STAGE，第20巻第２号 通巻230号，pp.71-73，（2020）．

中谷達行，特集「次世代健康・医療・福祉の科学」医療用材料の生体親和性を高めるダイヤモンドライクカーボン技術，化学工業，Vol.71，No.8，pp.510-517，（2020）．

黒岩雅英，岡野忠之，**中谷達行**，福江紘幸，高機能成膜を実現させるアーク抑制型HiPIMS電源の開発，Sputtering & Plasma Processes，Vol.35，No.1，pp.1-6，(2020)．

中谷達行，逢坂大樹，特集「DLCコーティングの動向」日本医用DLC 研究会の設立と活動概要，Mechanical Surface Tech，No.59，pp.28-30，(2020)．

中谷達行，藤井泰宏，交流高電圧バーストプラズマ CVD法による人工血管内壁への生体適合性DLCコーティング，NEW DIAMOND，第140号Vol.37　No.1，pp.25-30（2021.1）（印刷中）

福江紘幸，小山裕雅，岡野忠之，黒岩雅英，米澤健，**中谷達行**，バイポーラHiPIMS法を用いたDLC成膜におけるプラズマの時空間分解発光分光診断，岡山理科大学紀要 A，自然科学 第56号，(2021.2)（印刷中）

佐藤岳彦，**中谷達行**，宮原高志，大谷清伸，上原聡司，中嶋智樹，水中プラズマによる微細気泡の生成・安定化機構，東北大学流体科学研究所平成30年度共同利用・共同研究拠点「流体科学国際研究教育拠点」活動報告書，pp.253-254，(2020)．

Tatsuyuki Nakatani, Harumichi Takeuchi, Akira Wada, Shuzo Yamashita, Investigation of Anti-Corrosive Performance of a Si-Doped DLC-Coated Magnesium Alloy Stent Deposited by RF-Plasma CVD, Journal of Photopolymer Science and Technology, vol. 32 (3), pp.511-517, (2019).

Ryuta Ichiki, Takahisa Ueno, Seiga Chiba, Seiji Kanazawa, **Tatsuyuki Nakatani**, Development of local evacuation system for inhibiting oxidization in atmospheric-pressure plasma jet nitriding, Results in Physics, 13, 102131 (2019).

Takehiko Sato, Ryo Kumagai, Takashi Miyahara, Masanobu Oizumi, **Tatsuyuki Nakatani**, Shiroh Ochiai, Takamichi Miyazaki, Hidemasa Fujita, Seiji Kanazawa, Kiyonobu Ohtani, Atsuki Komiya, Toshiro Kaneko, Tomoki Nakajima, Marc Tinguely and Mohamed Farhat, Formation of fine bubbles by plasma in water, International Journal of Plasma Environmental Science & Technology, Vol.12, No.2, pp.44-48, (2019).

中谷達行，今井裕一，國次真輔，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，岡山理科大学フロンティア理工学研究所研究報告，1，pp.3-6（2019）．

中谷達行，（共著）：無機／有機材料の表面処理・改質による生体適合性付与，第Ⅱ編金属第４章「医療機器へのDLCコーティングによる生体適合性付与」，シーエムシー出版，pp.101-110，2019年

ムハンマド アミヌル ヘルミ，國次真輔，**中谷達行**，清水一郎，平井広治，橋本輝夫，陰極真空アーク法により成膜した水素化テトラヘドラルアモルファスカーボンのトライボロジー特性，岡山理科大学紀要 A，自然科学 第54号，pp.43-49，(2019)．

福江紘幸，岡野忠之，黒岩雅英，クルモフ バレリー，**中谷達行**，反応性大電力パルススパッタリングにおけるDLC成膜の放電特性，岡山理科大学紀要 A，自然科学 第54号，pp.37-41，(2019)．

中谷達行，特集「表面改質の機械的特性評価」軟質材料に成膜した硬質皮膜の硬さ評価方法，Mechanical Surface Tech，No.51，pp.28-30，(2019)．

佐藤岳彦，上原聡司，熊谷諒，宮原高志，大泉雅伸，**中谷達行**，落合史朗，宮崎孝道，藤田英理，金澤誠司，大谷清伸，小宮敦樹，金子俊郎，中嶋智樹，ティンガリー マーク，ファーラット モハメッド，プラズマファインバブルの生成と計測，混相流（日本混相流学会誌），Vol.33 No.4，pp.382-389，(2019)．

佐藤岳彦，**中谷達行**，宮原高志，大谷清伸，中嶋智樹，プラズマ流による気泡生成機構に関する研究，東北大学流体科学研究所平成29年度共同利用・共同研究拠点「流体科学国際研究教育拠点」活動報告書，pp.79-80，(2019)．」

Miki, M., Seki, H., Yamamoto, Y., Gouzu, C., **Hyodo, H**., Uno, K., and Otofuji, Y. (2020) Paleomagnetism, paleointensity and geochronology of a Proterozoic dolerite dyke from southern West Greenland. Journal of Geodynamics 139 101752. doi.org/10.1016/j.jog.2020.101752.

Imayama, T., Oh, C. –W., Jeon, J., and Yi, K. (in press). Neoproterozoic and middle Paleozoic geological events in the eastern Wolhyeonri complex of the southwestern Gyeonggi Massif, South Korea, and their tectonic correlations in northeastern Asia. *Lithos*, 105923, doi.org/10.1016/j.lithos.2020.105923.

Imayama, T., Ueda, H., Usuki, T., Minami, M., Asahara, Y., and Nagahashi, T. (2020). Variability of protoliths and pressure-temperature conditions of amphibolites from the Ohmachi Seamount (Izu-Bonin-Mariana arc): Evidence of a fossil subduction channel in modern intra-oceanic arcs. *Mineralogy and Petrology*, 114, 305-318.

Imayama, T., Uehara, S., Sakai, H., Yagi, K., Ikawa, C., and Yi, K. (2020). The absence of high-pressure metamorphism in

the inverted Barrovian metamorphic sequences of the Arun area, eastern Nepal and its tectonic implication. *International Journal of Earth Sciences*, 109, 465-488.

今山武志・Dutta，D.（2019）北西インドラダック地域における超高圧Tso Morari変成岩体の地質調査報告．フロンティア理工学研究所研究報告，1，59-52.

Imayama, T., Koh, Y., **Aoki, K.**, **Saneyoshi, M.**, Yagi, K., Aoki, S., Terada, T., Sawada, Y., Ikawa, C., **Ishigaki, S.**, **Toyoda, S.**, Tsogtbaatar, Kh, and Mainbayar, B. (2019) Late Permian to Early Triassic back-arc type volcanism in the southern Mongolia volcano-plutonic belt of the Central Asian Orogenic Belt: Implication for timing of the final closure of the Palaeo-Asian Ocean, Journal of Geodynamics, 131, doi:10.1016/j.jog.2019.101650.

Imayama, T., Arita, K., Fukuyama, M., Yi, K., and R. Kawabata (2019) 1.74 Ga crustal melting after rifting at the northern Indian margin: investigation of mylonitic orthogneisses in the Kathmandu area, central Nepal. *International Geology Review*, 61, 1207-1221, https://doi.org/10.1080/00206814.2018.1504329.

Imayama, T., Takeshita, T., Yi, K. and Fukuyama, M. (2019) Early Oligocene partial melting via biotite dehydration melting and prolonged low P/T metamorphism of the upper High Himalaya Crystalline Sequences in far-eastern Nepal. *Geological Society of London, Special paper*, 481,147-173, doi：10.1144/SP481.2.

S. Maki, S. Kuroda, S. Fujiwara, S. Tanaka, E. Erzalia, M. Kato, K. Higo, T. Arata, T. Nakagaki, Thermal conductivity and thermal diffusivity of slime mold (Physarum polycephalum), Biomedical Journal of Scientific and Technical Research, vol. 31(3), pp.24140-24145 (October 2020).

Y. Hatsuda, T. Ishizaka, N. Koizumi, Y. Yasui, T. Saito, S. Omotani, **S. Maki**, H. Teramachi, M. Myotoku, Monitoring antimicrobial cross-resistance with cross-resistance rate correlation diagrams: Changes in antibiotic susceptibility of Pseudomonas aeruginosa due to hospital relocation. Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics, DOI: 10.1111/jcpt.13296, (September 2020).

S. Maki, S. Fujiwara, S. Tanaka, E. Erzalia, M. Kato, K. Higo, Y. Isaka, R. Maekawa, M. Hagiwara, T. Arata, Temperature dependence and anisotropic effects in the thermal properties of hen egg-white lysozyme crystals, Symmerry vol. 12(8) 1279 (13 pages), (September, 2020).

Y. Hatsuda, T. Ishizaka, N. Koizumi, Y. Yasui, T. Saito, **S. Maki**, S. Omotani, J. Mukai, T. Tachi, H. Teramachi, M. Myotoku, Influence of analysis conditions for antimicrobial susceptibility test data on susceptibility rates, PLOS ONE, vol.15(6), e0235059 (16 pages) (June, 2020).

H. Itoh, R.S. Wang, **S. Maki**, Q. Niu, H. Shang, Y. Su, Z. Weng, H. Saito, N. Miura, M. Takahashi, Effects of work schedule and period of exposure on changes in urinary chromium and nickel excretion among rotating shift workers in a stainless steel plant, Chronobiology International, vol. 36(10), pp.1439-1446, (August, 2019).

Y. Hatsuda, **S. Maki**, Y. Ishimaki, K. Nagai, S. Omotani, J. Mukai, M. Taniguchi, and M. Myotoku, Development of a new correlation diagram to visualize the trends of antimicrobial cross-resistance, International Journal of Biomedical Soft Computing and Human Sciences, vol. 24(1), pp.39-48(June, 2019).

Narumi Y, **Iwai R**, Takagi M.: Recovery of human mesenchymal stem cells grown on novel microcarrier coated with thermoresponsive polymer., J Artif Organs 23(4):358-364(2020).

Iimori Y, **Iwai R**, Nagatani K, Inoue Y, Funayama-Iwai M, Okamoto M, Nakata M, Mie K, Nishida H, Nakayama Y, Akiyoshi H.: Urinary bladder reconstruction using autologous collagenous connective tissue membrane “Biosheet®” induced by in-body tissue architecture: A pilot study., Regen Ther. 15:274-280(2020).

Umeda S, Nakayama Y, Terazawa T, **Iwai R**, Hiwatashi S, Nakahata K, Takama Y, Okuyama H: Long-term outcomes of patch tracheoplasty using collagenous tissue membranes (biosheets) produced by in-body tissue architecture in a beagle model., Surgery today 49(11)958-964(2019).

Fu B, Yamada K, Fujiwara M, **Iwai R**, Takagi M: Protocol of mesenchymal stem cell inoculation to nonwoven fabric scaffold., Cytotechnology 71(3)743-750(2019).

草加直幸，信政郁弥，滝澤昇，**岩井良輔**，接着細胞の自己凝集化誘導技術を用いたスフェロイド作製行程における凍結保存の可能性，フロンティア理工学研究所研究報告，第１号，pp.37-41（2019）.

岩井良輔，「組織づくり古今東西―さまざまなかたちと進む道―」，生物工学　第97巻第１号，pp.27（2019）.

太田風輝，森脇健司，**岩井良輔**，接着細胞の自己凝集化技術を用いたスキャホールドフリー骨格筋線維構造体の自動作製，日本機械学会 第32回バイオエンジニアリング講演会講演論文集，107，1G22（2019）.

森脇健司，高野祐哉，藤崎和弘，笹川和彦，太田風輝，**岩井良輔**，接着力分布が計測できるフィルムセンサの開発：培養細胞の力モニタリングを目指して，日本機械学会 第32回バイオエンジニアリング講演会講演論文集，107，1G32（2019）.

客員研究員

金枝敏明，機械加工における雰囲気が加工現象に及ぼす影響（第１報）―切削における塗布効果，機械の研究，*in press*.

北岡豪一，地中温度に記録保存されている過去の気温変動，フロンティア理工学研究所研究報告，第１号，pp.71-77（2019）.

北岡豪一，「図説　日本の温泉―170温泉のサイエンス―」（分担執筆），p.132-134，p.138-143．p.146，一般社団法人　日本温泉科学会監修，朝倉書店，2020年３月１日.

So Shimooka, Tetsuya Akagi, **Shujiro Dohta**, Shinsaku Fujimoto, and Wataru Kobayashi, Development of Intelligent Rubber Artificial Muscle with Integrated Pneumatic Driving System and Built-in Inner Diameter Sensor, International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research, Vol. 9, No.1, pp.136-142, (2020)

Hideyuki Obayashi, Tetsuya Akagi, **Shujiro Dohta**, Wataru Kobayashi, Yasuko Matsui, So Shimooka, Takashi Shinohara, and Mohd Aliff, Development of Portable Rehabilitation Device Driven by Low-Cost Servo Valve Using Tap Water, International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research, Vol.9, No.3, pp.353-359, (2020)

Koutaro Hayashi, Tetsuya Akagi, **Shujiro Dohta**, Wataru Kobayashi, Takashi Shinohara, Keichi Kusunose，and Mohd Aliff, Improvement of Pipe Holding Mechanism and Inchworm Type Flexible Pipe Inspection Robot, International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research, Vol.9, No.6, pp.894-899, (2020)

Wei-Hang Tian, Cian-Cheng Jhan, Misaki Inokuma, Tetsuya Akagi, **Shujiro Dohta**, and So Shimooka，Development of a Tetrahedral-Shaped Soft Robot Arm as a Wrist Rehabilitation Device Using Extension Type Flexible Pneumatic Actuators, Journal of Robotics and Mechatronics Vol.32 No.5, pp.931-938, (2020)

So Shimookae, Yusuke Hane, Tetsuya Akagi, **Shujiro Dohta**, Wataru Kobayashi, Takashi Shinohara, and Yasuko Matsui, Development and Attitude Control of Washable Portable Rehabilitation Device for Wrist without Position Sensor, JFPS International Journal of Fluid Power System, Vol.13, No.3, pp.25-34, (2020)

Keichi Kusunose, Tetsuya Akagi, **Shujiro Dohta**, Wataru Kobayashi, and Kengo Nakagawa, Development of Pipe Holding Mechanism and Bending Unit Using Extension Type Flexible Actuator for Flexible Pipe Inspection Robot, International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research, Vol.8, No.1, pp.129-134, (2019)

Ryota Inoue, Tetsuya Akagi, **Shujiro Dohta**, Wataru Kobayashi, Yuya Eguchi, Nobuhiro Fukukawa, and Takashi Shinohara, Development of Simple Rehabilitation Device Using Flexible Linear Stepping Actuators, International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research, Vol.8, No.2, pp.316-322, (2019)

Nobuhiro Fukukawa, Tetsuya Akagi, **Shujiro Dohta**, Wataru Kobayashi and Yuya Eguchi, Improvement of Pneumatic Chuck in Flexible Linear Stepping Actuator with Backdrivability, International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research, Vol.8, No.3, pp.437-442, (2019)

Wataru Kobayashi, **Shujiro Dohta**, Tetsuya Akagi, Yusuke Miyamoto and Naoki Kato, and Kazuhisa Ito, Displacement Control of Flexible Pneumatic Cylinder Using Disturbance Observer and Smith Compensator, International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research, Vol.8, No.4, pp.594-599, (2019)

So Shimooka, Tetsuya Akagi, **Shujiro Dohta**, Wataru Kobayashi, Takashi Shinohara, Improvement of Home Portable Rehabilitation Device for Upper-Limbs, JFPS International Journal of Fluid Power System, Vol.12, Issue 1, pp.10-18, (2019)

So Shimooka, Tetsuya Akagi, **Shujiro Dohta**, Wataru kobayashi and Takashi Shinohara, Flexible Displacement Sensors Using Ultrasonic Sensor for Soft Actuator with Long Stroke, International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research, Vol.8, No.6, pp.982-986, (2019)

西村敬一，地下構造からみた岡山平野の成り立ちと地震災害，岡山の自然と文化，第38号，pp.73-122（2019）.

