

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 1 号

口絵	1
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	3
蜂谷和明・青木宏之：金属板表面への潤滑油の速い吸着速度の摩擦試験機を用いた測定	9
池田光希・白井美帆・赤司治夫：0.3[W ₂ S ₄ (Tpms) ₂]-0.7[W ₂ O ₂ S ₂ (Tpms) ₂]の構造解析	15
猶原 順・Khadbaatar Sandag・ケイ添照・李 媛媛：モンゴル国の環境水及び土壤中元素濃度の測定	23
矢城陽一郎：薬剤効果の予測に向けたフラグメント分子軌道計算	29
濱田博喜：植物細胞を活用した水溶性アスタキサンチンの合成	35
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	37
兵藤博信：過剰アルゴンの獲得過程 - 二種の鉱物の相互作用	43
今山武志・Dutta Dripta：北西インドラダック地域における超高压Tso Moriri変成岩体の地質調査報告	49
Shinobu ISHIGAKI, Khishigjav TSOGTBAATAR, Hidetsugu TSUJIGIWA, Buuvei MAINBAYAR, Akio TAKAHASHI, Kazumasa AOKI, Shogo AOKI, Batsaikhan BUYANTEGSH, Purevsuren BYAMBAA, Chagnaa BAYARDORJ, Balgan OTGONBAT, Mototaka SANEYOSHI, Shoji HAYASHI and Kentaro CHIBA: Report of the Okayama University of Science - Mongolian Institute of Paleontology Joint Expedition in 2019	53
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	59
西居俊基・小林祥一・武智泰史・猶原 順・草地 功： 岡山県布賀鉱山におけるCaO-B ₂ O ₃ -H ₂ O系鉱物のホウ素同位体組成とその起源	65
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	71
岡山理科大学フロンティア理工学研究所について 構成員・別館共同利用・別館共同利用規定	79
フロンティア理工学研究所シンポジウム「東アジアの成り立ちと岡山」	83
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～」	85
OUSフロンティアセミナー開催記録	86
令和元年度「夏休み親子自然観察教室」実施報告	88
令和元年度「フロンティア理工学研究所ジョセミナー」活動記録	90
学外発表学術論文, 学会発表論文, 特許および受賞	98

岡 山 理 科 大 学

2019 年 12 月

Okayama University of Science

Okayama, Japan

December, 2019

The Bulletin of Research Institute of Frontier Science and Technology

No.1

CONTENTS

Pictorial	1
Tatsuyuki NAKATANI, Yuichi IMAI, Shinsuke KUNITSUGU: Analysis of the Dynamic Viscoelastic Properties of DLC Coating Resin by the Nanoindentation Method	3
Kazuaki HACHIYA and Hiroyuki AOKI: Determination of Fast Adsorption Rate of Lubricants on Metal Plate Surface by Measurement of Friction Coefficient Change	9
Hiroki IKEDA, Miho SHIRAI, Haruo AKASHI: X-ray structure determination of $0.3[\text{W}_2\text{S}_4(\text{Tpms})_2] \cdot 0.7[\text{W}_2\text{O}_2\text{S}_2(\text{Tpms})_2]$	15
Jun NAOHARA, Sandag KHADBAATAR, Tian Xu XING and Yuan Yuan LI: Measurement of Element Concentration in Environmental Water and Soil in Mongolia	23
Yoichiro YAGI: Fragment Orbital Calculations toward Prediction of Drug Effects	29
Hiroki Hamada: The synthesis of water soluble astaxanthin using plant enzyme	35
Naoyuki KUSAKA, Fumiya NOBUMASA, Noboru TAKIZAWA, Ryosuke IWAI: Possibility of cryopreservation in spheroid production process using adhered cell self-aggregation inducible technology.	37
Hironobu HYODO: Process of Excess Argon Acquisition - Interaction between two minerals	43
Takeshi IMAYAMA and Dripta DUTTA: Research report of the Tso Moriri ultra-high pressure metamorphic complex in Ladakh, NW India	49
Shinobu ISHIGAKI, Khishigjav TSOGTBAATAR, Hidetsugu TSUJIGIWA, Buuvei MAINBAYAR, Akio TAKAHASHI, Kazumasa AOKI, Shogo AOKI, Batsaikhan BUYANTEGSH, Purevsuren BYAMBAA, Chagnaa BAYARDORJ, Balgan OTGONBAT, Mototaka SANEYOSHI, Shoji HAYASHI and Kentaro CHIBA: Report of the Okayama University of Science – Mongolian Institute of Paleontology Joint Expedition in 2019	53
Keiichi NISHIMURA: Average density of hills in and around the Okayama Plain estimated from gravity data, and its geologic implication	59
Toshiki NISHII, Shoichi KOBAYASHI, Yasushi TAKECHI, Jun NAOHARA and Isao KUSACHI: Isotopic composition of boron and its origin in $\text{CaO-B}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ minerals at the Fuka mine, Okayama, Japan	65
Koichi KITAOKA: Air temperature history recorded to the borehole temperature in Okayama, Japan	71
About IFST, OUS	79
The 1st IFST symposium -Geohistory of East Asia and Okayama-	83
The 1st OUS Frontier Seminar -Frontier Science and Technology for Sustainable Society-	85
Record of the OUS Frontier Seminar	86
Report on Summer School with Parents in Hiruzen	88
Report on the OUS Geoseminar	90
List of publications, presentations, patents, and awards	98

Okayama University of Science

Okayama, Japan

December, 2019



不均質に強く変形を被っているバリスカン造山帯の花崗岩類と変成岩類
(Cap de Creus地域, スペイン)

バリスカン造山帯は、古生代後期のローレンシア大陸とゴンドワナ大陸の衝突により形成した山脈である。スペインのCap de Creus半島では、それらの大陸衝突によって形成したと考えられる堆積岩起源の花崗岩類やそれに伴う高変成度の変成岩類が観察される。写真では、バリスカン造山帯の花崗岩類と変成岩類が不均質に強く変形しており、マイロナイト化して大規模な剪断帯を形成している様子がわかる。

(写真・文 今山武志)

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

中谷 達行・今井 裕一*・國次 真輔**

岡山理科大学フロンティア理工学研究所

*岡山理科大学大学院工学研究科システム科学専攻

**岡山県工業技術センター応用技術部金属・加工科

2019年12月15日受理

1. はじめに

硬質膜であるDLC (Diamond-Like Carbon) は、ダイヤモンドの sp^3 結合と、グラファイトの sp^2 結合が混在するアモルファスな炭素膜であり、低摩擦、高硬度、耐摩耗性、耐腐食性、ガスバリア性、生体適合性などの特徴を持っている。現在DLCの応用例としては、自動車部品や工具への保護膜、医療機器への生体適合化膜などがあり、金属基材上への成膜例が多くなっている。しかし、樹脂基材上でのDLC成膜に関しては、種々の課題があるため未だ実用例が少ないのが現状である。樹脂基材へ成膜する際の課題として、金属材料に比べ、軟質材に対する硬質膜の成膜は密着性不良が発生することや、プラズマによる樹脂基材へのダメージなどが予想される。エンジニアリングプラスチックには、低コスト、製造の容易さ、腐食抵抗などの利点があり、現在では銅やアルミのような構造用金属が、多くの分野でプラスチックに置き換わりつつあるが、表面機能化のニーズは根深いものがある。したがって、成膜時の問題点が解決され、DLCにより樹脂基材の表面を高機能化することが可能になれば、生体機能材料や輸送用機器部品などへの用途拡大が期待できる。一方で、基板上の硬質な膜の評価法としては、一般的には静的なナノインデンテーション法による硬さ測定、解析が適応されているが¹⁾、樹脂材料では分子量や分

子構造の影響を受けるため評価の信頼性に課題があり、評価方法も確立されているとは言い難い。

このような背景に鑑みて、これまでに、樹脂基材上にDLCを成膜し、ナノインデンテーション法による動的粘弾性評価 (NanoDMA法: Nano-Dynamic Mechanical Analysis)²⁾ により、DLC被覆樹脂の力学的特性の評価方法について検討してきた。NanoDMA法を用いることにより、深さ方向に対して粘弾性や硬さなどの力学的特性を連続的に測定することが可能となり、DLC被覆によって変化する表面近傍での力学的特性を評価できることが期待できる。そこで本稿では、軟質材料に成膜したDLC膜の硬さ評価方法についてPEEK (Polyether Ether Ketone) 樹脂基材を例にとり概説する。

2. 軟質材料上の硬質被膜の硬さ評価法

ナノインデンテーション試験は、Hysitron製のTriboindenter TI-950を使用し、Berkovich圧子を用いて行った。動的粘弾性の測定原理は、連続剛性測定法 (CSM法: Continuous Stiffness Measurement)³⁾ を応用したものであり、図1に示すように静的荷重によって押し込んだ圧子に一定周波数の微小な荷重を付加し、これに対する表面変位を検出することで、粘弾性特性を算出する方法である。図1を説明する。材料の複素弾性率 E^* は貯蔵弾性率 E' と損失弾性率 E'' を用いて表され

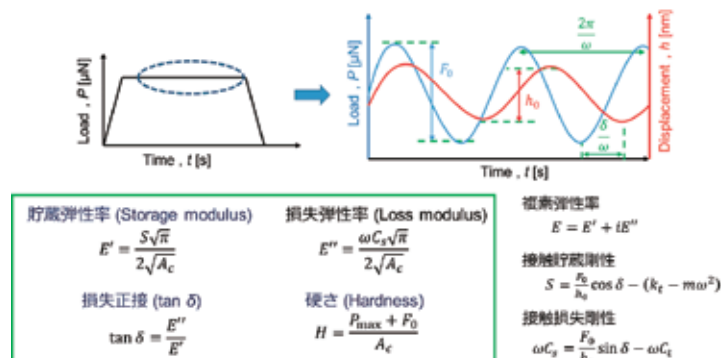


図1 ナノインデンテーション法による動的粘弾性測定

る。 A_c は接触面積であり、押込みの時の接触深さ h_c の関数として定義される。 S は接触貯蔵剛性、 ωC_s は接触損失剛性である。ここで F_0 は動的荷重、 h_0 は動的変位、 δ は位相差、 k_p 、 m 、 C_t はトランスデューサーのバネ定数、質量、ダンピングである。また粘弾性として示される $\tan \delta$ は貯蔵弾性率と損失弾性率の比から算出される。測定は荷重一定のもとで振動を与え、振動周波数を連続的に変化させる。その際の静的荷重を変化させることで、測定深さを変えながら軟質材料に成膜した硬質被膜の粘弾性および、硬さの押込み深さ依存性を調べることができる。

3. ナノインデンテーション法による動的粘弾性評価の信頼性

基板材料には、産業技術総合研究所（産総研）の高分子動的粘弾性評価用標準物質であるPEEK (Polyether Ether Ketone) 樹脂を用いた。この試料を用いた理由は、NanoDMA法が一般的に行われていないため、産総研が提供している引張試験による動的粘弾性測定データとの比較を行い、NanoDMA法の精度の検証を行うためである。測定は荷重一定のもとで振動を与え、振動周波数を100 Hz、30 Hz、10 Hz、3 Hz、1 Hzと連続的に変化させた。接触深さ h_c に対する貯蔵弾性率 E' 、損失正接 $\tan \delta$ の依存性を図2、3に示す。図の破線は1 Hz、23 °Cにおける産総研の引張りによる動的測定の認証値である。ナノインデンテーションでは、圧子と材料の双方の変形を測定するため、材料の貯蔵弾性率を算出し、比較に用いた。貯蔵弾性率 E' については認証値よりも少し高い値が測定された。これは樹脂材料の経年酸化劣化により、硬度が上昇したことが原因と考えられる。その他には、試験法による違いで、押込みにより見かけ上圧子周辺材料の密度が高くなることや、また振動の際に圧子が接触することで摩擦などが発生するため、余分な荷重が必要になることなどが考えられる。また損失正接 $\tan \delta$ については認証値に対して、ほぼ一致する結果となった。損失正接 $\tan \delta$ の

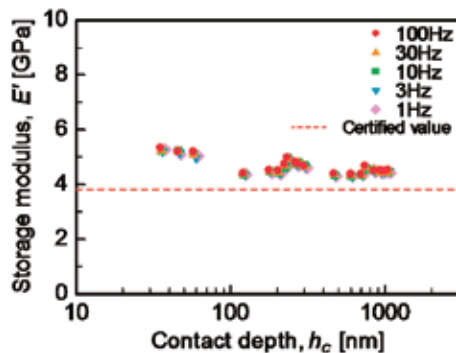


図2 標準PEEK材の貯蔵弾性率の接触深さ依存性

値が0.01程度ということは損失弾性率 E'' の値が非常に小さいということであり、これは装置の検出限界にも近い。しかし、ばらつきが前後0.01程度に収まっているため、装置の精度が高いことが伺える。以上の結果から、貯蔵弾性率 E' と損失正接 $\tan \delta$ が認証値に対して概ね一致し、ナノインデンテーション法による動的粘弾性評価が信頼できる評価法であることがわかった。

4. DLC被覆PEEK樹脂の評価

DLCの成膜には、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法によるプラズマとPVD (Physical Vapor Deposition) 法によるプラズマを併用したハイブリッドプラズマによる低インダクタンスアンテナ誘導結合型プラズマ⁴⁾ (ICP-LIA: Inductively Coupled Plasma with Low Inductance Antenna) 支援反応性スパッタリング法⁵⁾を用いて、373 K以下の低温で行った。このハイブリッドプロセスにより成膜時にプラズマのエネルギー・密度が増加し、樹脂基材上に対しても硬質膜が成膜される⁵⁾。

図4にDLCを被覆したPEEKと、DLCを被覆せずに基材のみで測定したときの荷重変位曲線を示す。グラフには低荷重領域と高荷重領域の2領域の結果を示している。この図から、DLCを被覆したことによって、同じ荷重を与えたときの押込み深さ h が抑制され、表面近傍で硬化していることがわかる。しかし、押込みが深くなり、深さが200 nmから300 nm程度になると基材