西村敬一，重力データから推定した岡山平野周辺の山体密度の地学的意味，岡山理科大学フロンティア理工学研究所 研究報告，第１号，pp.59-64（2019）.

山下栄次，ジオセミナー@関活動記録―2019年１月～12月―，岡山理科大学フロンティア理工学研究所研究報告，No.1，p.90-97，2020.

山下栄次，瀬戸内海・四国南岸・九州周辺における大気中二酸化炭素（PCO_2）と海水中二酸化炭素（pCO_2）の測定．岡山理科大学技術科学研究所年報，No.37，p.14-29，2019.

山下栄次，ジオセミナー@関活動記録―2018年１月～12月―，岡山理科大学技術科学研究所年報，No.37，p.97-125，2019.

兼務研究員

Izu Y, Adams SM, Connizzo BK, Beason DP, Soslowsky LJ, Koch M, Birk DB. Collagen XII mediated cellular and extracellular mechanisms regulate establishment of tendon structure and function. Matrix Biol. 2020 *in press*

伊豆弥生（単著）：腱細胞の細胞間コミュニケーションVI型・XII型コラーゲンによる制御，腱・靭帯のフロンティア，整形・災害外科，2020；63（7）：945-950

K. Fujise, T. Saibara, **T. Iwanaga**, E. Tsurumaki, S. Toyota, Box-shaped cyclic oligoarenes: Synthesis and Structure of Anthracene-1,8-diyl Cyclic Tetramers, Chemistry Letters, vol. 48(2), pp.166-169, (2019).

J. Nebauer, T. Ishikawa, S. Toyota, R. R. Tykwinski, **T. Iwanaga**, Construction of Anthracene Bisimide-based Donor–Acceptor–Donor Arrays with 6,13-Diethynylpentacenes and 9,10-Diethynylanthracenes as Extended π-Conjugated Systems, Chemistry Letters, vol. 49(7), pp.781-784, (2020).

T. Iwanaga, N. Asano, H. Yamada, S. Toyota, Synthesis and Photophysical Properties of Dinaphto[2,3-*b*:2',3'-*i*]dihydrophenazine Derivatives, Tetrahedron Letters, vol. 60(16), pp.1113-1116, (2019).

S. Toyota, K. Kawahata, K. Sugahara, T. Oki, **T. Iwanaga**, New Quadruple and Sextuple Triptycene Gears in Macrocyclic Frameworks, Asian Journal of Organic Chemistry, vol. 8(10), pp.1919-1923, (2019).

Masumi Eto, Shuichi Katsuki, Yoshinori Tanaka, Kosuke Takeya, Kinase Activity-tagged Western Blotting Assay, Biotechniques, vol. 68(4), pp.211-213, (2020).

Zhifang Hu, Lifen Peng, Renhua Qiu, **Akihiro Orita**, Recent Progress of Protecting Groups for Terminal Alkynes, Chinese Journal of Organic Chemistry, 40(10), pp.3112-3119 (2020).

Yasuhiro Okuda, Kazuto Imafuku, Yoshiyuki Tsuchida, Tomoyo Seo, Haruo Akashi, and **Akihiro Orita**, Process-Controlled Regiodivergent Copper-Catalyzed Azide-Alkyne Cycloadditions: Tailor-made Syntheses of 4-and 5-Bromotriazoles from Bromo (phosphoryl) ethyne, Organic Letters, 22(13), pp.5099-5103 (2020).

Hikaru Watanabe, Mai Takemoto, Kazumasa Adachi, **Yasuhiro Okuda**, Aki Dakegata, Takahide Fukuyama, Ilhyong Ryu, Kan Wakamatsu, **Akihiro Orita**, Syntheses of Diarylethenes by Perylene-catalyzed Photodesulfonylation from Ethenyl Sulfones, Chemistry Letters, 49, pp.409-412 (2020).

Yasuhiro Okuda, Tomoyo Seo, Yuki Shigezane, Hikaru Watanabe, Haruo Akashi, Tetsuo Iwanaga, **Akihiro Orita**, Synthesis of Ph2P(O)-stabilized Ynamines via C(sp)-N Bond Formation and Their Dephosphorylative Copper-catalyzed Click Reaction, Chemistry Letters, 48, pp.1484-1487 (2019).

Kewei Sun, Ondřej Krejči, Adam S. Foster, **Yasuhiro Okuda**, **Akihiro Orita**, and Shigeki Kawai, Synthesis of Regioisomeric Graphene Nanoribbon Junctions via Heteroprecursors, The Journal of Physical Chemistry C, 123, pp.17632-17638 (2019).

Tomoyuki Tajima, Rai Sanda, Katsuya Nishihara, Hitoshi Shirai, **Yasuhiro Okuda**, **Akihiro Orita**, Yutaka Takaguchi, Disproportionation-induced solid-state fluorescence in 6, 13-dihydropentacenes, RSC Advances, 9, pp.17035-17039 (2019).

Matsumura T, Ohta Y, Taguchi A, Hiroshige S, Kajimura Y, Fukuda N, Yamamoto K, Nakabayashi H, Fujimoto R, Yanai A, Shinoda K, Watanabe K, Mizukami Y, **Kanki K**, Shiota G, Tanizawa Y, Liver-specific dysregulation of clock-controlled output signal impairs energy metabolism in liver and muscle. Biochem Biophys Res Commun. vol. 534, pp.415-421, (2021). Epub 2020 Nov 27.

Kanki K, Watanabe R, Nguyen Thai L, Zhao CH, Naito K, HDAC9 Is Preferentially Expressed in Dedifferentiated Hepatocellular Carcinoma Cells and Is Involved in an Anchorage-Independent Growth. Cancers (Basel), vol. 12(10), pp.2734, (2020).

Naito K, **Kanki K**, Glycolytic inhibition by resveratrol prevents myoblast cell death caused by glucose deprivation and hypoxia; a possible application to the three-dimensional tissue construction. J Biosci Bioeng. vol. 131(1), pp.90-97, (2021). Epub 2020 Sep 16.

Harada K, Ohashi R, Naito K, **Kanki K**, Hedgehog Signal Inhibitor GANT61 Inhibits the Malignant Behavior of Undiffer-

entiated Hepatocellular Carcinoma Cells by Targeting Non-Canonical GLI Signaling. Int J Mol Sci. vol. 21(9), pp.3126, (2020).

趙　薪茗，**清水一郎**，後　公大，和田　晃，北川陽菜，中井賢治，AZ31マグネシウム合金薄肉円管における変形双晶を援用した局所力学的性質制御の試み，実験力学，20巻２号，pp.131-138，（2020）.

Haruna Kitagawa, **Ichiro Shimizu**, Akira Wada, **Tatsuyuki Nakatani**, Xinming Zhao and Takashi Tamura, Finite Element Study on Influence of Stent Deployment upon Mechanical Response of Coronary Artery, Advanced Experimental Mechanics, Vol. 5, pp.128-134. (2020).

ムハンマド アミヌル ヘルミ，國次真輔（岡山県工業技術センター），中谷達行，**清水一郎**，岡野忠之，黒岩雅英，応力解析を活用した平板瓦の高強度化の検討岡山理科大学紀要，Vol.37（2019），pp.43～49.

江木俊雄，中島剛，吉岡尚志，芝尾敬司，松田好史，**清水一郎**，振動摩擦摩耗試験（SRV）によるta-C：H膜の低摩擦現象に及ぼす摺動速度の依存性島根県産業技術センター研究報告，Vol.55（2019），pp.39～42.

Brown, C., Herridge-Berry, S., **Chiba, K.**, Vitkus, A. R., and Eberth, D. A. (2020) High-resolution (cm-scale) GPS/GIS-based 3D mapping and spatial analysis of in-situ fossils in two horned-dinosaur bonebeds in the Dinosaur Park Formation (Upper Cretaceous) at Dinosaur Provincial Park, Alberta, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, cjes–2019–0183.

Ekhtiari, S., **Chiba, K.**, Popovic, S., Crowther, R., Wohl, G., Wong, A. K. O., Tanke, D. H., Dufault, D. M., Geen, O. D., Parasu, N., Crowther, M. A., and Evans, D. C. (2020) First case of osteosarcoma in a dinosaur: a multimodal diagnosis. *The Lancet Oncology*, *21*(8), 1021-1022. http://doi.org/10.1016/S1470-2045(20)30171-6

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. and **Chiba, K**. (2020) 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*, 1-5.

Wosik, M., **Chiba, K.**, Therrien, F., and Evans, D. C. (2020) Testing size–frequency distributions as a method of ontogenetic aging: a life-history assessment of hadrosaurid dinosaurs from the Dinosaur Park Formation of Alberta, Canada, with implications for hadrosaurid paleoecology. *Paleobiology*, *46*(3), 379-404. http://doi.org/10.1017/pab.2020.2

Tykoski, R. S., Fiorillo, A. R., and **Chiba, K.** 2019. New data and diagnosis for the Arctic ceratopsid dinosaur Pachyrhinosaurus perotorum. Journal of Systematic Palaeontology 33, 1-20.

Kobayashi, Y., Nishimura, T., Takasaki, R., **Chiba, K.**, Fiorillo, A.R., Tanaka, K., Chinzorig, T., Sato, T., and Sakurai, K. 2019. A new crested hadrosaurine (Dinosauria: Hadrosauridae) from the marine deposits of the Late Cretaceous Hakobuchi Formation, Yezo Group, in Japan. Scientific Reports, 9:12389.

Karin Takahashi, Makoto Matsubayashi, Yukio Ohashi, **Jun Naohara**, Itsuo Urakami, Kazumi Sasai, YasutoshiKido, Akira Kaneko and Isao Teramoto, Efficacy of ultraviolet light-emitting diodes (UV-LED) at four different peak wavelengths against Cryptosporidium parvum oocysts by inactivation assay using immunodeficient mice, Parasitology International, Volume 77, 102108, August 2020.

猶原 順，徳本 翼，低圧水銀ランプに代わるエキシマランプによる着色溶液の脱色，岡山理科大学紀要 2020 *in press*.

猶原 順，ヂャオ 小葉，中国，ミャンマーと日本の飲用水中元素濃度，岡山理科大学紀要（55A，61-68）2019.

猶原 順，糸井真司，高周波誘導結合プラズマ質量分析計による年齢，性，長さ別の毛髪中の元素分析，岡山理科大学紀要（54A，67-75）2019.

猶原 順，陸　鑫藝，飲用水中エンドトキシン濃度測定による原水の汚染度合いの評価，岡山理科大学技術科学研究所年報（37，36-44）2019.

Zhenxian Zhang, **Hiroki Hamada**, and Phillip M. Gerk, CELECTIVITY OF DIETARY PHENOLICS FOR INHIBITION OF HUMAN MONOAMINE OXIDASES A AND B., Biomed Research International, in press (2019) Article ID 8361858

Noriyuki Uchida, Masayashi Yanagi, **Hiroki Hamada**, Size-tunable Paclitaxel Nanoparticles Stabilized by Anionic Phospholipids for Transdermal Delivery Applications., Natural Product Communications, in press (2019).

Hiroki Hamada, Takahiro Nakayama, Kei Shimoda, Kohji Ishihara, Effects of Curcumin on Anxiety-like Behaviors of Mice Subjected to the Open Field Test., Natural Product Communications, in press (2019).

Kei Shimoda, Naoji Kubota, Daisuke Uesugi, Yuya fujitaka, Shouta Doi, **Hiroki Hamada**, Atsuhito Kubota, Yuya Kiriake, Takafumi Iwaki, Tomohiro Saikawa, Shin-ichi Ozaki, Synthesis of Glycosides of Resveratrol, Pinostilbene, and Piceatannol by Bioconversion with Phytolacca America na., Natural Product Communications, 1-3 (August, 2019). DOI:10.1177/1934578X19868396

Yuya Fujitaka, **Hiroki Hamada**, Daisuke Uesugi, Atsuhito Kuboki, Kei Shimoda, Takafumi Iwaki, Yuya Kiriake, Tomohiro Saikawa, Synthesis of Daidzein Glycosides, α-Tocopherol Glycosides, Hesperetin Glycosides by Bioconversion and Their Potemtial for Anti-Allergic Functional-Foods and Cosmetics., Molecules, 24(16), 1-11(2019).

Kei Shimoda, Naoji Kubota, Yuya Fujitaka, **Hiroki Hamada**, Manami Inoue, Hatsuyuki Hamada, Masayoshi Yanagi, Tatsuya Onishi, Production of Tetrahydrocurcumin From Curcumin by Cultured Plant Cells and Inhibitoty Effects of Curcuminoids on NF-κB Activity., Natural Product Communications, 14(9), 1-3(2019). DOI: 10.1177/1934578X19878920

Masayoshi Yanagi, Noriyuki Uchida, **Hiroki Hamada**, Versatile Synthetic Route for Resveratrol Modification via Amine Functionalization., Natural Product Communications, 14(9), 1-3(2019). DOI:10.1177/1934578X19876210

Kohji Ishihara, Natsumi Adachi, Takumu Mishima, Chiharu Huboki, Ayaka Shuto, Kazuya Okayamo, Manami Inoue, **Hiroki Hamada**, Daisuke Uesugi, Noriyoshi Masuoka, Nobuyoshi Nakajima, Microbial Production of Chiral Hydroxy Esters nad Their Analogs: Biocatalytic Reduction of Carbonyl Compounds by Actinobacteria, Agromyces and Gordonia Strains., Advances in Enzyme Research, 7, 15-25(2019).

Yuya Fujitaka, **Hiroki Hamada**, Hatsuyuki Hamada, Noriyoshi Masuoka, Kei Shimoda, Synthesis of ester-linked Docetaxel-glycoside Conjugate and Its Drug Delivery System using Hybrid-bio-nanocapsules Targeted with Trastuzumab and Cetuximab., Natural Product Communications, 14(6), 1-3(2019).