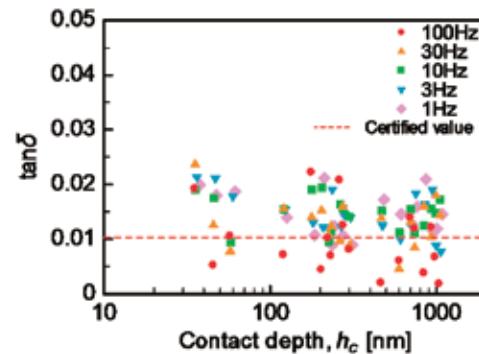


図3 標準PEEK材の損失正接の接触深さ依存性

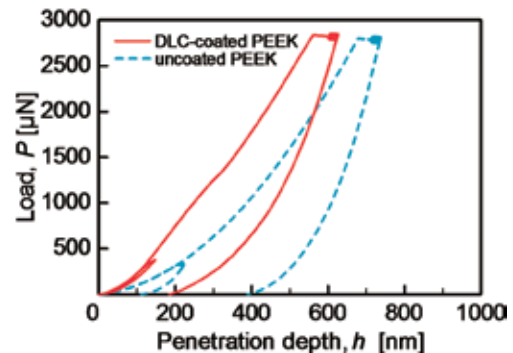


図5 DLC被覆PEEK材の貯蔵弾性率の接触深さ依存

PEEKの影響をうけて傾きが変化しているため、軟化していることが推察される。PEEKの荷重変位曲線では、金属などの硬質な基材で起こるポップインによる剥離の様子は確認されなかった。しかし、傾きが変わることから押込みの過程で剥離や破壊が発生していることが推測される。NanoDMA測定の結果として、DLC被覆PEEKにおける周波数を変化させたときの接触深さ h_c に対する貯蔵弾性率 E' 、損失正接 $\tan \delta$ 、硬さ H の依存性を図5, 6, 7に示す。図中の赤い破線はDLCを被覆せず、基材PEEKのみで測定したときの平均値を示している。貯蔵弾性率 E' の値は表面近傍の接触深さ h_c の浅い領域で、破線で示している基材と比較して高くなっている。また接触深さ h_c が深くなっていくにつれて基材の影響をうけて軟化しており、膜厚と同程度の押込みで基材の貯蔵弾性率 E' の値とほぼ一致する。一方で損失正接 $\tan \delta$ は、深さ方向に関係なく、0.015程度の小さい値を示した。これは、PEEK自体の損失正接 $\tan \delta$ の値自体が低いため、DLCを被覆しても差が見られなかったためと考えられる。続いて硬さ H については、貯蔵弾性率 E' と同様に表面近傍の接触深さ h_c の浅い領域で、破線で示している基材と比較して高くなっている。また、接触深さ h_c が深くなっていくにつれて基材の影響をうけて軟化し、膜厚と同程度の押込みで基材の硬さ H の値とほぼ一致する。さらに、周波数を変化させたことによる値の変化は貯蔵弾性率 E' 、損失正接

$\tan \delta$ 、硬さ H 共に小さく、DLCを被覆しても周波数依存性が小さいことがわかる。以上より、DLCを被覆したことによって表面近傍の領域で硬化したことがわかり、力学的特性が向上していることが確認できた。

5. フィッティング法を用いたDLC膜の貯蔵弾性率 E' 、硬さ H 算出

ナノインデンテーション法による測定では、基材の影響を含んだDLC膜の貯蔵弾性率 E' や、硬さ H が算出されるため、DLC膜そのものの評価を行うために、フィッティング法を用いて貯蔵弾性率 E' と硬さ H の算出を行った。通常、薄膜の物性を得るには、膜厚の1/10よりも浅い押込みでなければならないという経験則が存在するが、押込みが浅いと表面粗さや、圧子の先端形状のばらつきなどにより、正確な測定が困難となる。また、樹脂基材に至っては、押込みが膜厚の1/10以下の押込みでも基材が金属材料に比べて軟らかいことから、基材の影響をうけていることが前述の測定結果からもわかる。そこでフィッティング法により、理論的に基材の影響を受けない押込み深さでの値を算出することが重要となる。フィッティング法に関する検討は過去にも行われており、硬さに関してはTuck and Korsunskyらによるフィッティング関数⁶⁾、貯蔵弾性率に関しては新たに定義された高い相関関係を示すフィッティング関数を各々用いた^{7), 8)}。

図8, 9に膜厚により規格化した接触半径 a/t に対する貯蔵弾性率 E' 、膜厚により規格化した接触深さ h_c/t に対する硬さ H の依存性を各々示す。またグラフのプロットは測定値で標準誤差をエラーバーで示しており、曲線はフィッティング関数により算出したフィッティング曲線である。算出した結果、PEEK基板上に成膜したDLC膜の貯蔵弾性率 E' は12.1 GPa、硬さ H は2.52 GPaと算出され、基材PEEKの貯蔵弾性率 E' が4.89 GPa、硬さ H が0.35 GPaに対し、硬質な膜が成膜できていることが確認できた。今後は、本評価方法を成膜条件に反映していくことで、さらに硬質なDLC膜の形成を可能としていく。