Nagaoka Kenjiro, Ogino Keiki, Ogino Noriyoshi, Ito Tatsuo, Tkamoto Kei, Ogino Shihona, Seki Yuka, **Hamada Hiroki**, Fujikura Yoshihisa, Human albumin augmented airway inflammation induced by PM2.5 in NC/Nga mice., ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY, 34(7), 836-843(2019).

K.Ishihara, K.Morita, Y.nishimori, S. Okamoto, T. Hiramatsu, A. Ohkawa, D. Uesugi, M. yanagi, **H. Hamada**, N. Masuoka and N. Nakajima, Biocatalytic Reduction of Carbonyl Compounds by Actinobacteria from Two Genera of the Micromonosporaceas Family: Actinoplanes and Dactylosporangium., International Journal of Molecular Sciences Microbiology and Applied Sciences, 8(4)920-931(2019).

Kei Shimoda, Naoji Kubota, Yuya Fujitaka, Shouta Doi, Kohji Ishihara, Hatsuyuki Hamada and **Hiroki Hamada**, Glycosylation of Piceid and Resveratroloside by Phytolacca americana glucosyltransferase expressed in Escherichia coli., Natural Product Communications, 14(7), 1-2(2019).

矢城陽一朗，木村崇知，亀澤　誠，「タンパク質の機能解明に向けた全電子量子化学計算　―甘味タンパク質の電子状態と甘味度の関係―」，オレオサイエンス，19（8），315-322（2019）．招待論文

学会発表

フロンティア理工学研究所所員

釘田文陽・矢入永基・御厨正博・**赤司治夫**・半田真：軸位にハロゲン化物イオンおよびDMFが配位したランタン型ルテニウム（II，III）２核錯体．2020年度日本化学会中国四国支部大会，島根大学，2020年11月28日．

浦田友寛・杉森保・**赤司治夫**・白鳥英雄・半田真：ポリエーテル鎖を８個導入した両親媒性フタロシアニン錯体の合成と性質．2020年度日本化学会中国四国支部大会，島根大学，2020年11月28日．

浦田友寛・杉森保・**赤司治夫**・白鳥英雄・半田真：環周辺に種々の機能性置換基を導入したフタロシアニン錯体の合成．日本分析化学会有機微量分析研究懇談会第37回合同シンポジウム，島根市民会館，2020年６月12日．

Akashi, H. (Invited): Epoxidation of olefins with titanium complex of fluorochlorin as catalyst, XXVII. International Conference on Coordination and Bioinorganic Chemistry, Smolenice (Slovakia), June 2 –June 7, 2019

Fujii, N. and **Akashi, H.**: Synthesis and characterization of silver(II) complexes of fluoroporphyrin and fluorochrlorin derivatives, The 26th International SPACC Symposium, The University of Glasgow, Glasgow, Scotland, UK, December 12-14, 2019.

Ikeda, H., Yamane, S. and **Akashi, H.**: Synthesis and properties of sulfur-bridged cubane-type clusters of [Mo3CuClS4(Tpms)3] n+ (n = 0, 1, 2), The 26th International SPACC Symposium, The University of Glasgow, Glasgow, Scotland, UK, December 12-14, 2019.

池田 光希・**赤司 治夫**：トリスピラゾリルメタンスルホネートを配位子とするキュバン型骨格をもつ硫黄架橋Mo-Cu錯体の合成と電子状態．2019年度先端錯体工学研究会（SPACC）年会，岡山理科大学，2019年８月９日．

Yuichi Imai1, Shinsuke Kunitsugu, Yasuhiro Fujii, Takashi Goyama, Daiki Ousaka, Susumu Oozawa, **Tatsuyuki Nakatani**, Development of DLC Deposition Method for a Lumen of Small-diameter Long-sized Tube and the Evaluation of Biocompatibility in vivo, 7th Korea-Japan Joint Symposium on Advanced Solar Cells 2020 / 4th International Symposium on Energy Research and Application, Sungkyunkwan University, Suwon, Korea, January 9 -12, 2020.

Muhammad Aminurul Helmy, Shinsuke Kunitsugu, **Tatsuyuki Nakatani**, Surface Contact Condition Factor towards Tribological Behavior of ta-C:H Film Deposited by Cathodic Vacuum Arc Plasma, 12th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials / 13th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2020/IC-PLANTS2020), 10P2-16, March 8-11, Nagoya University (Higashiyama Campus), Nagoya, Japan, (2020).

Yuichi Imai, Kazuhiro Kanda, Yasuhiro Fujii, Susumu Ouzawa, Daiki Ousaka, **Tatsuyuki, Nakatani**, NEXAFS evaluation for the lumen of DLC coated small diameter long-sized medical objective tube by using AC high-voltage burst plasma CVD method, 12th International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials / 13th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2020/IC-PLANTS2020), 10P2-52, March 8-11, Nagoya University (Higashiyama Campus), Nagoya, Japan, (2020).

福江紘幸，**中谷達行**，黒岩雅英，岡野忠之，國次真輔，太田裕己，米沢健，大電力パルススパッタリング（HiPIMS）法を用いたインプラント用DLC成膜における放電プラズマが薄膜物性に与える影響，日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部第47回若手フォーラム，講演番号2nd. Session No.12，岡山ピュアリティまきび，2020年２月15日（土）

ムハンマド アミヌル ヘルミ，**中谷達行**，國次真輔，清水一郎，水素化テトラヘドラルアモルファスカーボンを被覆したSUS304の線接触摩擦摩耗特性，日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部第47回若手フォーラム，講演番号1st. Session No.12，岡山ピュアリティまきび，2020年２月15日（土）

北川陽菜，清水一郎，和田晃，**中谷達行**，趙薪茗，ステント断面形状が冠動脈拡張後の内径および応力分布に及ぼす影響の有限要素法解析，日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部第47回若手フォーラム，講演番号1st. Session No.8，岡山ピュアリティまきび，2020年２月15日（土）

大田原光希，**中谷達行**，ムハンマド アミヌル ヘルミ，和田晃，清水一郎，Si-DLC被覆による生体吸収性ステント用AZ31Mg合金の溶出速度制御，日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部第47回若手フォー

ラム，講演番号1st. Session No.9，岡山ピュアリティまきび，2020年２月15日（土）

田村昂，清水一郎，和田晃，**中谷達行**，北川陽菜，趙薪茗，有限要素法解析によるステント用マーカーのプレス接合法に関する検討，日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部第47回若手フォーラム，講演番号2nd. Session No.9，岡山ピュアリティまきび，2020年２月15日（土）

福江紘幸，岡野忠之，黒岩雅英，國次真輔，太田裕己，米澤健，**中谷達行**，バイポーラHiPIMS法を用いたDLC膜の光学特性，表面技術協会第141回講演大会，首都大学東京 南大沢キャンパス，講演番号P-20，p.27，2020年３月３日（火）～４日（水）

ムハンマド アミヌル ヘルミ，國次真輔，**中谷達行**，CVA法で成膜した極低摩擦現象を発現するta-C:H膜による トライボロジー特性；面接触による検討，表面技術協会第141回講演大会，講演番号P-64，p.83，首都大学東京 南大沢キャンパス，2020年３月３日（火）～４日（水）

今井裕一，**中谷達行**，大澤晋，藤井泰宏，逢坂大樹，和田里章悟，國次真輔，医療用小径長尺チューブ内壁への生体適合DLC成膜法の開発，表面技術協会第141回講演大会，首都大学東京 南大沢キャンパス，講演番号03B-23，p.137，2020年３月３日（火）～４日（水）

中谷達行，環境対応自動車に適用が進むDLCは患者QOL向上による医療の環境改善に貢献できるのか，第１回OUSフロンティアセミナー『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～』，講演要旨集pp.14-20，岡山理科大学，2020年３月13日

ムハンマド アミヌル ヘルミ，**中谷達行**，清水一郎，國次真輔，超低摩擦な医療用DLC膜の開発，第１回OUSフロンティアセミナー『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～』，講演要旨集p.25，岡山理科大学，2020年３月13日

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，バイポーラHiPIMS法を用いた医療用DLC成膜技術の開発，第１回OUSフロンティアセミナー『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～』，講演要旨集pp.24，岡山理科大学，2020年３月13日

大田原光希，**中谷達行**，清水一郎，和田晃，生体吸収性ステントへのSi-DLCの応用，第１回OUSフロンティアセミナー『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～』，講演要旨集pp.23，岡山理科大学，2020年３月13日

佐藤岳彦，村松海里，中嶋智樹，藤村茂，**中谷達行**，小型密閉型大気圧プラズマ水中滅菌装置の開発，第30回環境工学総合シンポジウム2020，講演番号305，和歌山，2020年６月24日（水）～26日（金）

黒岩雅英，岡野忠之，**中谷達行**，福江紘幸，高機能成膜を実現させるアーク抑制型HiPIMS電源の開発「2019年度SP部会賞受賞記念講演」，SP部会第164回定例研究会，2020年９月７日　招待講演

Yuan Hao，Sung Hwa Hwang，古閑一憲，鎌滝晋礼，板垣奈穂，**中谷達行**，白谷正治，メタンプラズマ CVDを用いたホローカーボンナノ粒子のワンステップ作製，2020年第81回応用物理学会秋季学術講演会，講演番号9a-Z21-1，同志社大学，2020年９月８日（火）～11日（金）

福江紘幸，**中谷達行**，岡野忠之，黒岩雅英，國次真輔，太田裕己，米沢健，HF-HiPIMS法によるDLC膜の成膜速度，表面技術協会第142回講演大会，名古屋大学，講演番号A01-02，p.3，2020年９月10日（木）～11日（金）

藤井泰宏，**中谷達行**，逢坂大樹，剥離・塞栓症予防を目指した次世代型カテーテル成膜技術の開発，科学技術振興機構イノベーション・ジャパン2020大学見本市 Online，出店番号W-40，オンライン開催，2020年９月28日（月）～11月30日（月）

黒岩雅英，岡野忠之，**中谷達行**，福江紘幸，高機能成膜を実現させるアーク抑制型HiPIMS電源の開発 [産業賞受賞講演]，2020年日本表面真空学会学術講演会，オンライン開催，講演番号3Ba01，2020年11月19日（木）～21日（土）

逢坂大樹，合山尚志，村岡玄哉，**中谷達行**，今井裕一，桒田憲明，藤井泰宏，大澤晋，笠原真悟，Diamond-like carbon成膜技術を応用したePTFE人工血管の血液適合性評価～先天性心疾患術後の合併症軽減を目指して～，第56回日本小児循環器学会総会・学術集会，国立京都国際会館，講演番号OR25-1，2020（令和）年11月22日（日）～24日（火）

福江紘幸，**中谷達行**，米澤健，岡野忠之，黒岩雅英，太田裕己，米澤健，國次真輔，HiPIMSプラズマを用いたインプラント用DLC膜の開発，OUSフォーラム2020アブストラクト集，p.56，オンライン，

2020年11月24日（火）～30日（月）

今井裕一，**中谷達行**，逢坂大樹，藤井康宏，大澤晋，國次真輔，交流高電圧バーストプラズマを用いた医療用チューブ内腔の親水化技術の開発，OUSフォーラム2020アブストラクト集，p.10，オンライン，2020年11月24日（火）～30日（月）

米澤健，**中谷達行**，太田裕己，米澤健，白谷正治，古閑一憲，呉準席，圧力勾配式スパッタリング法の開発，OUSフォーラム2020アブストラクト集，p.11，オンライン，2020年11月24日（火）～30日（月）

福江紘幸，**中谷達行**，岡野忠之，黒岩雅英，國次真輔，太田裕己，米沢健，HiPIMS法の印加電圧パルス波形が成膜速度に及ぼす影響，表面技術協会第22回関西表面技術フォーラム，講演番号 20，WEB（Zoom）開催，2020年12月３日（木）～４日（金）

今井裕一，國次真輔，神田一浩，和田里章悟，逢坂大樹，藤井康宏，大澤晋，**中谷達行**，小径長尺チューブ内壁へのダイヤモンドライクカーボン成膜と酸素プラズマ処理による表面構造の生体模倣，表面技術協会第22回関西表面技術フォーラム，講演番号 19，WEB（Zoom）開催，2020年12月３日（木）～４日（金）

中谷達行，藤井泰宏，逢坂大樹，大澤晋，今井裕一，國次真輔，交流高電圧バーストプラズマを用いた医療用チューブ内腔の親水化技術の開発，第25回岡山リサーチパーク研究・展示発表会，岡山県・岡山県産業振興財団，シーズ集p.39，プレゼン動画配信，2020年12月24日

Ken Yonezawa, Hiroki Oota, Jun-Seok Oh, Kazunori Koga, **Tatsuyuki Nakatani**, Masafumi Ito, and Masaharu Shiratani, Developing pressure gradient sputtering system (PGS), The 11th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology (APSPT-11), P1-48, The Kanazawa Chamber of Commerce and Industry, Kanazawa, Japan, from December 11 to 14, 2019.

Hiroyuki Fukue, Tadayuki Okano, Masahide Kuroiwa, Shinsuke Kunitsugu, Hiroki Oota, Ken Yonezawa, **Tatsuyuki Nakatani**, Methane flow rate dependence of plasma emission in DLC films formation using reactive bipolar HiPIMS method, The 11th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology (APSPT-11), P1-8, The Kanazawa Chamber of Commerce and Industry, Kanazawa, Japan, from December 11 to 14, 2019.

Muhammad Aminurul Helmy, Shinsuke Kunitsugu, **Tatsuyuki Nakatani**, Film Surface Analysis of Ultralow Friction of ta-C:H Film Deposited by Cathodic Vacuum Arc Plasma, The 11th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology (APSPT-11), P2-40, The Kanazawa Chamber of Commerce and Industry, Kanazawa, Japan, from December 11 to 14, 2019.

Yuichi Imai, Yasuhiro Fujii, Takashi Goyama, Daiki Ousaka, Susumu Oozawa and **Tatsuyuki Nakatani**, Development of Biocompatible DLC Coating Method on an Inner-wall of Extended Polytetrafluoroethylene Artificial Vascular Grafts, The 16th International Conference on Flow Dynamics (ICFD2019), OS8-11, November 6-8, 2019, Sendai International Center, Sendai, Japan, (2019). (Invited)

Takehiko Sato, Ryo Kumagai, Satoshi Uehara, Tomoki Nakajima, Kiyonobu Ohtani, Takashi Miyahara, **Tatsuyuki Nakatani**, Measurement of Electrical Charge in Fine Bubbles Generated by Plasma in Water, The Nineteenth International Symposium on Advanced Fluid Information (AFI-2019) IFS Collaborative Research Forum, OS19, CRF-66, November 6-8, 2019, Sendai International Center, Sendai, Japan, (2019).

Haruna KITAGAWA, **Ichiro SHIMIZU**, Akira WADA, **Tatsuyuki NAKATANI**, Xinming ZHAO and Takashi TAMURA, Influence of Stent Deployment on Mechanical Response of Coronary Artery, The 14th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics (14th ISEM'19-Tsukuba, Japan), A066 (FL-374), November 1-4, 2019, Tsukuba International Congress Center, Tsukuba, Ibaraki, Japan, (2019).

Sung Hwa Hwang, Kunihiro Kamataki, Naho Itagaki, Kazunori Koga, Masaharu Shiratani, Jun Seok OH and **Tatsuyuki Nakatani**, Influence of DC Substrate Bias Voltage on Deposition of Carbon Nanoparticles Produced by Ar+CH4 Multi-Hollow Discharge Plasma CVD method, XXXIV International Conference on Phenomena in Ionized Gases (XXXIV ICPIG) / The 10th International Conference on Reactive Plasmas (ICRP-10), PO15PM-068, July 14th(Sun) - 19th(Fri), 2019, Sapporo Education and Culture Hall, Sapporo, Hokkaido, Japan, (2019).

M. A. Helmy, S. Kunitsugu, T. Okano, M. Kuroiwa, **T. Nakatani**, Study of surface contact pressure on tribological behaviour of ta-C:H film coated by reactive cathodic vacuum arc plasma deposition method, XXXIV International Confer-

ence on Phenomena in Ionized Gases (XXXIV ICPIG) / The 10th International Conference on Reactive Plasmas (ICRP-10), PO18PM-068, July 14th(Sun) - 19th(Fri), 2019, Sapporo Education and Culture Hall, Sapporo, Hokkaido, Japan, (2019).

H. Fukue, UT. Okano, M. Kuroiwa, S. Kunitsugu, H. Oota, K. Yonezawa, **T. Nakatani**, Evaluation of unexpected arc discharge characteristic of DLC films formation using HF-HiPIMS power supply, XXXIV International Conference on Phenomena in Ionized Gases (XXXIV ICPIG) / The 10th International Conference on Reactive Plasmas (ICRP-10), PO15PM-072, July 14th(Sun) - 19th(Fri), 2019, Sapporo Education and Culture Hall, Sapporo, Hokkaido, Japan, (2019).

Kairi Muramatsu, Takehiko Sato, Tomoki Nakajima, Toshikatsu Nagasawa, **Tatsuyuki Nakatani**, and Shigeru Fujimura, Reduction of nitrogen oxides concentration in plasma sterilization, The 6th Japan - Taiwan Workshop on Plasma Life Science and Technology (JTPL2019), July 11(Thu.)–13(Sat.) National Institute of Technology, TsuruokaCollege, Yamagata, Japan, (2019).

Kairi Muramatsu, Takehiko Sato, Tomoki Nakajima, Toshikazu Nagasawa, Shigeru Fujimura, **Tatsuyuki Nakatani**, Development of electrodes for air plasma sterilization, Proceedings of the International Workshop on Environmental Engineering 2019 (IWEE2019), PE304, June 25th (Tue.)–28th (Fri.), 2019, Bankoku Shinryokan Resort MICE Facility, Okinawa, Japan, (2019).【Best Poster Presentation Award】

Koki Oikawa, Takehiko Sato, Tomoki Nakajima, Toshikatsu Nagasawa, Shigeru Fujimura, **Tatsuyuki Nakatani**, Effect of nitrogen oxides on ozone sterilization of spores, Proceedings of the International Workshop on Environmental Engineering 2019 (IWEE2019), PE311, June 25th (Tue.)–28th (Fri.), 2019, Bankoku Shinryokan Resort MICE Facility, Okinawa, Japan, (2019).

Tatsuyuki Nakatani, Harumichi Takeuchi, Akira Wada, Shuzo Yamashita, Investigation of Anti-Corrosive Performance of a Si-Doped DLC-Coated Magnesium Alloy Stent Deposited by RF-Plasma CVD, The 36th International Conference of Photopolymer Science and Technology (ICPST-36) / Materials & Processes for Advanced Lithography, Nanotechnology and Phototechnology, B2-02, June 24-27, 2019, International Conference Hall Makuhari Messe, Chiba, Japan, (2019).

Hiroyuki Fukue, Yuga Koyama, Tadayuki Okano, Masahide Kuroiwa, Shinsuke Kunitsugu, **Tatsuyuki Nakatani**, Spatial distribution diagnosis of plasma by emission spectroscopy in DLC films formation using bipolar HiPIMS method, ROCEEDINGS of The 15th International Symposium on Sputtering and Plasma Processes (ISSP2019), SP3-1P, pp.175-176, June 11-14, 2019, Kanazawa Institute of Technology, Ishikawa, Japan, (2019).

Ken Yonezawa, Hiroki Oota, Jun-Seok Oh, Kazunori Koga, **Tatsuyuki Nakatani**, Masafumi Ito, Masaharu Shiratani, Pressure gradient sputtering technology (PGS: High vacuum sputtering), PROCEEDINGS of The 15th International Symposium on Sputtering and Plasma Processes (ISSP2019), SP1-7P, pp.39-41, June 11-14, 2019, Kanazawa Institute of Technology, Ishikawa, Japan, (2019).

K. Koga, S.H. Hwang, **T. Nakatani**, J.S. Oh, K. Kamataki, N. Itagaki, M. Shiratan, Deposition of Carbon Nanoparticles Using Multi-Hollow Discharge Plasma CVD for Synthesis of Carbon Nanoparticle Composite Films, 46th International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films (ICMCTF) 2019, B2-2-FrM9, May 19-24, 2019, San Diego, California, USA (2019).

Shinsuke Kunitsugu, Kosei Kubo, **Tatsuyuki Nakatani** and **Ichiro Shimizu**, Mechanical Properties of DLC-Coated PEEK Prepared by ICP-Assisted Sputtering Method, International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials 11th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2019/IC-PLANTS2019), 20P5-66, March 17-21, Meijo University, Nagoya, Japan, (2019).

Yuichi Imai, **Tatsuyuki Nakatani**, Yasuhiro Fujii and Susumu Ozawa, HydrophilicFunctional DLC Coating on an Inner-wall of Artificial Vascular Grafts Using Oxygen Plasma by AC High Voltage Burst Plasma CVD Method, International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials 11th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2019/IC-PLANTS2019), 18P1-37, March 17-21, Meijo University, Nagoya, Japan, (2019).

小山裕雅，福江紘幸，岡野忠之，黒岩雅英，中谷達行，バイポーラHiPIMS法を用いたDLC成膜におけるプラズマ発光のピーク電力密度依存性，第36回プラズマプロセシング研究会／第31回プラズマ材料科

学シンポジウムプロシーディングス，pp.160-161，高知城ホール（高知市），2019年１月15～17日

國竹真司，今井裕一，福江紘幸，藤井泰宏，合山尚志，逢坂大樹，村岡玄哉，大澤晋，**中谷達行**，交流高電圧メタンプラズマCVDを用いたDLC成膜による人工血管内壁への親水性付与，第36回プラズマプロセシング研究会／第31回プラズマ材料科学シンポジウムプロシーディングス，pp.176-177，高知城ホール（高知市），2019年１月15～17日

久保光星，國次真輔，ムハンマドアミヌルヘルミ，今井裕一，**清水一郎**，**中谷達行**，ICPプラズマ支援スパッタリング法により作製したDLC被覆樹脂のナノインデンテーション法による動的粘弾性測定を用いた機械的特性評価，第36回プラズマプロセシング研究会／第31回プラズマ材料科学シンポジウムプロシーディングス，pp.178-179，高知城ホール（高知市），2019年１月15～17日

大澤晋，藤井泰宏，合山尚志，村岡玄哉，逢坂大樹，**中谷達行**，今井裕一，Diamond like carbon（DLC）技術を応用した新規人工血管の開発，中央西日本メディカルイノベーション2019，岡山大学鹿田キャンパス，2019年１月31日（木）

中谷達行，DLCコーティング技術を応用した小口径人工血管の開発，第23回岡山リサーチパーク研究・展示発表会，岡山県・岡山県産業振興財団，予稿集p.9，テクノサポート岡山，2019年２月15日

ムハンマド アミヌル ヘルミ，**中谷達行**，**清水一郎**，國次真輔，水素化テトラヘドラルアモルファスカーボンを被覆したSUS304の摩擦摩耗特性，日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部第44回若手フォーラム，講演番号2nd. Session No.12，岡山ピュアリティまきび，2019年２月16日（土）

北川陽菜，**清水一郎**，石田貴也，**中谷達行**，和田晃，有限要素法による冠動脈ステント留置過程のモデル解析，日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部第44回若手フォーラム，講演番号2nd. Session No.13，岡山ピュアリティまきび，2019年２月16日（土）

竹内陽道，**中谷達行**，**清水一郎**，和田晃，Si含有DLCコーティングによるAZ31マグネシウム合金の腐食抑制効果，日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部第44回若手フォーラム，講演番号3rd. Session No.12，岡山ピュアリティまきび，2019年２月16日（土）

久保光星），今井裕一，**中谷達行**，**清水一郎**，國次真輔，DLC被覆樹脂の動的粘弾性評価，日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部第44回若手フォーラム，講演番号1st. Session No.14，岡山ピュアリティまきび，2019年２月16日（土）

石田貴也，**清水一郎**，北川陽菜，和田晃，**中谷達行**，ステント用引張り試験機の開発と単軸変形挙動の評価，日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部第44回若手フォーラム，講演番号3rd. Session No.15，岡山ピュアリティまきび，2019年２月16日（土）

黒岩雅英，岡野忠之，**中谷達行**，福江紘幸，高機能成膜を実現させるアーク抑制型HiPIMS 電源の開発，第21回「トライ簿コーティングの現状と将来」－コンフォーマル，高機能成膜・薄膜技術の最前線，マイクロ流体技術の医療応用―／理研シンポジウム予稿集／第11回岩木賞技術資料，pp.29-34，理化学研究所和光研究所鈴木梅太郎記念ホール，2019年２月22日

竹内陽道，**中谷達行**，**清水一郎**，和田晃，生体吸収性ステントへのDLCコーティングの応用，第24回OUS技術セミナー，講演要旨集p.26，岡山理科大学，2019年２月22日

ムハンマド アミヌル ヘルミ，中谷達行，國次真輔，超低摩擦な医療用DLC膜の開発，第24回OUS技術セミナー，講演要旨集p.27，岡山理科大学，2019年２月22日

小山裕雅，福江紘幸，**中谷達行**，岡野忠之，黒岩雅英，インプラント表面の機能化を目指したDLC－HiPIMS法の開発，第24回OUS技術セミナー，講演要旨集p.28，岡山理科大学，2019年２月22日

國竹真司，**中谷達行**，今井裕一，藤井泰宏，大澤晋，人工血管へのDLCコーティングの応用，第24回OUS技術セミナー，講演要旨集p.29，岡山理科大学，2019年２月22日

久保光星，**中谷達行**，**清水一郎**，國次真輔，DLCコーティングを用いた樹脂材料の表面機能化法の開発，第24回OUS技術セミナー，講演要旨集p.30，岡山理科大学，2019年２月22日

北川陽菜，清水一郎，石田貴也，**中谷達行**，和田晃，ステント留置による冠動脈拡張過程の解析的検討，第24回OUS技術セミナー，講演要旨集p.40，岡山理科大学，2019年２月22日

竹内陽道，清水一郎，ムハンマドアミヌルヘルミ，和田晃，**中谷達行**，RFプラズマCVD法で成膜したSi添加DLC被覆AZ31Mg合金の耐食性評価，日本機械学会中国四国支部第57期総会・講演会，山口大学，山口，講演番号102，2019年３月７日

久保光星，國次真輔，ムハンマドアミヌルヘルミ，今井裕一，清水一郎，**中谷達行**，DLC被覆樹脂の機械的特性評価法に関する検討，日本機械学会中国四国支部第57期総会・講演会，山口大学，山口，講演番号210，2019年３月７日

福江紘幸，小山裕雅，岡野忠之，黒岩雅英，國次真輔，**中谷達行**，バイポーラHiPIMS法を用いたDLC成膜時の電荷密度関数の導入とアーキング抑制効果，表面技術協会第139回講演大会，神奈川大学横浜キャンパス，講演番号P-12，p.18，2019年３月18日 - 19日

小山裕雅，福江紘幸，岡野忠之，黒岩雅英，國次真輔，**中谷達行**，バイポーラ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の空間分布診断，表面技術協会第139回講演大会，神奈川大学横浜キャンパス，講演番号P-13，p.19-20，2019年３月18日 - 19日

國竹真司，今井裕一，福江紘幸，藤井泰宏，合山尚志，逢坂大樹，村岡玄哉，大澤晋，國次真輔，**中谷達行**，交流高電圧酸素プラズマを用いたDLC被覆人工血管内腔の親水化処理，表面技術協会第139回講演大会，神奈川大学横浜キャンパス，講演番号P-14，p.21，2019年３月18日 - 19日

Muhammad Aminurul Helmy, Shinsuke Kunitsugu, Tadayuki Okano, Masahide Kuroiwa, **Tatsuyuki Nakatani**, Effect of surface contact pressure on super-low friction of ta-C(:H) film，表面技術協会第139回講演大会，神奈川大学横浜キャンパス，講演番号P-25，p.34，2019年３月18日 - 19日

今井裕一，國竹真司，國次真輔，**中谷達行**，小径長尺チューブ内壁のDLC成膜および酸素プラズマ処理による親水性とO=C-O結合の付与，表面技術協会第139回講演大会，神奈川大学横浜キャンパス，講演番号19A-26，p.154，2019年３月18日 - 19日

國次真輔，中西亮太，小山裕雅，**中谷達行**，ICPプラズマ支援パルススパッタリング法を用いたDLC成膜におけるプラズマ診断，表面技術協会第139回講演大会，神奈川大学横浜キャンパス，講演番号19A-29，p.157，2019年３月18日 - 19日

黒岩雅英，岡野忠之，**中谷達行**，福江紘幸，高機能成膜を実現させるアーク抑制型HiPIMS電源の開発，独立行政法人日本学術振興会プラズマ材料科学第153委員会第140回研究会資料，pp.25-30，パナソニックセンター東京，2019年４月26日（金）招待講演

中谷達行，小径長尺チューブ内腔へのDLCコーティング技術の開発と医療・バイオ応用．第55回ドライコーティング研究会・高機能トライボ表面プロセス部会第13回例会合同研究会, pp.6-10, 尼崎リサーチ・インキュベーション・センター（ARIC），2019年６月７日（金）招待講演

中谷達行，生体適合DLCコーティングの医療機器への応用，第69回CVD研究会（第30回夏季セミナー），pp.33-41，高知工科大学永国寺キャンパス，2019年８月８日（木）招待講演

大澤晋，**中谷達行**，逢坂大樹，Diamond – lile carbon 技術を用いた狭窄しない人工血管の開発，科学技術振興機構イノベーション・ジャパン2019大学見本市，W-31，東京ビッグサイト青海展示場Bホール，2019年８月29日 - 30日

北川陽菜，**清水一郎**，和田晃，**中谷達行**，趙薪茗，田村昂，血管内の応力集中を緩和するステントデザインに関する検討，日本実験力学会2019年度年次講演会，講演番号B301，2 pages in CD-ROM，徳島大学，2019年９月１日 - ３日