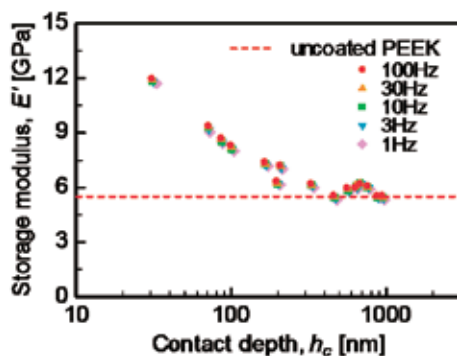


図5 DLC被覆PEEK材の貯蔵弾性率の接触深さ依存性

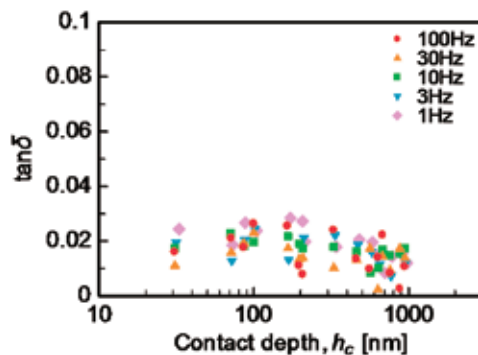


図6 DLC被覆PEEK材の損失正接の接触深さ依存性

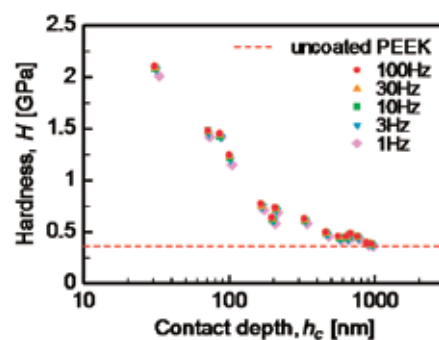


図7 DLC被覆PEEK材の硬さの接触深さ依存性

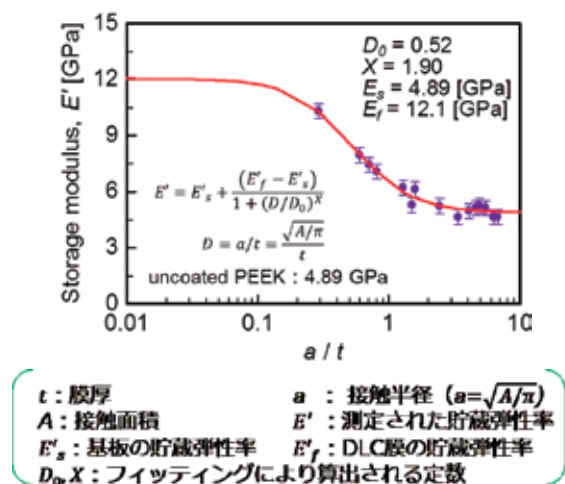


図8 DLC被覆PEEK材の膜厚により規格化した接触半径に対する貯蔵弾性率フィッティング

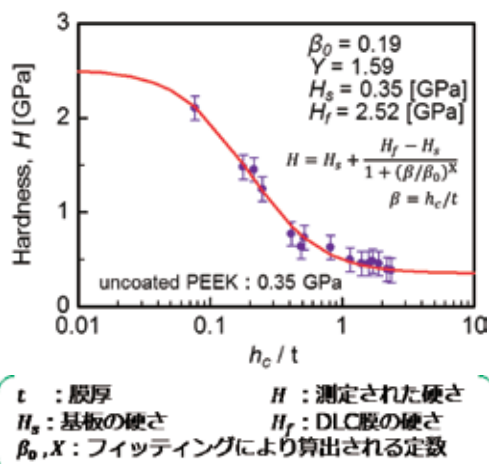


図9 DLC被覆PEEK材の膜厚により規格化した接触深さに対する硬さフィッティング

6. おわりに

本稿では、PEEK樹脂基材にDLC膜を成膜後、ナノインデンテーション法による動的粘弾性評価(NanoDMA法)の結果、以下の知見が得られた。①産総研が提供する引張試験による動的粘弾性測定データとの比較を行った結果、認証値に対し考える範囲で一致したことから、NanoDMA法が信頼できる測定法であることがわかった。②荷重変位曲線から、DLC被覆により、荷重を与えたときの押込み深さが抑制されることから、樹脂材料表面の硬質化が確認された。③動的測定の結果から、DLC被覆による硬度の向上がみられ、表面近傍での力学的特性の向上が確認された。④フィッティング法を用いることで、基材の影響を含む測定値からDLC膜単体の貯蔵弾性率 E' 、硬さ H を算出することができ、樹脂基材上に硬質な膜が形成できていることが確認された。以上のことから、ナノインデンテーション法による動的粘弾性評価(NanoDMA法)が、軟質材料に成膜した硬質被膜の硬さ等の評価法の一つとして有効であるといえる。

参考文献

- 1) W. C. Oliver and G. M. Pharr, J. Mater. Res., 7 (4), 1564, (1992).
- 2) E. G. Herbert, W. C. Oliver and G. M. Pharr, J. Physics D: Applied Physics, 41, 074021 (2008).
- 3) J. B. Pethica and W. C. Oliver, MRS Symp. Proc., 130, 13, (1989).
- 4) 節原裕一, J. Plasma Fusion Res., 1, 24, (2011).
- 5) 國次真輔, 中西亮太, 中谷達行, 表面技術協会講演大会講演要旨集, 136, 154, (2017).
- 6) J. R. Tuck, A. M. Korsunsky, D. G. Bhat and S. J. Bull, Surf. Coat. Technol., 139, 63, (2001).
- 7) 國次真輔, 岡山県工業技術センター報告, 34, (2007).
- 8) J. Mencik, D. Munz, E. Quandt, E. R. Weppelmann and M. V. Swain, J. Mater. Res., 12 (9), 2475 (1997).

Analysis of the Dynamic Viscoelastic Properties of DLC Coating Resin by the Nanoindentation Method

Tatsuyuki NAKATANI, Yuichi IMAI*, Shinsuke KUNITSUGU**

Research Institute of Frontier Science and Technology, Okayama University of Science,

**Graduate School of Engineering, Okayama University of Science,*

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

***Industrial Technology Center of Okayama Prefecture,*

5301 Haga, Kita-ku, Okayama 701-1296, Japan

Diamond-like carbon (DLC) is an amorphous carbon film that includes properties such as low friction, high hardness, abrasion resistance, and good biocompatibility. Applications of DLC include film formation on metal bases such as coating of automobile parts and biocompatible film for medical devices. However, there are few examples of film formation based on resin and there is no established analysis method for DLC-coated resins, thereby necessitating further research. This study aims to analyze the mechanical properties of DLC-coated resins via a dynamic viscoelastic property evaluation using the nanoindentation method, i.e., nanoscale dynamic mechanical analysis (NanoDMA). To investigate the accuracy of the NanoDMA method, we first compared the measurement data of the proposed method to those of the dynamic viscoelastic measurement obtained from a tension experiment on the same sample. The tension experiment was conducted by the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology. Then, after verifying the accuracy of the NanoDMA method, we coated the samples with DLC and measured the dynamic viscoelastic properties. As a result, we confirmed improvements in the dynamic properties near the surfaces, and established the NanoDMA method as an analysis method for DLC-coated resins.

Keywords: Diamond-like carbon; dynamic viscoelastic property; nanoscale dynamic mechanical analysis; nanoindentation; resin.

金属板表面への潤滑油の速い吸着速度の摩擦試験機を用いた測定

蜂谷 和明*・青木 宏之**

*岡山理科大学工学部機械システム工学科

**岡山理科大学理学部生物科学科

2019年12月15日受理

1. 緒言

機械の金属表面で発生する焼付き現象では、焼付きが起こる直前で金属表面の温度が上昇し、これと同時に摩擦係数も上昇することが知られている。一方で、難燃性の水-グリコール系作動油の場合は、水が含まれていて高温にはならないため、機械的応力によって潤滑油分子の切断が起こると考えられる。この分子の切断によって、潤滑油の粘度低下が起こり、油膜厚さが減少するため、摩擦係数の増加（焼付き）が起こると考えられる^{1,2)}。一方、吸着膜がボールの移動で破壊されるが、これが潤滑油分子の再吸着により修復されれば焼付きは起こらないと考えられる。190℃で10分間加熱処理したステンレス板に、分子量400のポリエチレングリコール（PEG400と略記）を塗布した後に、60℃で5分間放置した場合の吸光度の膜厚依存性の切片は負になったが、60℃で塗布した後に直ちに室温まで急冷した場合の吸光度の膜厚依存性の切片は正となり、PEG400のステンレス板への吸着は5分以内に起こることが分かった³⁾。

金属表面はお互いの摩擦運動によって酸化されているが、この金属酸化被膜は化学的に活性であり、 H^+ や OH^- の表面電位決定イオン、金属イオンやアミノ酸、タンパク質等の物質を吸着し、その希薄な濃度の物質の金属酸化物表面への反応速度とメカニズムが速度論的に研究されている^{4,5)}。これらの物質はいずれもイオン性であり、電気伝導度測定が有効な検出手段である。しかし、PEG等を含む潤滑油は濃厚な溶液または原液であり、これらは油性でかつ非イオン性の物質で電気伝導度測定は有効ではない。これらの潤滑油を構成する潤滑油分子の吸着速度の測定を、摩擦係数の経時変化を直接測定することにより、吸着速度を求めようと試みられた⁶⁾。今回、PEG400が入ったステンレスシャーレを20, 30, 40, 50℃の各温度に保って摩擦試験を行うことにより、金属表面上に酸化被膜を形成させ、摩擦係数の経時変化を測定した。この摩擦係数の経時変化から、金属酸化物表面へのPEG分子の吸着速度と吸着メカニズムについて検討を行った。

2. 実験方法

水-グリコール系作動油は、増粘剤とそれを溶かすための溶剤、燃焼を防止するための水より構成されている。水-グリコール系作動油の摩擦試験には、増粘剤として和光純薬の分子量400のポリエチレングリコール（PEG400と略記）の原液を使用した。これらの試料を、直径50 mm、高さ13 mm、厚さ0.5mmの円筒形のステンレスシャーレ（SUS304、成分：Fe 74%、Cr 18%、Ni 8%、ヤング率：195GPa、ポアソン比：0.3、算術平均粗さ $Ra=(0.08\pm0.09)\mu m$ 、最大高さ $Ry=(0.38\pm1.62)\mu m$ ）に入れて摩擦試験を行った。ステンレスシャーレは、使用前に表面を日本磨料工業のピカール金属磨き〔アルミナ 99%、粒度10~20 μm （最大径40 μm 、最小径10 μm ）〕で鏡面状に研磨した。これを洗剤で研磨剤を洗い落とし、蒸留水で洗浄後、乾燥させて使用した。ボールオンディスク式摩擦試験機のボールは、直径6mmのSUJ-2（HB：201、HRB：94、ヤング率：206GPa、ポアソン比：0.3）製のものを使用した。

PEG400の摩擦係数の経時変化は、CSM Instruments社（アントンパール社）のボールオンディスク式摩擦試験機、HIGH-TEMPERATURE TRIBOMETERで測定した。この試験機は、室温から800℃までの一定の温度に保って摩擦係数が測定でき、本実験では30から60℃の各所定の温度で一定にして摩擦試験を行った。ステンレスシャーレは、トライボメータには直接固定できなかったため、厚さ0.5mmの銅板で爪状の固定金具を作製した。ステンレスシャーレをサンプルホルダーに置き、銅製の固定金具を取り付けた後に、サンプル固定リングを所定の位置に置いて、3本のねじを使用してシャーレを固定した。この場合に、試験中にシャーレが水平で、かつ滑らかな回転になるように3本のねじの締め付け具合を調節した。SUJ-2製の直径6mmのボールをボールホルダーに挿入して固定した後、測定アームに取り付けられたボールホルダーの上に、1Nの重りをつけた。この1Nの荷重は、ボール先端部にかかる応力に換算すると0.44GPaであった。

SUJ2製のボールは、比較のために、SUS304製の直径6mmのボールに変えられて摩擦試験を行った。潤滑油基油の試料を、プラスチック製のピペットでシャーレ内に2.0ml (2.0gに相当) を注入し、0.005m/sの回転速度で30分間のならし運動をした後のシャーレ、あるいはすでに使用して表面に粗さが作られたシャーレを用いて、シャーレ表面の溝内の粗さは残したままで、酸化被膜のみを研磨剤で磨いて取り除いて洗浄して使用した。摩擦試験機に再び取り付け付けたシャーレ内に、2.0mlの試料を注入し、半径10mmの同じ溝で、回転速度0.10m/sのすべり速度で30分間の摩擦試験をした。測定された摩擦係数の信号は、ランダムノイズに似た性質を示すので、測定点から50点分の平均をエクセルで求め、この信号をもとの信号に戻して平均化処理を行い、ランダムな摩擦係数のノイズを取り除いた⁷⁾。

3. 結果および考察

機械の金属同士が接するすべり面では、強い機械的な応力による摩擦のため金属酸化被膜を生成し、その面に潤滑油分子が吸着して境界潤滑膜が生成する。この吸着膜の生成過程を、摩擦試験機を使用して検討した。SUS304のステンレスシャーレに潤滑油PEG400を入れた状態で、直径6mmのSUJ2製のボールをボールホルダーに入れ、ステンレスシャーレの設定温度40℃と一定になるまで加熱した。試料が40℃になった後、すべり速度0.15m/s、荷重1N、ボールの回転半径0.005mで摩擦試験を開始すると、図1で示すような摩擦係数の経時変化が観測された。

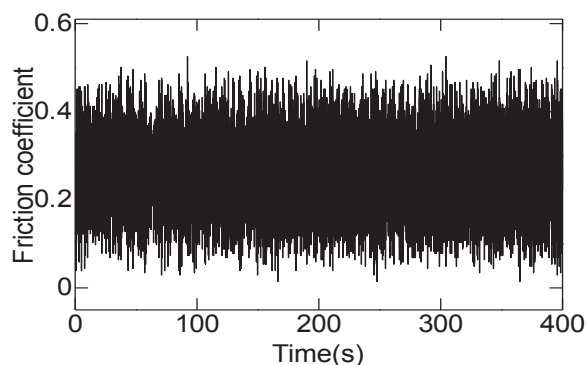


図1 PEG400の入ったステンレスシャーレ内での摩擦係数の経時変化 (40℃, 荷重1N, すべり速度0.15m/s)

図1の摩擦係数の経時変化で、摩擦係数のノイズを取り除くため、測定時点(たとえば t_1 (s)とする)以降に、上下に変動する50点の摩擦係数を平均して、この値を t_1 (s)の摩擦係数とした。この平均化の操作を0~400sの各観測点毎に行ってノイズを消去した摩擦係数の経時変化を図2に示す。

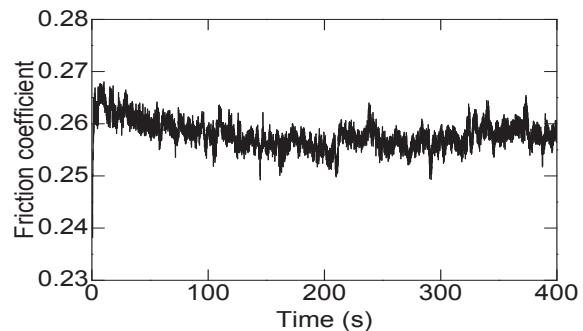


図2 平均化処理により摩擦係数のノイズを除去した、PEG400の摩擦係数の経時変化 (40℃, 荷重1N, すべり速度0.15m/s)

ノイズを取り除いた摩擦係数は、摩擦試験の開始から約200秒の間で急激に減少し、その後時間とともに一定になっていることがわかる。しかし、図2の時間軸を拡大した摩擦係数の経時変化を図3に示す。この図から、摩擦係数は0~5s間で、時間とともに増加する速い経時変化が観測された。摩擦係数が時間とともに増加する経時変化は、試料の温度を20から50℃まで変化させた場合、摩擦係数の経時変化が速くなる等の傾向が見られなかった。また、図3で示すような摩擦係数の信号の変化は、試料温度の上昇とともに、消失したりして観測することができず、再現性が得られなかった。

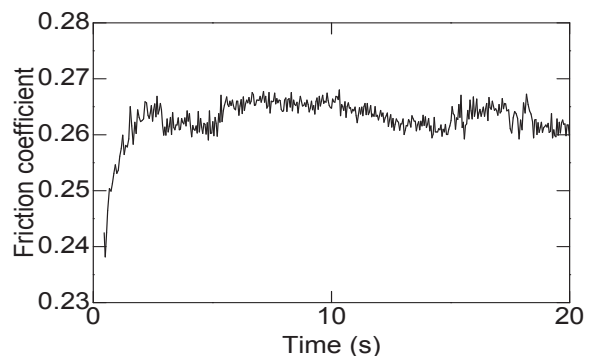


図3 図2の信号を時間軸方向に拡大した場合の摩擦係数の経時変化 (40℃, 荷重1N, すべり速度0.15m/s)

この摩擦係数が時間とともに増加する経時変化の原因を解決するため、40℃で、図4で示すように、ボールの位置を半径5mmで摩擦試験を10分間行った後、同図のようにボールを交換しないで、半径7mmと、ボールの接触する溝の位置だけを新しく変えて摩擦試験を行うと、図3のような摩擦係数が増加するような摩擦係数の経時変化の曲線が消失し、逆に摩擦係数が時間とともに減少する経時変化を観測した。この現象はSUJ2のボールを1度摩擦試験に使用すると、ボール

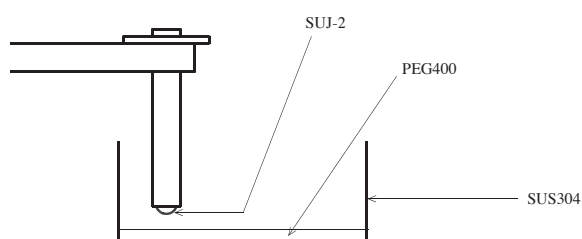


図4 摩擦試験機のボールホルダーの位置を半径5mmの位置から7mmの位置まで移動した場合の摩擦係数の測定 (40℃, 荷重1N, すべり速度0.15m/s)

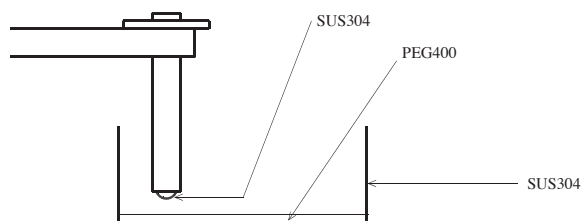


図5 図4の摩擦試験機のボールをSUJ-2からステンレスシャーレと同じ材質のSUS304の半径6mmのボールに変えた場合のPEG400の摩擦試験の説明図 (40℃, 荷重1N, すべり速度0.15m/s)