Muhammad Aminurul Helmy, Shinsuke Kunitsugu, Tatsuyuki Nakatani, Effect of surface contact area on ultralow friction of ta-C:H film，表面技術協会第140回講演大会，福岡工業大学，講演番号10D-24，p.154，2019年９月９日 - 10日

福江紘幸，岡野忠之，黒岩雅英，國次真輔，太田裕己，米沢健，**中谷達行**，HF-HiPIMS法を用いたDLC成膜における放電特性，表面技術協会第140回講演大会，福岡工業大学，講演番号10D-15，p.143，2019年９月９日 - 10日

今井裕一，國次真輔，大澤晋，藤井泰宏，逢坂大樹，**中谷達行**，小径長尺チューブ内壁へのDLC成膜の均一性評価，表面技術協会第140回講演大会，福岡工業大学，講演番号09C-10，p.，2019年９月９日 - 10日

國次真輔，ムハンマドアミヌルヘルミ，中西亮太，**中谷達行**，ta-C（:H）膜の超低摩擦発現による膜質変化，表面技術協会第140回講演大会，福岡工業大学，講演番号10D-23，p.，2019年９月９日 - 10日

合山尚志，村岡玄哉，逢坂大樹，**中谷達行**，今井裕一，藤井泰宏，奥山倫弘，小林泰幸，笠原真悟，大澤晋，Diamond-Like CarbonコーティングePTFE人工血管によるArteriovenous Graftの開存性の向上，第60回日

本脈管学会総会，京王プラザホテル，講演番号JCAA-4，2019年10月10日～12日

福江紘幸，岡野忠之，黒岩雅英，國次真輔，太田裕己，米澤健，**中谷達行**，バイポーラHiPIMS 法を用いたDLC成膜におけるアーキング特性に及ぼすパルス幅依存性，2019年日本表面真空学会学術講演会，つくば国際会議場，講演番号2Gp08S，2019年10月28日（月）～30日（水）

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ライクカーボンコーティング技術，科学技術振興機構ライフサイエンス新技術説明会，JST東京本部別館，予稿集pp.31-35，2019年11月14日（木）

ハンマド アミヌル ヘルミ，中谷達行，清水一郎，國次真輔，医療用に開発した新規ta-C：H膜の摩擦摩耗特性，OUSフォーラム2019アブストラクト集，p.103，岡山プラザホテル，2019年11月25日

大田原光希，**中谷達行**，清水一郎，和田晃，Si-DLC被覆によるマグネシウム合金製ステントの溶出速度制御，OUSフォーラム2019アブストラクト集，p.73，岡山プラザホテル，2019年11月25日

福江紘幸，**中谷達行**，クルモフ バレリー，小山裕雅，國次真輔，岡野忠之，黒岩雅英，太田裕己，米澤健，HF-HiPIMSプラズマ電源の開発によるDLC成膜効率の向上, OUSフォーラム2019アブストラクト集，p.104，岡山プラザホテル，2019年11月25日

今井裕一，**中谷達行**，逢坂大樹，藤井泰宏，大澤晋，國次真輔，交流高電圧プラズマを用いた医療用チューブ内壁の親水化処理，OUSフォーラム2019アブストラクト集，p.102，岡山プラザホテル，2019年11月25日

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ライクカーボンコーティング技術，第24回岡山リサーチパーク研究・展示発表会，岡山県・岡山県産業振興財団，テクノサポート岡山，2019年12月17日

Hyodo, H.: Diffusion model of excess argon observed around an intrusive. 2020JpGU meeting, 千葉幕張, Makuhari, Chiba, May, 2020. リモート学会で発表.

Sato, K., Hirose, T., Kumagai, H., Iwata, N., **Hyodo, H.**: Crustal noble gases anomaly associated with aftershock the North-east Japan Great Earthquake at 2011 and fault movements, calculated with experimental fault data. 2020 JpGU meeting, 千葉幕張, Makuhari, Chiba, May, 2020. リモート学会で発表.

Hyodo, H. and Zwingmann, H.: Argon diffusion in rocks - classical approach in view of heating and relaxation. 2019 JpGU meeting, 千葉幕張, Makuhari, Chiba, May, 2019.

Hyodo, H.: Simulation of isotope redistribution in a contact aureole - Excess argon wave, 2019 Goldschmidt Conference, Barcelona, Spain, Aug. 26-30, 2019.

今山武志：隠岐片麻岩の複数変成作用と起源．日本地球化学会第67回年会，2020年11月，オンライン．

Imayama, T., Ueda, H., Usuki, T., Minami, M., Asahara, Y., and Nagahashi, T.: Variability of Protoliths and P-T Conditions of Amphibolites from the Ohmachi Seamount (Izu-Bonin-Mariana Arc). 2020 Goldschmidt Conference, June, 2020, online.

Imayama, T., Koh, Y., Aoki, K., Saneyoshi, M., Yagi, K., Aoki, S., Terada, T., Sawada, Y., Ikawa, C., Ishigaki, S., Toyoda, S., Tsogtbaatar, Kh, and Mainbayar, B.: Late Permian to Early Triassic back-arc type volcanism in the southern Mongolia volcano-plutonic belt of the Central Asian Orogenic Belt: Implication for timing of the final closure of the Palaeo-Asian Ocean. Frontier Symposium on Geohistory of East Asia and Okayama. Okayama, Feb. 2020.

川端凌市・今山武志・Narayan Bose・Yi Keewook・纐纈佑衣：北西インド Uttarakhand地域の流体飽和による漸新世 Barrovian 型変成作用．OUSフォーラム2019，岡山，2019年11月．

Imayama, T., Kawabata, R., Kato, T., Horie, K., and Takehara, M. (invited): Polymetamorphic evolution of the Oki gneisses in Japan: Implications for the Paleoproterozoic metamorphism and its tectonic correlation in northeastern Asia. 2019 Fall Joint Conference of the Korean Geological Sciences, Jeju, October, 2019.

Imayama, T., Uehara, S., Sakai, H., Yagi, K., Ikawa, C., and Yi, K.: The inverted Barrovian metamorphic sequences and fluid-present melting in the Arun area, eastern Nepal. 2019 Goldschmidt Conference, Barcelona, Spain, Aug. 26-30, 2019.

今山武志・川端凌市・加藤 丈典（招待）：CHIME年代測定による隠岐・島後片麻岩類の変成年代の推定．名古屋大学 宇宙地球環境研究所 共同利用・共同研究コミュニティミーティング, 名古屋, 2019年 6 月．

Kawabata, R., **Imayama, T.**, Bose, N., Yi, K., and Kouketsu, Y.: Preservation of the early Oligocene Barrovian-type metamorphism caused the fluid-present melting along Bhagirathi River in the Uttaraganti area, NW India. 34th Himala-

ya-Karakorum-Tibet workshop, Bozeman, U.S.A, 2019年６月.

Arao, M., **Imayama, T.**, Yagi, K., Ikawa, T., Sawada, M., Siddiqui, R., and Khan, S.: Classification of volcanic rocks in the Muslim Bagh area: Constraints from petrological characteristics and K-Ar ages. JSPS Japanese-German graduate externship International Workshop on “Volatile Cycles”, Tokyo, Japan, 2019年６月.

荒尾 眞成，今山武志，八木公史，猪川千晶，澤田順弘，Rehanul Siddiqui，Said Khan，Petrological and geochronological studies of the volcanic rocks in the Muslim Bagh area，Pakistan．地球惑星科学連合大会，幕張メッセ，2019年５月.

Imayama, T., Takeshita, T., Yi. K. and Fukuyama, M.: Early Oligocene partial melting and prolonged low P/T anatexis of the upper High Himalaya Crystalline Sequences in far-eastern Nepal. The 3rd International RINS Symposium − Metamorphism, deformation, and geochronology in orogeny − , Okayama, Japan, 2019年３月.

Kawabata, R., **Imayama, T.**, Bose, N., Yi, K., and Kouketsu, Y.: The early Oligocene Barrovian-type metamorphism related to fluid-saturated melting along Bhagirathi River in the Uttarakhand area, NW India. The 3rd International RINS Symposium − Metamorphism, deformation, and geochronology in orogeny − , Okayama, Japan, 2019年３月.

川端凌市・今山武志・加藤丈典．隠岐片麻岩類の変成圧力温度条件と変成年代の推定：古原生代高温変成作用の可能性について．第31回名古屋大学宇宙地球環境研究所年代測定研究シンポジウム，名古屋大学，2019年１月.

牧祥，国島直樹，タンパク質結晶化プロセスにおける自由エネルギーは実測可能か？第19回日本蛋白質科学会年会・第71回日本細胞生物学会大会 合同年次大会，3WDp-04，p.79，神戸国際会議場，2019年６月24～26日.

牧祥，田中誠一，藤原誠之，Eka Erzalia，加藤瑞葵，肥後克匡，井阪優希，萩原政幸，荒田敏昭，タンパク質結晶の熱物性値の温度依存性，第14回日本磁気科学会年会，プログラム要旨集，3O-05，pp.56-57，シティーホール アオーレ長岡（新潟県長岡市），2019年11月11～13日.

牧祥，田中誠一，藤原誠之，Eka Erzalia，加藤瑞葵，肥後克匡，井阪優希，萩原政幸，荒田敏昭，タンパク質結晶の熱物性値における結晶異方性の影響について，バイオメディカル・ファジィ・システム学会2019年度年次大会（第32回年次大会），USB講演論文集，B4-1（4 pages），山梨大学甲府キャンパス，2019年11月23～24日.

樋渡勝平，中山泰秀，**岩井良輔**，奥山宏臣，生体内組織形成術による気管再生の試み，第120回日本外科学会定期学術集会，パシフィコ横浜（横浜），2020年８月14日.

岩井良輔，生体材料・医用材料，2020年度次世代医療機器開発人材育成プログラム，オンライン開催，2020年９月５日.【教育講演】

岩井良輔，荷電高分子で細胞の接着力を制御し凝集化させる～接着細胞の自己凝集化誘導技術の開発と組織工学への応用展開～，生物工学シンポジウム2020，オンライン講演，2020年９月６日.【シンポジウム講演】

太田風輝，森脇健司，**岩井良輔**，One-step fabrication and evaluation of scaffold-free skeletal muscle-like fiber tissues by using a novel cell self-aggregation technology with specifically designed culture chamber，生体医工学シンポジウム2020，弘前大学（弘前），2020年９月18日.

草加直幸，**岩井良輔**，細胞自己凝集化技術を用いたスフェロイド作製行程における凍結保存の可能性検討，第57回日本人工臓器学会大会，高知県立県民文化ホール（高知），2020年11月13日.

橋本真悟，杉山晶彦，**岩井良輔**，細胞自己凝集化技術と培養チャンバー設計によるファイバー状組織体の作製と血管内皮毛細管の配向化検討，第57回日本人工臓器学会大会，高知県立県民文化ホール（高知），2020年11月13日.

滕魯鵬，中桐僚子，木股敬裕，**岩井良輔**，細胞自己凝集化技術を用いた網目状細胞凝集体“CELL MESH”の作製，第57回日本人工臓器学会大会，高知県立県民文化ホール（高知），2020年11月13日.

橋本真悟，滝澤昇，杉山晶彦，**岩井良輔**，細胞の自己凝集化技術を用いた血管内皮毛細管腔束を有するファイバー状組織体の作製，OUSフォーラム2020，オンライン開催，2020年11月24日.

滕魯鵬，**岩井良輔**，細胞の自己凝集化技術を用いたメッシュ状細胞組織体の作製，OUSフォーラム2020，オンライン開催，2020年11月24日.

Naoyuki Kusaka, Shingo Hashimoto, Natsuki Abe, Kohei Suzuki, Yoshiomi Hiroi, Taito Nishino, **Ryosuke Iwai**, Develop-

ment of a novel cell self-aggregation technology for the quick preparation of 3D cell aggregated tissues having various sizes and shapes, The European Society for Artificial Organs Congress 2019, Hannover University (Germany), 2019年９月６日.

岩井良輔，簡便かつ安価に均一かつ大量に細胞凝集塊を作製できる培養皿の開発，KMSメディカル・アーク2019 with MTO，川崎医科大学（倉敷），2019年２月７日.

岩井良輔，基盤技術の構築，第１回学術集会　iBTA再生医療研究会，東京大学（東京），2019年３月２日. シンポジウム講演.

岩井良輔，長島諒，河島毅之，羽鳥恭平，首藤敬史，寺澤武，佐藤康史，西邑隆徳，中山泰秀，宮本伸二，Shelf-ready型の移植材をめざして生体内組織形成術（iBTA）組織の脱細胞化，第18回日本再生医療学会総会，神戸国際展示場（神戸），2019年３月22日.

岩井良輔，小松大貴，樋渡勝平，寺澤武，中山泰秀，奥山宏臣，細胞自己凝集化技術（CAT）の生体内組織形成術（iBTA）との融合による気管様構造体の実現，第18回日本再生医療学会総会，神戸国際展示場（神戸），2019年３月23日.

岩井良輔，草加直幸，安部菜月，鈴木康平，広井佳臣，西野泰斗，細胞の自己凝集化誘導剤を用いたヒト間葉系幹細胞スフェロイドの大量作製と成熟組織化誘導，第18回日本再生医療学会総会，神戸国際展示場（神戸），2019年３月23日.

草加直幸，安部菜月，鈴木康平，広井佳臣，西野泰斗，**岩井良輔**，農医薬スクリーニング用途を指向した細胞の自己凝集化技術を用いた新規の立体細胞組織体作製法の開発，日本農芸化学会中四国支部 第54回講演会，岡山理科大学（岡山），2019年６月１日.

橋本真悟，滝澤昇，**岩井良輔**，細胞の自己凝集化技術を用いた血管毒性試験用の毛細血管球体の作製，日本農芸化学会中四国支部 第54回講演会，岡山理科大学（岡山），2019年６月１日.

小松大貴，**岩井良輔**，樋渡勝平，中山泰秀，奥山宏臣，細胞の自己凝集化技術（CAT）と生体内組織形成術（iBTA）を用いた気管様組織体の作製，日本組織培養学会 第92回大会，日本歯科大学生命歯学部（東京），2019年７月７日.

草加直幸，安部菜月，鈴木康平，広井佳臣，西野泰斗，**岩井良輔**，接着細胞の自己凝集化技術（CAT）を用いた新規スフェロイド作製法の開発：作製精度と質の評価，日本組織培養学会 第92回大会，日本歯科大学生命歯学部（東京），2019年７月７日.

橋本真悟，滝澤 昇，**岩井良輔**，接着細胞の自己凝集化技術（CAT）を用いた毛細血管構造を有するスフェロイドの作製，日本組織培養学会 第92回大会，日本歯科大学生命歯学部（東京），2019年７月７日.

草加直幸，安部菜月，鈴木康平，広井佳臣，西野泰斗，**岩井良輔**，接着細胞の自己凝集化技術を用いたヒト間葉系幹細胞スフェロイドの作製精度と質の評価，第71回日本生物工学会大会，岡山大学（岡山），2019年９月17日.

橋本真悟，滝澤 昇，**岩井良輔**，接着細胞の自己凝集化技術を用いた３次元毛細血管集合体の作製と形状制御，第71回日本生物工学会大会，岡山大学（岡山），2019年９月17日.

森脇健司，**岩井良輔**，太田風輝，藤崎和弘，笹川和彦，フレキシブルフィルム力分布センサシステムの開発：動物細胞計測に向けて，第71回日本生物工学会大会，岡山大学（岡山），2019年９月17日. シンポジウム講演.

橋本真悟，滝澤昇，**岩井良輔**，接着細胞の自己凝集化技術（CAT）を用いた毛細血管含有ファイバー組織体の作製，第57回日本人工臓器学会大会，大阪国際会議場（大阪），2019年11月13日.

草加直幸，信政郁弥，滝澤昇，**岩井良輔**，接着細胞の自己凝集化誘導技術を用いた組織作製法における凍結保存行程の検討，第７回細胞凝集研究会，ヒルトン首里城（那覇），2019年11月22日.

橋本真悟，滝澤昇，**岩井良輔**，接着細胞の自己凝集化誘導技術を用いたファイバー状組織体の作製，第７回細胞凝集研究会，ヒルトン首里城（那覇），2019年11月22日.

福島竜弥，**神吉けい太**，**岩井良輔**，細胞外マトリクス含有培地を用いた血管内皮細胞を含む細胞凝集体作製，第７回細胞凝集研究会，ヒルトン首里城（那覇），2019年11月22日.

橋本真悟，滝澤昇，**杉山晶彦**，**岩井良輔**，細胞凝集塊自動成形技術を用いた毛細血管含有ファイバー組織体の作製，OUSフォーラム2019アブストラクト集，p.99，岡山プラザホテル（岡山），2019年11月25日.

太田風輝，森脇健司，**岩井良輔**，細胞凝集塊自動成形技術を用いた骨格筋ファイバー組織体の作製と創薬試

験への応用検討OUSフォーラム2019アブストラクト集，p.100，岡山プラザホテル（岡山），2019年11月25日．

草加直幸，信政郁弥，滝澤昇，**岩井良輔**，基材接着細胞の凍結保存条件の最適化と凝集塊作製基材への応用検討，OUSフォーラム2019アブストラクト集，p.100，岡山プラザホテル（岡山），2019年11月25日．

太田風輝，森脇健司，**岩井良輔**，接着細胞の自己凝集化技術を用いたスキャホールドフリー骨格筋線維構造体の自動作製，第32回バイオエンジニアリング講演会，金沢商工会議所会館（金沢），2019年12月20日．

森脇健司，高野祐哉，藤崎和弘，笹川和彦，太田風輝，**岩井良輔**，接着力分布が計測できるフィルムセンサの開発：培養細胞の力モニタリングを目指して，第32回バイオエンジニアリング講演会，金沢商工会議所会館（金沢），2019年12月20日．

客員研究員

R. Tanaka*, **T. Kaneeda**, M. Terano, K. Kajita, A. Kono, Effects of cutting edge shape and material of drill on performance of bone drill, The 8th International Conference of Asian Society for Precision Engineering and Nanotechnology (ASPEN 2019), Nov.12 -15, 2019, Kunibiki Messe, Matsue, Shimane, Japan (2019).

寺野元規，田中　陸，**金枝敏明**，帝人ナカシマメデイカル，骨用ドリルの穿孔性能に及ぼすシンニング形状の影響，OUSフォーラム2019，2019年11月，67.

金枝敏明，梶田くるみ，寺野元規，帝人ナカシマメデイカル，骨用ドリルの穿孔性能に及ぼすドリルの刃先形状並びに材質の影響，日本機械学会中国四国学生会第49回学生員卒業研究発表講演会，2019年３月，山口大学．pp.160-161.

梶田くるみ，寺野元規，**金枝敏明**，帝人ナカシマメデイカル，ドリル加工における疑似人骨と金属の穿孔性能評価，日本金属学会･日本鉄鋼協会中国四国支部第44回「若手フォーラム」，2019年２月

金枝敏明，梶田くるみ，寺野元規，帝人ナカシマメデイカル，骨手術用ドリルの最適形状ならびに材質，第24回OUS技術セミナー，2019年２月．

北岡豪一：地中温度に記録保存されている過去の気温変動，第１回OUSフロンティアセミナー，2020年３月13日．

Takumi Kobayashi, Tetsuya Akagi, **Shujiro Dohta**, Hideyuki Obayashi and Mohd Aliff, Development of Small-sized Control Valve using RC-servo Motor and Diaphragm for Pneumatic Drive Soft Mechanism, 2020 the 5th International Conference on Control and Rpbotics Engineering (ICCRE2020), (Online), April 24th-26th, 2020, Osaka, Japan, (2020)

Takumi Yasunaga, Tetsuya Akagi, **Shujiro Dohta**, Wataru Kobayashi, So Shimooka, Yusuke Hane and Mohd Aliff, Proposal of Extension Type Pneumatic Artificial Muscle with Built-in Valve and Sensor, 2020 the 5th International Conference on Control and Rpbotics Engineering (ICCRE2020), (Online), April 24th-26th, 2020, Osaka, Japan, (2020)

Kenshiro Takeuchi,Tetsuya Akagi, **Shujiro Dohta**, So Shimooka, Yusuke Hane and Mohd Aliff, Proposal of Tetrahedral type Soft Actuator Using Extension Flexible Pneumatic Actuators, 2020 the 5th International Conference on Control and Rpbotics Engineering (ICCRE2020), (Online), April 24th-26th, 2020, Osaka, Japan, (2020)

Kota Oe, Tetsuya Akagi, **Shujiro Dohta**, Takashi Shinohara, Ryota Inoue and Mohd Aliff, Proposal of rehabilitation device for hip joint using flexible pneumatic linear stepping actuators, 2020 the 5th International Conference on Control and Rpbotics Engineering (ICCRE2020), (Online), April 24th-26th, 2020, Osaka, Japan, (2020)

Misaki Inokuma,Wei-Hang Tian , Tetsuya Akagi, **Shujiro Dohta**, Cian-Cheng Jhan and Mohd Aliff, Development of Tetrahedral-shaped Soft Robot Arm for Wrist Rehabilitation Device, 2020 the 5th International Conference on Control and Rpbotics Engineering (ICCRE2020), (Online), April 24th-26th, 2020, Osaka, Japan, (2020)

堂田周治郎，流体制御技術とともに48年，2020年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集，特別講演，４頁，岡山理科大学（岡山市），2020年12月８～９日

大江昴汰，赤木徹也，**堂田周治郎**，小林 亘，篠原 隆，逆駆動性を有する空気圧駆動股関節リハビリテーション機器の試作，2020年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集，pp.78-80，岡山理科大学（岡山市），2020年12月８～９日

武内健史郎，羽根佑典，赤木徹也，**堂田周治郎**，小林 亘，篠原 隆，伸長型柔軟空気圧アクチュエータを用いた正四面体型アクチュエータの試作，2020年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集，

pp.81-83，岡山理科大学（岡山市），2020年12月８～９日

小林卓巳，赤木徹也，**堂田周治郎**，篠原 隆，下岡 綜，ゲート機構を用いた小型サーボ弁の改良，2020年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集，pp.90-92，岡山理科大学（岡山市），2020年12月８～９日

Keichi Kusunose**,**Tetsuya Akagi, **Shujiro Dohta**, Wataru Kobayashi, Takashi Shinohara, Kengo Nakagawa, Mohd Aliff, Improvement of Pipe Inspection Robot Using Extension Type Flexible Pneumatic Actuators, IPN Conferences 5th International Conference on Green Technology (ICGT 2019), January 25th-27th, 2019, Singapore, (2019)

Nobuhiro Fukukawa,Tetsuya Akagi, **Shujiro Dohta** and Ryota Inoue, Development of Portable Flexible Robot Arm Using Flexible Linear Stepping Actuator, IPN Conferences 5th International Conference on Green Technology (ICGT 2019) , January 25th-27th, 2019, Singapore, (2019)

Ryota Inoue,Tetsuya Akagi, **Shujiro Dohta**, Wataru Kobayashi, Nobuhiro Fukukawa, Takashi Shinohara, Mohd Aliff, Developmentof Portable Continuous Passive Motion Device for Knee Using Flexible Linear Stepping Actuators, IPN Conferences 5th International Conference on Green Technology (ICGT 2019) , January 25th-27th, 2019, Singapore, (2019)

Koutaro Hayashi, Tetsuya Akagi, **Shujiro Dohta**, Wataru Kobayashi, Takashi Shinohara and Keichi Kusunose, Improvement of Pipe Holding Mechanism and Inchworm Type Flexible Pipe Inspection Robot, The 3rd International Conference on Intelligent Manufacturing and Automation Engineering (ICIMA2019), September 27th-30th, 2019, Tokyo, Japan, (2019)

Keichi Kusunose, Tetsuya Akagi, **Shujiro Dohta**, Takashi Shinohara, Wataru Kobayashi, Yusuke Hane and Koutaro Hayashi, Development of Cilia Type Pipe Inspection Robot Using Extension Type Flexible Pneumatic Actuators, The 3rd International Conference on Intelligent Manufacturing and Automation Engineering（ICIMA2019）, September 27th-30th, 2019, Tokyo, Japan, (2019)

Yusuke Hane, So Shimooka, Tetsuya Akagi, **Shujiro Dohta**, Wataru Kobayashi and Takashi Shinohara, Proposal of Washable Portable Rehabilitation Device Using Extension Type Flexible Pneumatic Actuators, The 3rd International Conference on Intelligent Manufacturing and Automation Engineering (ICIMA2019), September 27th-30th, 2019, Tokyo, Japan, (2019)

Yoshio Suzuki, Tetsuya Akagi, **Shujiro Dohta**, Wataru Kobayashi and Takashi Shinohara, Development of 3D Coordinate Measuring System and Spherical Actuator Using Extension Type Flexible Pneumatic Actuators, The 3rd International Conference on Intelligent Manufacturing and Automation Engineering (ICIMA2019), September 27th-30th, 2019, Tokyo, Japan, (2019)

畝岡歩，小松正直，藤田高壮，竹中博士，**西村敬一**，大島光貴，川瀬 博，岡山県全域の地盤構造の推定，日本地震学会2019度秋季大会，2019年９月16-18日，京都大学吉田キャンパス．

山下栄次，西部太平洋（東経140度線）におけるpCO_2の鉛直分布―「みらい」MR00-K04・MR01-K06-Leg.3・MR02-K05-Leg.3航海―．第24回OUS技術セミナー．岡山理科大学50周年記念館，2019年２月22日．

兼務研究員

福里晋，長尾雅史，杉殿晶，**伊豆弥生**，膝前十字靭帯損傷における新たなリスク要因としてのVI型，XIIコラーゲンの機能解明，第38回日本骨代謝学会，2020神戸国際会議場，神戸，（オンラインに変更）10月

Fukusato S., Nagao M., **Izu Y.**, Kaneko K. Collagen XII as a maintenance factor for anterior cruciate ligament, American Society for Bone Mineral Research, オーランド, フロリダ, アメリカ, 2019年９月

伊豆弥生，腱形成におけるXII型コラーゲンの役割，日本結合組織学会，東京，2019年５月

伊豆弥生，12型コラーゲンは腱細胞のコミュニケーションを制御し，腱強度と柔軟性を維持する，日本獣医学会，つくば，2019年９月

福里晋，**伊豆弥生**，長尾雅史，膝前十字靭帯損傷における新たなリスク要因としてのⅫ型コラーゲンの機能解明，骨代謝学会，神戸，2019年10月

伊豆弥生，コラーゲン分子による運動器制御～６型・12型コラーゲンの役割～，日本実験動物技術者協会総会，松山（招待講演），2019年10月

岩永哲夫，アントラセン電子チューニング法に立脚した新奇なパイ共役系化合物の創製，2020年度有機合成

化学協会中国四国支部奨励賞受賞講演会，オンライン，2020年11月

田中啓介，**岩永哲夫**，アントラセンビスイミドとアントラセンを交互に連結したドナー／アクセプター／ドナー型分子の合成と分光学的性質，日本化学会第100春季年会（2020），日本化学会第100春季年会（2020）講演予稿集，2020年３月

T. Iwanaga, T. Yamauchi, S. Toyota, Synthesis and Application of Azacyclophanes Incorporating 9,10-Anthrylene Units, 18th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-18), July, 2019, Sapporo Convention Hall, Sapporo, Hokkaido, Japan, (2019).

T. Oki, **T. Iwanaga**, Synthesis of π-Extended Carbazole Dimers by Oxidative Aromatic Coupling, 18th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-18), July, 2019, Sapporo Convention Hall, Sapporo, Hokkaido, Japan, (2019).