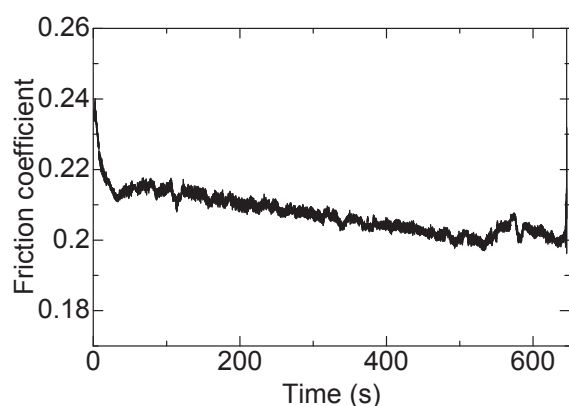


図6 平均化処理により摩擦係数のノイズを除去した、摩擦係数の経時変化 (40℃, 荷重1N, すべり速度0.15m/s)

には酸化被膜が形成され、その表面上に潤滑油が十分に吸着されてしまう。このため、SUJ2のボール面上には、潤滑油分子はこれ以上吸着されないことになる。この結果、溝を変えた新しいステンレスシャーレの面上には、SUJ2ボールにより、新しいステンレス面上の溝と、その溝面の上に酸化被膜が形成され、このステンレス面上の酸化被膜の面上に潤滑油分子が吸着するため、摩擦係数の経時変化は、係数の値が減少する向きに現れたと考えられる。この現象より、図3のような摩擦係数が時間とともに増加する変化は、摩擦試

験によりSUJ-2製のボール表面に生成した酸化被膜に潤滑油が吸着する現象で、ステンレスシャーレ表面への潤滑油の吸着の過程を観測していないことがわかる。ステンレスシャーレのステンレス金属表面のみへの潤滑油の吸着速度を測定するため、図5に示すようにSUJ-2製のボールを、同じ直径6mmでステンレスシャーレと同じ材質のSUS304製のボールに変え、ステンレスシャーレ内にPEG400を入れて、試料温度を40℃で、ボールの軌道回転半径を5mmに調節して、すべり速度0.15m/sで測定した。平均化した摩擦係数の経時変化を図6に示す。また時間軸方向に拡大した摩擦係数の経時変化を図7に示す。この図より、図3で観測されたような摩擦係数が時間とともに増加する現象は、予想されたように、シャーレとボールを、すべてステンレス製に変えた場合には観測されず、摩擦係数は時間とともに減少する経時変化のみが観測された。

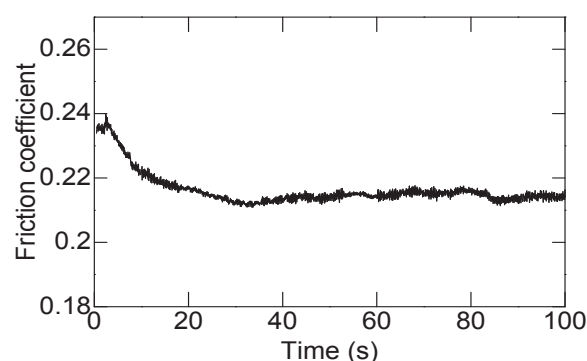


図7 図6の信号を時間軸方向に拡大した場合の摩擦係数の経時変化

ノイズを取り除いた摩擦係数は、摩擦試験の開始から約30秒の間で急激に減少し、その後、時間とともに減少していることがわかる。時間軸を拡大した摩擦係数の経時変化を図7に示す。

シャーレとボールをいずれもSUS304の組み合わせで、図5に示すように、半径5mmと7mmの溝の位置を変化させた摩擦試験を行うと、半径7mmの場合の摩擦係数の経時変化は、半径5mmの場合の摩擦係数の経時変化に比べて遅くなり、再現性が得られなかった。この経時変化が遅くなる現象は、ステンレスシャーレ表面上で潤滑油が吸着する部位（これを吸着サイトという）の数が、ボールの移動する半径が5mmの場合と7mmの場合で変化しているためと思われる。

ステンレスシャーレ表面へのPEG400への吸着速度の再現性ある結果を得るために、ステンレスシャーレを新たに購入した。新しいシャーレ表面は保護膜でコーティングしていたために、バフ仕上げでSUS304

の材質そのものの面を出現させるように作製し、洗浄して用いた。ボールホルダー内のボールはSUS304でシャーレもSUS304製のものの中にPEG400を注入して40℃になるまで加熱した。40℃に達したのち、まず半径5mmの位置で、荷重1N、すべり速度0.005m/sでなじみ運転を30分間行った。これは、ボールがシャーレ面上を移動して、金属面に金属酸化物被膜を作成して、PEG400を十分に吸着させるためである。このなじみ運転の後、ボールホルダー内のボールの位置を回転させて、新しいボール面を出し（あるいは、新しいボールに変えて新しいSUS304面を出し）、ステンレスシャーレの溝の位置を半径5mmと変えないで、荷重1N、すべり速度を0.15m/sで10分間摩擦試験を行うと、図7で示すような、摩擦係数が時間とともに減少するような再現性ある経時変化が得られた。この場合の摩擦係数測定実験の意味は、なじみ運転で金属酸化物面上に形成されたPEG400の吸着膜の平衡状態を、新しいSUS304の面で吸着平衡を微小にずらせて、再び吸着平衡に戻す、いわゆる「緩和法」という方法を採用している^{4,5)}。

図7では、摩擦係数が約30秒付近まで変化し、その後一定となっている。したがって、30秒以降で一定となった領域の摩擦係数の上限の値に対して、図8の赤色の線で示すようなベースラインを引いた。そのベースライン線から上の摩擦係数を差し引いて対数プロットしたものを図9に示す。

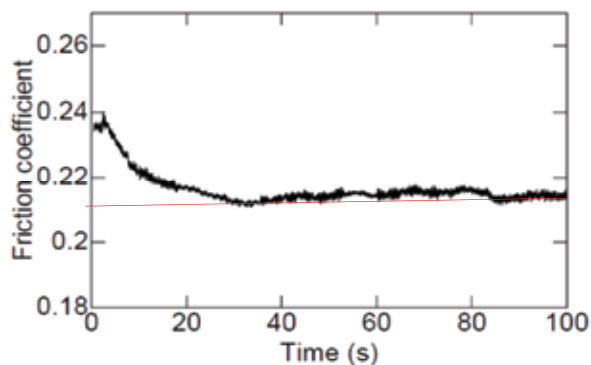


図8 図7にベースライン引いたPEG400の摩擦係数の経時変化

図9の摩擦係数の経時変化の対数をとったものの上限の最大値は、約0秒～30秒まで直線的に変化していた。このことは、摩擦係数は時間とともに指数関数的に減少している（いわゆる緩和している）ことを意味する。この図9の赤色の直線関係の傾きから、緩和時間 τ を求めると8sとなった⁴⁾。