沖朋弘，**岩永哲夫**，酸化的環化反応を利用したパイ拡張型カルバゾールの選択的合成と反応機構の解明，第46回有機典型元素化学討論会，松山大学（松山市），2019年12月

石川天太，**岩永哲夫**，分子内電荷移動制御を目指したアントラセンビスイミド誘導体の合成とスペーサーの検討，日本化学会中国四国支部大会2019，徳島大学（徳島市），2019年11月

沖朋弘，守岡義弘，**岩永哲夫**，酸化的環化反応を用いたパイ拡張型カルバゾール二量体の合成と物性，第30回基礎有機化学討論会，大阪国際交流センター（大阪市），2019年９月

Masumi Eto, Toshiyasu Matsui, Kosuke Takeya, Kai Akagi, Shuichi Katsuki, Naoya Hatano, Hiroshi Tokumitsu, Toshio Kitzawa, Rubratoxin A-sensitive pathways responsible for temporal regulation for balancing kinase/phosphatase activities, The 14th International Conference on Protein Phosphatase, Symposium, Online, December 10-12, 2020

勝木秀一，大橋南海，竹谷浩介，田中良法，北澤俊雄，**江藤真澄**，平滑筋Ca2+-sensitization forceの調節機構―CPI-17 N・C末端領域の生理的役割，第62回日本平滑筋学会総会，ポスター発表，オンライン，2020年12月19～20日

江藤真澄，北澤俊雄，松井利康，赤木魁，波多野直哉，勝木秀一，竹谷浩介，徳光浩，平滑筋の興奮収縮連関を調節する新しい薬理学的標的シグナル，第140回日本薬理学会関東部会シンポジウム，星薬科大学百年記念館（品川区），2019年７月６日

江藤真澄，北澤俊雄，松井利康，赤木魁，波多野直哉，勝木秀一，竹谷浩介，徳光浩，平滑筋の興奮収縮連関を調節する新規キナーゼカスケードシグナル，第61回日本平滑筋学会大会，提案シンポジウム，名古屋大学野依記念学術会館（名古屋市），2019年８月１～３日

Masumi Eto, Toshiyasu Matsui, Kosuke Takeya, Kai Akagi, Shuichi Katsuki, Naoya Hatano, Hiroshi Tokumitsu, Toshio Kitzawa, A temporal Ca2+-desentization of myosin light chain kinase in smooth muscle, ASCB/EMBO 2019 Meeting, December 7-11, 2019, Washington DC, USA

奥田靖浩，益田和法，赤木伸行，**折田明浩**，ブロモホスホリルエチンの位置選択的環化付加による4-および5-ブロモトリアゾールの合成，2020日本化学会中国四国支部大会，オンライン開催，2020年11月28～29日

渡部光，中嶋和輝，**奥田靖浩**，**折田明浩**，緑色LED 照射下ピレン光触媒を用いた重金属フリーの還元的脱スルホニル化反応，2020日本化学会中国四国支部大会，オンライン開催，2020年11月28～29日

奥田靖浩，益田和法，赤木伸行，**折田明浩**，塩基および合成プロセスの制御によるホスホリルイナミンの位置選択的[4+2]芳香環形成，日本化学会第101春季年会（2021），オンライン開催，2021年３月19～22日

渡部光，中嶋和輝，枝川領太，**奥田靖浩**，**折田明浩**，ピレン光触媒による還元的脱スルホニル化を経由した環境調和型Juliaオレフィン反応の開発，日本化学会第101春季年会（2021），オンライン開催，2021年３月19～22日

折田明浩，渡部光，足立一将，赤木宥太，**奥田靖浩**，若松寛，ペリレン光レドックス触媒を用いたエテニルスルホンの脱スルホニル化反応，日本化学会第100春季年会2020，2020年３月（紙上・Web上）

A. Orita, H. Watanabe, K. Nakajima, R. Edagawa, **Y. Okuda**, K. Wakamatsu, Perylene photoredox catalyst-promoted desulfonylation of ethenyl sulfones. 日本化学会第100春季年会2020, 2020年3月（紙上・Web上）

Y. Okuda, Y. Tsuchida, K. Imafuku, S. Nishigami, N. Ishihara, **A. Orita**, Regiodivergent Click Reaction of Bromo (phosphoryl) ethyne with Azides: Synthesis and Transformation of Bromotriazoles. 日本化学会第100春季年会2020,

2020年３月（紙上・Web上）

Y. Okuda, T. Sabato, K. Adachi, **A. Orita**, Synthesis of Diamino-dibenz[a,h]anthracenes via Tandem Transformation of Phosphoryl Ynamines. 日本化学会第100春季年会2020, 2020年３月（紙上・Web上）

H. Watanabe, **Y. Okuda**, **A. Orita** 他, Desulfonylative Synthesis of Diarylethenes and Their π-System Expansion, International Joint Symposium on Synthetic Organic Chemistry, 淡路夢舞台（兵庫），2019年11月21～23日

A. Orita, One-shot Synthesis of Anthrylene-butadiynylene Oligomer on Cu(111): Consecutive Desilylation and Homo-coupling of 9,10-Bis(trimethylsilylethynyl)anthracene., The 18th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-18), 札幌コンベンションセンター（北海道），2019年７月21～26日

A. Orita, Amino (phosphoryl) ethynes: Synthesis, Physical Properties and Transformation to Aminotriazoles., The 2nd International Symposium on Middle Molecular Strategy for Young Scientists, 定山渓ビューホテル（北海道），2019年７月21日

奥田靖浩，**折田明浩** 他，求電子的ハロゲン化によるイナミンの渡環反応：含窒素π共役系化合物の新規合成戦略，第46回有機典型元素化学討論会，松山大学（愛媛），2019年12月５～７日

渡部光，**奥田靖浩**，**折田明浩** 他，ペリレン光触媒を用いた脱スルホニル化反応の開発，第46回有機典型元素化学討論会，松山大学（愛媛），2019年12月５～７日

Y. Okuda, **A. Orita** 他, Dephosphorylative Transformation of Phosphorylethynes to Triazoles, International Joint Symposium on Synthetic Organic Chemistry, 淡路夢舞台（兵庫），2019年11月21～23日

奥田靖浩，**折田明浩** 他，イナミンの芳香環形成反応による含窒素π共役系化合物の合成と分光学的性質の調査，2019年日本化学会中国四国支部大会徳島大会，徳島大学（徳島），2019年11月16～17日

渡部光，**奥田靖浩**，**折田明浩** 他，ペリレン光触媒による脱スルホニル化を利用したオレフィン合成，2019年日本化学会中国四国支部大会徳島大会，徳島大学（徳島），2019年11月16～17日

折田明浩，**奥田靖浩** 他，ホスホリルイナミンを出発原料に用いたアミノトリアゾール合成，フルオラス科学研究会第12回シンポジウム，名城大学（愛知），2019年10月18日

渡部光，**奥田靖浩**，**折田明浩** 他，ペリレン光触媒を用いたビニルスルホンの脱スルホニル化反応，フルオラス科学研究会第12回シンポジウム，名城大学（愛知），2019年10月18日

奥田靖浩，**折田明浩** 他，ホスホリル基をアクセプターとして利用した有機発光材料の開発，第30回基礎有機化学討論会，大阪国際交流センター（大阪），2019年９月25～27日

渡部光，**奥田靖浩**，**折田明浩** 他，ペリレン光触媒を用いた脱スルホニル化によるオレフィン合成，第30回基礎有機化学討論会，大阪国際交流センター（大阪），2019年９月25～27日

A. Orita, Syntheses of π-System Expanded Compounds by Using Ph2P(O)-Protected Terminal Ethynes., The 8th Japanese-Sino Symposium on Organic Chemistry for Young Scientists, 京都ガーデンパレス（京都），2019年９月17～20日

奥田靖浩，**折田明浩** 他，ヘテロ官能基の自在導入を指向した銅触媒クリック反応，第66回有機金属化学討論会，首都大学東京（東京），2019年９月14～16日

折田明浩 他，9，10-ビス（トリメチルシリル）アントラセンを用いた銅（111）面上でのワンショット脱シリル-Glaserカップリング，日本化学会第99春季年会（2019），甲南大学（兵庫），2019年３月16～19日

A. Orita 他，One-shot desilylation and Glaser coupling of 9,10-bis(trimethylsilylethynyl)anthracene on Cu(111)., 日本化学会 第99春季年会（2019），甲南大学（兵庫），2019年３月16～19日

Y. Okuda, **A. Orita** 他，Development of Aminoacetylene Derivatives for Effective Synthesis of Organonitrogen Bioactive Compounds., 日本化学会 第99春季年会（2019），甲南大学（兵庫），2019年３月16～19日

Y. Okuda, **A. Orita** 他，Synthesis and Physicochemical Properties of Air-Stable Ynamines, and the Subsequent Dephosphorylative Click Reaction., 日本化学会 第99春季年会（2019），甲南大学（兵庫），2019年3月16～19日

荒井由土，**折田明浩** 他，9-ボラフルオレン誘導体を用いた歪みアルキンの芳香環化による湾曲πシステムの構築，日本化学会 第99春季年会（2019），甲南大学（兵庫），2019年３月16～19日

神吉けい太，グエンタイレー，葉酸欠乏が大腸癌の増殖と悪性化に及ぼす影響，OUSフォーラム2020アブストラクト集，p.61，2020年11月24日～30日，オンライン開催

神吉けい太，趙春晧，肝癌細胞の悪性化に関わるHDACアイソフォームの同定，OUSフォーラム2020アブストラクト集，p.62，2020年11月24日～30日，オンライン開催

神吉けい太，内藤恭子，レスベラトロールによる解糖系抑制効果と立体組織構築における細胞生存率向上への応用，OUSフォーラム2020アブストラクト集，p.63，2020年11月24日～30日，オンライン開催

内藤恭子，神吉けい太，立体組織構築に向けた細胞内エネルギー代謝改変による細胞生存率の向上，日本生物工学会西日本支部大会2020　第５回講演会，講演要旨集p.35，岡山理科大学，2020年11月14日

内藤恭子，神吉けい太，立体組織構築に向けた低栄養環境における細胞生存向上技術，第１回OUSフロンティアセミナー，講演要旨集p34，岡山理科大学：2020年３月13日

内藤恭子，神吉けい太，ポリフェノールを用いた低栄養，低酸素状態のラット筋芽細胞生存率の向上，第19回日本再生医療学会総会，オンライン開催，2020年５月18日～29日

神吉けい太，髙橋佳子，イソクエン酸脱水素酵素IDHの発現増強による癌悪性化抑制技術，OUSフォーラム2019アブストラクト集，p.69，岡山プラザホテル，2019年11月25日

神吉けい太，内藤恭子，立体組織における細胞生存率向上に向けた細胞内エネルギー代謝特性の改変，OUSフォーラム2019アブストラクト集，p.70，岡山プラザホテル，2019年11月25日

神吉けい太，吉岡佑茉，レスベラトロールによる多能性幹細胞の増殖抑制効果と分化誘導効率化の検討，OUSフォーラム2019アブストラクト集，p.71，岡山プラザホテル，2019年11月25日

神吉けい太，未分化肝癌細胞におけるヘッジホッグ阻害剤GANT61の抗腫瘍効果，第78回日本癌学会学術総会，国立京都国際会館，2019年９月26日～28日

内藤恭子，神吉けい太，レスベラトロールによる低栄養，低酸素状態のラット筋芽細胞生存率の向上，日本農芸化学会中四国支部第54回講演会，講演要旨集p.59，岡山理科大学，2019年６月１日

神吉けい太，原田健資，肝癌細胞におけるヘッジホッグ経路阻害剤GANT-61の抗腫瘍効果，第26回肝細胞研究会，抄録集p.93，横浜市開港記念会館，2019年５月23日～24日

植村仁，神吉けい太，細胞内エネルギー代謝酵素による癌細胞脱分化の抑制手法，第24回OUS技術セミナー，講演要旨集p.43，岡山理科大学，2019年２月22日

Shinsuke Kunitsugu, Kosei Kubo, **Tatsuyuki Nakatani** and **Ichiro Shimizu**, Mechanical Properties of DLC-Coated PEEK Prepared by ICP-Assisted Sputtering Method, Proceedings of International Symposium on Advanced Plasa Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials, 11th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science, Nagoya, Japan, 20P5-66, (2019).

Haruna Kitagawa, **Ichiro Shimizu**, Akira Wada, **Tatsuyuki Nakatani**, Xinming Zhao and Takashi Tamura, Influence of Stent Deployment on Mechanical Response of Coronary Artery, Proceedings of the 14th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, Tsukuba, Japan, Paper No. FL374 in USB, 4 pages, (2019).

Kodai Ushiro, **Ichiro Shimizu**, Xinming Zhao, Akira Wada and Haruna Kitagawa, Finite Element Analysis for Optimization of Forming Process of Thin-Walled AZ31 Magnesium Alloy Tube by Multistage Deep Drawing-Ironing, Proceedings of the 14th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, Tsukuba, Japan, Abstract No. A067, p. 33, (2019).

清水一郎，竹元嘉利，二元系準安定β型チタン合金の二軸圧縮挙動における変形双晶の役割に関する基礎的考察，日本非破壊検査協会応力，ひずみ測定と強度評価シンポジウム講演論文集，講演番号3-3，29-30，機械振興会館，（2019年１月11日）．

久保光星，國次真輔，ムハンマドアミヌルヘルミ，今井裕一，清水一郎，中谷達行，プラズマ支援スパッタリング法により作製したDLC 被覆樹脂のナノインデンテーション法による動的粘弾性測定を用いた機械的特性評価，第36回プラズマプロセシング研究会／第31回プラズマ材料科学シンポジウム論文集，講演番号PB-3（ポスター），180-181，高知城ホール，（2019年１月15日）．

竹内陽道，清水一郎，ムハンマドアミヌルヘルミ，和田　晃，中谷達行，RFプラズマCVD法で成膜したSi添加DLC被覆AZ31マグネシウム合金の耐食性評価，日本機械学会中国四国支部第57期総会，講演会，講演番号102，2 pages in CD-ROM，山口県宇部市，山口大学，（2019年３月７日）．

久保光星，國次真輔，ムハンマドアミヌルヘルミ，今井裕一，清水一郎，中谷達行，DLC被覆樹脂の機械的特性評価法に関する検討，日本機械学会中国四国支部第57期総会，講演会，講演番号210，2 pages in CD-ROM，山口県宇部市，山口大学，（2019年３月７日）．

本田祐之輔，清水一郎，松田好史，江木俊雄，粘土瓦の強度向上に寄与する釉薬層の力学的性質評価，日本

機械学会中国四国支部第57期総会，講演会，講演番号213，2 pages in CD-ROM，山口県宇部市，山口大学，(2019年３月７日)．

石田貴也，**清水一郎**，北川陽菜，和田　晃，趙　薪茗，バルーン拡張型ステントの引張り変形挙動に及ぼすデザインの影響，日本機械学会中国四国支部第57期総会，講演会，講演番号215，2 pages in CD-ROM，山口県宇部市，山口大学，(2019年３月７日)．

三島崇寛，**清水一郎**，ピアシング加工によって金属板材に設けた穴性状に及ぼす加工条件の影響，日本機械学会中国四国支部第57期総会，講演会，講演番号303，2 pages in CD-ROM，山口県宇部市，山口大学，(2019年３月７日)．

橋本拓実，關　正憲，**清水一郎**，デフ機構を用いた減速装置の出力性能に関する基礎的研究，日本機械学会中国四国支部第57期総会，講演会，講演番号402，2 pages in CD-ROM，山口県宇部市，山口大学，(2019年３月７日)．

後　公大，**清水一郎**，趙　薪茗，和田　晃，有限要素法解析によるAZ31マグネシウム合金薄肉円筒成形の多段工程設計，軽金属学会中国四国支部第11回講演大会，講演番号3，p.6，岡山県岡山市，岡山理科大学，(2019年８月３日)．

趙　薪茗，**清水一郎**，後　公大，和田　晃，予変形によって変形双晶を発現させたAZ31マグネシウム合金薄肉円管の力学的挙動，軽金属学会中国四国支部第11回講演大会，講演番号4，p.6，岡山県岡山市，岡山理科大学，(2019年８月３日)．

定井麻子，渡辺忠俊，住田弘祐，**清水一郎**，EBSD法を用いたボルト締結めねじ谷底部のひずみ評価の検討，日本実験力学会2019年度年次講演会，講演番号B203，2 pages in CD-ROM，徳島県徳島市，徳島大学，(2019年９月２日)．

北川陽菜，**清水一郎**，和田　晃，**中谷達行**，趙　薪茗，田村　昂，血管内の応力集中を緩和するステントデザインに関する検討，日本実験力学会2019年度年次講演会，講演番号B301，2 pages in CD-ROM，徳島県徳島市，徳島大学，(2019年９月３日)．

清水一郎，竹元嘉利，二元系Ti-Mo合金におけるMo添加量が各種変形様式の弾塑性挙動に及ぼす影響，日本非破壊検査協会第51回応力，ひずみ測定と強度評価シンポジウム講演論文集，講演番号B301，pp.67-68，機械振興会館，(2020年１月11日)．

岡﨑　凌，**清水一郎**，江木俊雄，松村浩太郎，粘土瓦試験片における裏面釉薬層幅と砂分調整が三点曲げ破壊荷重に及ぼす影響，日本機械学会中国四国支部第58期総会，講演会，講演番号02a1，2 pages in CD-ROM，広島大学，(2020年３月６日)．

趙　薪茗，**清水一郎**，チューブエンドフレア試験によるAZ31マグネシウム合金薄肉円管の円周方向力学的性質評価に関する検討，日本機械学会中国四国支部第58期総会，講演会，講演番号02c3，2 pages in CD-ROM，広島大学，(2020年３月６日)．

アイナアドリナ，**清水一郎**，大西裕樹，三宅章義，島村政志，多軸圧縮下におけるゴム材料の変形特性評価と構成式による表現，日本機械学会中国四国支部第58期総会，講演会，講演番号03b1，2 pages in CD-ROM，広島大学，(2020年３月６日)．

迫田望夢，關　正憲，**清水一郎**，デフ機構を用いた減速装置の減速比と出力性能の関係，日本機械学会中国四国支部第58期総会，講演会，講演番号04a5，2 pages in CD-ROM，広島大学，(2020年３月６日)．

Ryan, M. J. and **Chiba, K.**: Reassessment of *Coronosaurus brinkmani* from the Oldman Formation (Campanian) of southern Alberta. Canadian Society of Vertebrate Paleontology 8th Annual Meeting, Victoria, British Columbia, Canada, June 6-8, 2020 (CANCELLED).