図5～9で示す方法で、PEG400を入れたステンレスシャーレを20～50℃で加熱し、摩擦係数の初期の経

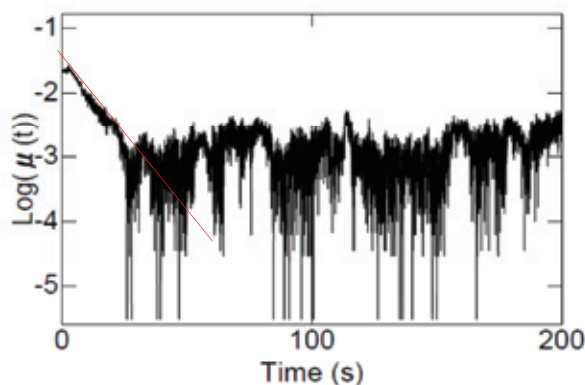


図9 図8のベースラインから上の摩擦係数の経時変化の対数プロット（40℃、荷重1N、すべり速度0.15m/s）

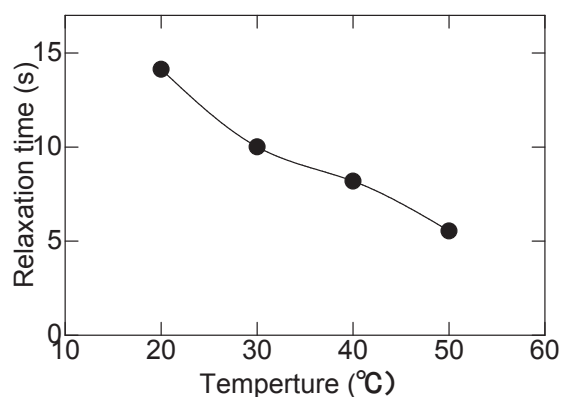


図10 ステンレスシャーレにPEG400が入った摩擦試験において得られた緩和時間とシャーレ加熱温度との関係

時変化について緩和時間を求め、加熱した温度に対して緩和時間をプロットし、図10に示す。緩和時間は加熱温度の上昇とともに短くなった。温度が高いと潤滑油分子の熱運動は速くなり、金属表面へ潤滑油分子が吸着する時間も短くなる。図10の緩和時間の温度依存性は、この潤滑油分子の金属表面への吸着する過程に対応しているように思われる。

図7～9で示す緩和過程が、図11で示されるようなステンレスシャーレ上に形成された金属酸化物被膜へのPEG400分子の吸脱着過程であるとする。ここで、Sは金属酸化物表面上に形成された表面官能基の-FeOH等



図11 金属面への潤滑油分子の吸脱着現象のメカニズム

の吸着サイト（吸着部位）を表し，AはPEG400の潤滑油分子，S-Aは潤滑油分子の表面基への吸着状態を表す．図11の吸着メカニズムより，緩和時間の逆数 τ^{-1} は次式のように表せる^{4,5)}．

$$\tau^{-1} = k_1([-SOH] + [PEG400]_0) + k_{-1} \quad (1)$$

PEG400は原液（2.8mol/ℓ）の濃度 $[PEG400]_0$ を使い，なじみ運転をしてPEG400を十分に吸着させると，表面吸着サイト濃度は0に近く，それらの濃度関係は， $[-SOH] \ll [PEG400]_0$ となるので， τ^{-1} は次式で近似される．

$$\tau^{-1} = k_1[PEG400]_0 + k_{-1} \quad (2)$$

ここで k_1 および k_{-1} は吸着および脱着過程の速度定数を表す．PEG400は試料原液を使用しており，濃度はほとんど変化しないために，速度定数 k_1 の温度変化の割合は， $k_1[PEG400]_0$ の変化の割合に等しい．そのため，図12で示すように， $\log_{10} k_1$ のアーレニウスプロットの代わりに，緩和時間 τ^{-1} の対数を絶対温度の逆数 $1/T$ でプロットされた． $\log_{10} \tau^{-1}$ は $1/T$ に対し，ほぼ直線的に減少しているので，図11で示すような，ステンレスシャーレ面の酸化被膜へのPEG400分子の吸着モデルの妥当性を示しているように思える．

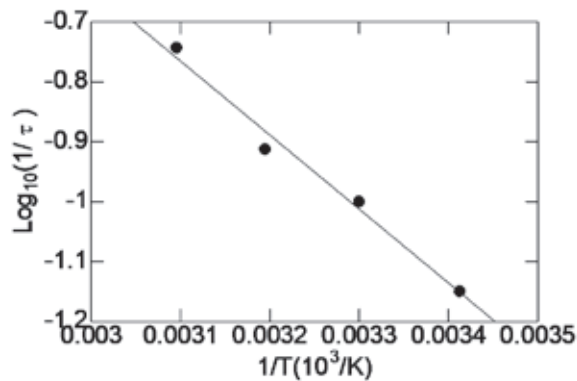


図12 緩和時間の逆数（ τ^{-1} ）のアーレニウスプロット

参考文献

- 1) F. P. Bowden and D. Tabor, "The Friction and Lubrication of Solids," Clarendon Press, Oxford, (1986) 176.
- 2) 村木正芳：図解 トライボロジー 摩擦の科学と潤滑技術 (2007), 147-184.
- 3) K. Hachiya and T. Tanaka, "Relationship between Contact Angle, Infrared Absorbance and Compressibility of Diol Compounds on Metal Surface", Chem. Lett. 2012, 41, 1229-1231.
- 4) K. Hachiya, Y. Moriyama and K. Takeda, "Ionic Adsorption/Desorption Kinetics", in Interfacial Dynamics (N. Kallay, ed.), Surfactant Science Series, Marcel Dekker, New York, Vol. 88, Chap.9, (1999) 351-403.
- 5) K. Hachiya, Y. Moriyama and K. Takeda, "Kinetics of Ionic Adsorption-Desorption at Solid-Liquid Interface" in Encyclopedia of Surface and Colloid Science (P. Somasundaran, ed.), Second Edition, Taylor & Francis, New York, Vol.4, (2006) 3219 – 3232.
- 6) 蜂谷和明, 青木宏之, "摩擦係数の変動検出による潤滑油分子の金属板表面への吸着速度の測定", 岡山理科大学技術科学研究所年報, 37(2019), 45-49.
- 7) 南茂夫, "科学計測のための波形データ処理", CQ出版, 1989.

Determination of Fast Adsorption Rate of Lubricants on Metal Plate Surface by Measurement of Friction Coefficient Change

Kazuaki HACHIYA* and Hiroyuki AOKI**

**Department of Mechanical System Engineering, Faculty of Engineering, Okayama University of Science*

***Department of Biochemistry, Faculty of Science, Okayama University of Science*

Friction coefficient in polyethylene glycol 400 (PEG400) was measured by using the ball-on-disc method of a tribometer at sliding speed 0.1m/s and load 1N. If the friction coefficient signal fluctuated randomly with time, the change in the averaged friction signal fluctuation was zero. However, the average of the initial friction coefficient fluctuation on the metal plate containing the lubricant decreased exponentially with time. The fast and slow relaxation times were measured from the curves of the averaged friction coefficient changes, and both of the relaxation times decreased with increasing of the temperature.

0.3[W₂S₄(Tpms)₂] $\cdot$ 0.7[W₂O₂S₂(Tpms)₂]の構造解析

池田 光希・白井 美帆・赤司 治夫

岡山理科大学フロンティア理工学研究所

2019年12月15日受理

[W₃S₄(Tpms)₃]⁺ (Tpms = tris(1-pyrazolyl)methanesulfonate)の酸化反応の生成物として単離した黄色板状結晶を用いてX線単結晶構造解析を行いその構造を明らかにした. 結晶学的データは次の通り: crystal system monoclinic, space group P2₁/m (#148), Lattice parameters; *a* = 11.0289(3) Å, *c* = 12.7395(3) Å, *c* = 12.2084(3) Å, *V* = 1700.83(7) Å³, *Z* = 4, *RI* = 0.0321, *wR* = 0.0790. 解析の結果, この黄色板状結晶が, 2種類の硫黄架橋タングステン(V)複核錯体, [W₂S₄(Tpms)₂]と[W₂O₂S₂(Tpms)₂]が共結晶化した, 0.3[W₂S₄(Tpms)₂] $\cdot$ 0.7[W₂O₂S₂(Tpms)₂] $\cdot$ *n*MeOHの結晶であることを明らかにした.