Chiba, K., Ryan, M. J., Saneyoshi, M., Konishi, S., Yamamoto, Y. Mainbayar, B., Tsogtbaatar K.: Taxonomic re-evaluation of *Protoceratops* (Dinosauria: Ceratopsia) specimens from Udyn Sayr, Mongolia, The Society of Vertebrate Paleontology 80th Annual Meeting Virtual 2020, October 12-16, 2020.

Drysdale, E. T., **Chiba, K.**, Therrien, F., Erickson, G. M., Zelenitsky, D. K.: Histological analysis of P*rosaurolophus maximus* (Hadrosauridae, Saurolophinae) from southern Alberta, Canada reveals evidence for an extended juvenile growth period, and the evolution of gigantism within a late Campanian (Late Cretaceous) hadrosaurid lineage, The Society of Vertebrate Paleontology 80th Annual Meeting Virtual 2020, October 12-16, 2020.

Kobayashi, Y., **Chiba, K.**, Chinzorig, T., Ganzorig, B., Tsogtbaatar, K.: A large non-ceratopsid neoceratopsian from the Up-

per Cretaceous Bayanshiree Formation in Mongolia, The Society of Vertebrate Paleontology 80th Annual Meeting Virtual 2020, October 12-16, 2020.

石垣忍，B. Mainbayar，Kh. Tsogtbaatar，秋和昌樹，實吉玄貴，林昭次，**千葉謙太郎**：モンゴル国ゴビ砂漠西部の上部白亜系から産出した大型アンキロサウルス類行跡化石，日本古生物学会2019年年会・総会，2019年６月21-23日，静岡大学，静岡．

Ishigaki, S., Mainbayar, B., Saneyoshi, M., Hayashi, S., **Chiba, K.**, Tsogtbaatar, Kh.: Dinosaur Ichnology in Bugin Tsav and Guriliin Tsav Fossil Sites, Upper Cretaceous, Mongolia, The 4th International Symposium on Asian Dinosaurs in Mongolia 2019 (ISAD2019), July 24-29, 2019, Ulaanbaatar, Mongolia.

Mainbayar, B., Ishigaki, S., Tsogtbaatar, Kh., **Chiba, K.**, Saneyoshi, M.: Giant Sauropod Trackway from the Bayanshiree Formation at Khavirgiin Dzo in South Gobi Aimag, Mongolia, The 4th International Symposium on Asian Dinosaurs in Mongolia 2019 (ISAD2019), July 24-29, 2019, Ulaanbaatar, Mongolia.

劉 昊，**猶原 順**，浦上逸男，UV-LEDによる枯草菌芽胞体の波長感受性に関する検討，OUS フォーラム2020，岡山，2020年11月

猶原 順，浦上逸男，歯ブラシ除菌器の性能評価，岡山リサーチパーク研究・展示発表会，岡山，2019年12月

劉 昊，**猶原 順**，谷定志保，堀江葉至，ケイ添煦，斎藤有香，浦上逸男，UV-LED外部照射型水中微生物不活化装置の開発，OUSフォーラム2019，岡山，2019年11月

堀江葉至，**猶原 順**，劉 昊，谷定志保，ケイ添煦，斎藤有香，浦上逸男，野嶽勇一，UV-LED照射による黄色ブドウ球菌の感受性，OUSフォーラム2019，岡山，2019年11月

ケイ添煦，**猶原 順**，斎藤有香，堀江葉至，谷定志保，劉 昊，浦上逸男，市販の歯ブラシ除菌器の性能評価，OUSフォーラム2019，岡山，2019年11月

猶原 順，岡山の水環境～上水と下水の紫外線殺菌について～，OUS技術セミナー，岡山，2019年２月

猶原 順，大窪一輝，掛谷直幸，川元啓次朗，中島健太，浦上逸男，UV-LEDによる各種微生物の感受性，OUS技術セミナー，岡山，2019年２月

猶原 順，高橋果鈴，松林 誠，笹井和美，金子 明，寺本 勲，浦上逸男，UV-LEDによる水中のクリプトスポリジウムに対する不活化効果，OUS技術セミナー，岡山，2019年２月

猶原 順，浦上逸男，UV-LED による水中のクリプトスポリジウムに対する不活化効果，岡山リサーチパーク研究・展示発表会，岡山，2019年２月

濱田博喜，下田恵，竹村三保，小崎紳一，35年継代培養したゼニゴケ培養細胞はカロテノイド生合成機能を有していた，第99回日本化学会春季年会（兵庫），2019年３月16～19日

濱田博喜，植物培養細胞が営む反応，第21回生体触媒シンポジウム（金沢），2019年８月29～30日

濱田博喜，藤高侑也，上杉大介，井上真奈美，小崎紳一，下田恵，植物培養細胞による配糖化とメチル化，第37回日本植物細胞分子生物学会（京都），2019年９月７～８日

濱田博喜，藤高侑也，上杉大介，下田恵，小崎紳一，和氣駿之，中山亨，Maharjan Rakesh，中山泰亮，福田庸太，井上豪，植物培養細胞が営む糖転移酵素の結晶構造と解析，第61回天然有機化合物討論会（広島），2019年９月11～13日

濱田博喜，藤高侑也，井上真奈美，柳正義，下田恵，植物培養細胞によるモノテルペン類の水酸化と配糖化，第63回香料・テルペンおよび精油化学に関する討論会（秋田），2019年９月28～30日

濱田博喜，藤高侑也，井上真奈美，川上倖輝，下田恵，小崎紳一，植物培養細胞による外来物質の水酸化およびメチル化，第52回酸化反応討論会（奈良），2019年11月９～10日

矢城陽一朗，木村崇知，田中成典，HIV-1 プロテアーゼ－阻害剤複合体のプロトン化状態の予測に向けたFMO計算，量子生命科学会第２回大会，オンライン開催，2020年12月23-24日

矢城陽一朗，木村崇知，亀澤　誠，HIV-1プロテアーゼの活性部位アミノ酸残基のプロトン化状態，第64 回香料・テルペンおよび精油化学に関する討論会（TEAC2020），静岡大学（浜松）（誌上開催），2020年10月24-26日

矢城陽一朗，木村崇知，亀澤　誠，エイズ治療薬の薬剤効果に関するフラグメント分子軌道計算，第63回 香料・テルペンおよび精油化学に関する討論会（TEAC2019），秋田大学（秋田），2019年９月28-30日

特許

フロンティア理工学研究所所員

[登録]

特許第6776145号：炭素材料の評価方法，2020年10月９日，鷹林将，**中谷達行**，岡本圭司

中国特許番号ZL0085054.5（公告番号CN108367092B）：滅菌装置及び滅菌方法，2020年８月11日，佐藤岳彦，中嶋智樹，岡崎和貴，神山秀人，押谷仁，岡本道子，五十嵐敬，長沢敏勝，鈴木勝之，中村人也，藤村茂，**中谷達行**

特許第6675538号：殺菌装置，及び，殺菌方法，2020年３月13日，佐藤岳彦，中嶋智樹，岡崎和貴，神山秀人，押谷仁，岡本道子，五十嵐敬，長沢敏勝，鈴木勝之，中村人也，藤村茂，**中谷達行**

特許第6467075号：パルス電源装置，2019年１月18日，岡野忠之，津布久卓美，菊池拓也，黒岩雅英，**中谷達行**

中谷達行，藤井泰宏，大澤晋，内田治仁，今井裕一，成膜方法，特許第6506787号，2019年４月５日

特許第6704197号：細胞構造体の製造方法，2020年５月14日，中山泰秀，**岩井良輔**，根本泰

特許第6755010号：細胞培養器の製造方法，2020年８月27日，中山泰秀，**岩井良輔**，根本泰

特許第6800436号：細胞構造体の製造方法，細胞構造体，細胞培養器，2020年11月27日，中山泰秀，**岩井良輔**，根本泰

[出願]

特願2020-122972：尿路留置カテーテル，2020年７月17日，和田里章悟，逢坂大樹，荒木元朗，和田耕一郎，大澤晋，藤井泰宏，**中谷達行**，國次真輔，今井裕一

特願2020-99976：生体吸収性医療器具の表面処理方法，2020年６月９日，**中谷達行**，金貞玉，佐々木誠

台湾108131989：人工血管，2020年２月７日，藤井泰宏，大澤晋，**中谷達行**，今井裕一

特願2020-036032：内面被覆チューブ，2020年３月３日，今井裕一，**中谷達行**，國次真輔，大澤晋，逢坂大樹，藤井泰宏

U.S. Patent Application No. 16/491,684: FILM FORMATION METHOD, September 6, 2019, Yuichi IMAI, **Tatsuyuki NAKATANI**, Susumu OZAWA, Yasuhiro FUJII, Haruhito UCHIDA

PCT/JP2019/034997：人工血管，2019年９月５日，藤井泰宏，大澤晋，**中谷達行**，今井裕一

特願2020-028119：細胞凝集塊の製造方法，2020年３月13日，広井佳臣，鈴木康平，**岩井良輔**

特願2020-103747：体性幹細胞集積組織構造体及びその製造器具，2020年６月６日，中山泰秀，佐藤康史，**岩井良輔**，福島雅典，竹中洋

特願2020-115594：軟骨組織体の製造方法，2020年７月３日，宝田剛志，**岩井良輔**，鈴木康平，深澤菜月

兼務研究員

[登録]

特許第6709489号：粘土焼成建材，2020年５月27日，江木俊雄，中島剛，小松原聡，福田健一，**清水一郎**

特許第6628263号：生体吸収性ステント，2019年12月13日，**清水一郎**，和田晃，佐々木誠

受賞

フロンティア理工学研究所所員

【2019年度SP部会賞】東京電子，**中谷達行**，福江紘幸，HiPIMS用プラズマ電源の開発，公益社団法人 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，2020年９月７日.

【Best Poster Presentation Award】Kairi Muramatsu, Takehiko Sato, Tomoki Nakajima, Toshikazu Nagasawa, Shigeru Fujimura, **Tatsuyuki Nakatani**, Development of electrodes for air plasma sterilization, Proceedings of the International Workshop on Environmental Engineering 2019 (IWEE2019), PE304, June 25th (Tue.)–28th (Fri.), 2019, Bankoku Shinryokan Resort MICE Facility, Okinawa, Japan, (2019).

【Best Poster Presentation Award】Kairi Muramatsu, Takehiko Sato, Tomoki Nakajima, Toshikatsu Nagasawa, **Tatsuyuki Nakatani**, Shigeru Fujimura, Reduction of nitrogen oxides concentration in plasma sterilization, 6th Japan-Taiwan Workshop on Plasma Life Science and Technology, (2019).

【第11回岩木トライボコーティングネットワークアワード（奨励賞）】黒岩雅英，岡野忠之，**中谷達行**，福江紘幸，高機能成膜を実現させるアーク抑制型HiPIMS 電源の開発，一般社団法人未来生産システム学協会（NPS），2019年２月22日.

【日本生体医工学会 ポスターアワード（生体医工学シンポジウム2020)】太田風輝，森脇健司，**岩井良輔**，One-step fabrication and evaluation of scaffold-free skeletal muscle-like fiber tissues by using a novel cell self-aggregation technology with specifically designed culture chamber」，2020年９月18日.

【日本組織培養学会 第92回大会 Guraduate Student Session Award】橋本真悟，滝澤 昇，**岩井良輔**，接着細胞の自己凝集化技術（CAT）を用いた毛細血管構造を有するスフェロイドの作製，講演番号 GSS-2，日本歯科大学，2019年７月７日.

【日本組織培養学会 第92回大会 Guraduate Student Session Award】草加直幸，安部菜月，鈴木康平，広井佳臣，西野泰斗, **岩井良輔**, 接着細胞の自己凝集化技術（CAT）を用いた新規スフェロイド作製法の開発：作製精度と質の評価，講演番号 GSS-4，日本歯科大学，2019年７月７日.

客員研究員

【公益財団法人工作機械技術振興財団 工作機械技術振興賞奨励賞】梶田くるみ, 寺野元規, **金枝敏明**, 河野晃, 骨用ドリルの穿孔性能に及ぼすドリルの刃先形状並びに材質の影響，2019年６月.

兼務研究員

【令和２年度有機合成化学協会中国四国支部　第43回支部奨励賞】**岩永哲夫**，アントラセン電子チューニング法に立脚した新奇なパイ共役系化合物の創製，有機合成化学協会中国四国支部，2020年11月.

【第62回日本平滑筋学会総会 優秀ポスター賞】勝木秀一，大橋南海，竹谷浩介，田中良法，北澤俊雄，**江藤真澄**, 平滑筋Ca2+-sensitization forceの調節機構―CPI-17 N・C末端領域の生理的役割, 2020年12月20日.

社会貢献活動

客員研究員

北岡豪一：鳥取県環境審議会　全体会に出席，バードステイホテル（鳥取市），2020年２月12日.

西村敬一：岡山県「防災ワークシート」検討委員，2020年７月14日-2021年２月28日.

西村敬一：岡山市教育員会 実践的安全教育総合支援事業アドバイザー，2019-2020年度.

西村敬一：岡山市立公民館等主催の防災講座担当　2019年度：６回　2020年度：４回

岡山理科大学
フロンティア理工学研究所研究報告　第２号
2020年12月20日　印刷
2020年12月25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

印刷所　柳本印刷株式会社
〒719-1126 総社市総社１－10－24
TEL　0866(92)0055