1. Introduction

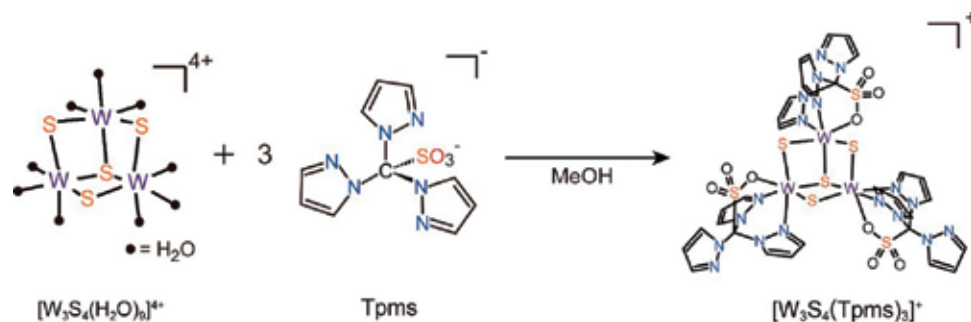
我々は, 硫黄架橋不完全キューバン型のW₃S₄骨格をもつアクア錯体, [W₃S₄(H₂O)₉]⁴⁺, およびその配位子をアクアから他の有機配位子に置換した誘導体を合成し, その構造と性質について報告をしてきた.¹⁻³⁾ それらの研究の大部分は酸性水溶液中で行われてきた. 近年, 我々は硫黄架橋不完全キューバン型のW₃S₄骨格をもち, 有機溶媒に可溶性錯体, [W₃S₄(Tpms)₃]⁺ (Tpms = tris(1-pyrazolyl)methanesulfonate)を合成し, その性質を明らかにした (Reaction scheme 1).⁴⁾

一連の研究の中で, [W₃S₄(Tpms)₃]⁺は空气中で緩やかに酸化をされてしだいに分解されて, タングステン(V)複核錯体を生成することが明らかになった. 今回, 本反応の生成物を単結晶として単離し, X線結晶構造解析を行ってその結晶構造を明らかにしたので報告する.

2. Experimental

酸素雰囲気下で, [W₃S₄(Tpms)₃]⁺のメタノール溶液を, ジエチルエーテルの蒸気接触させた状態で2~3日放置すると, 溶液の色が紫色から黄色に変化して, 黄色板状の結晶が析出した. この結晶をFOMBLIN OILでコーティングし, Micro Mesh (HAMPTON RESEARCH社製)に固定した. 測定は, Rigaku自動X線回折計VariMax with Saturn上で, 人工多層膜ミラーにより単色化したMoK α 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(SHELX)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) = 1.2*U*_{eq})を用いて原子位置の精密化を行った. すべての計算はProgram package Olex2 1.3を用いて行った.

Reaction scheme 1



3. Results and discussion

$[\text{W}_3\text{S}_4(\text{Tpms})_3]^+$ の酸化反応より単離した黄色結晶を用いて、単結晶構造解析を行った結果、2種類の硫黄架橋タングステン(V)複核錯体、 $[\text{W}_2\text{S}_4(\text{Tpms})_2]$ と $[\text{W}_2\text{O}_2\text{S}_2(\text{Tpms})_2]$ が共結晶化した結晶であることが明らかになった。結晶構造解析の結果、組成は $0.3[\text{W}_2\text{S}_4(\text{Tpms})_2] \cdot 0.7[\text{W}_2\text{O}_2\text{S}_2(\text{Tpms})_2] \cdot n\text{MeOH}$ であった (Anal. (結晶は、減圧下で3日間乾燥した後、CHN元素分析を行った。) Calcd for $0.3[\text{W}_2\text{S}_4(\text{Tpms})_2] \cdot 0.7[\text{W}_2\text{O}_2\text{S}_2(\text{Tpms})_2] \cdot 0.5\text{MeOH}$ ($\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{N}_{12}\text{O}_{7.9}\text{S}_{4.6}\text{W}_2$): C, 22.88; H, 1.87; N, 15.62 Found: C, 22.70; H, 1.95; N, 15.55%). タングステンに配位している末端の硫黄と酸素原子 (S2とO1, S3とO2) がディスオーダーしており、それぞれの原子の占有率を硫黄原子0.3, 酸素原子0.7に固定して精密化を行った。結晶溶媒として、幾つかのメタノール分子を含んでいたが、構造にディスオーダーがあったため、ソルベントマスクを使って溶媒分の電子密度を差し引いた。

$0.3[\text{W}_2\text{S}_4(\text{Tpms})_2] \cdot 0.7[\text{W}_2\text{O}_2\text{S}_2(\text{Tpms})_2] \cdot n\text{MeOH}$ の結晶学的パラメーターと構造精密化のパラメーターをTable 1に示した。水素を除く各原子の座標 (Atomic coordinates and U_{eq}) をTable 2, 水素原子の座標 (Atomic coordinates and B_{iso}) をTable 3に、また異方性温度因子のリスト (anisotropic displacement parameters) をTable 4に示した。各原子間の結合距離をTable 5 (Bond lengths (Å)) に、結合角をTable 6 (Bond angles (deg.)) にそれぞれまとめた。 $0.3[\text{W}_2\text{S}_4(\text{Tpms})_2] \cdot 0.7[\text{W}_2\text{O}_2\text{S}_2(\text{Tpms})_2]$ のORTEP図をFigure 1に示した。この錯体のタングステ

ン原子 (W1, W2), 末端の硫黄 (S2, S3) および酸素原子 (O1, O2), Tpms配位子の一部 (S4, S5, N1, N2, N5, N6, O4, O5, C1, C2, C3, C7, C8, C9, C10, C14) は鏡面上に乗っており、結晶学的に独立な原子にのみラベルを付している。

$\text{W}_2\text{S}_2\text{X}_2$ (X = S or O) 骨格のタングステン原子と末端硫黄原子との距離 ($\text{W}-\text{S} = 2.07(2), 2.01(2)$ Å), およびタングステン原子と末端酸素原子との距離 ($\text{W}-\text{O} = 1.78(2), 1.71(2)$ Å) は、それぞれこれまでに報告されているタングステン原子と末端の硫黄, 酸素原子の結合距離 ($\text{W}-\text{S} = 2.096(6), 2.139(5)$ Å⁵⁾, $\text{W}-\text{O} = 1.707(4), 1.698(4)$ Å⁴⁾) と同程度の距離である。Tpmsは、タングステン原子 (W1) に対してピラゾール環の窒素原子3つで三座配位し、もう一方のタングステン原子 (W2) にはピラゾール環の窒素原子2つと、スルホ基の酸素原子1つで三座配位している。タングステン原子同士の結合を無視すれば、各タングステン原子は6配位の歪んだ八面体型の配位環境になっている。また、スルホ基のO3とピラゾール環のC1に結合している水素原子H1との間の距離は2.34 Åとなっており、O3とH1との間に水素結合が存在していることを示唆している。

参考文献

- 1) T. Shibahara, K. Kohda, A. Ohtsuji, K. Yasuda, and H. Kuroya, *J. Am. Chem. Soc.*, 108, 2757-2758 (1986).
- 2) T. Shibahara, A. Takeuchi, A. Ohtsuji, K. Kohda, H. Kuroya, *Inorg. Chim. Acta*, 127, L45-L46 (1987).
- 3) T. Shibahara, M. Yamasaki, G. Sakane, K. Minami, T. Yabuki, and A. Ichimura, *Inorg. Chem.*, 31, 640-647 (1992).

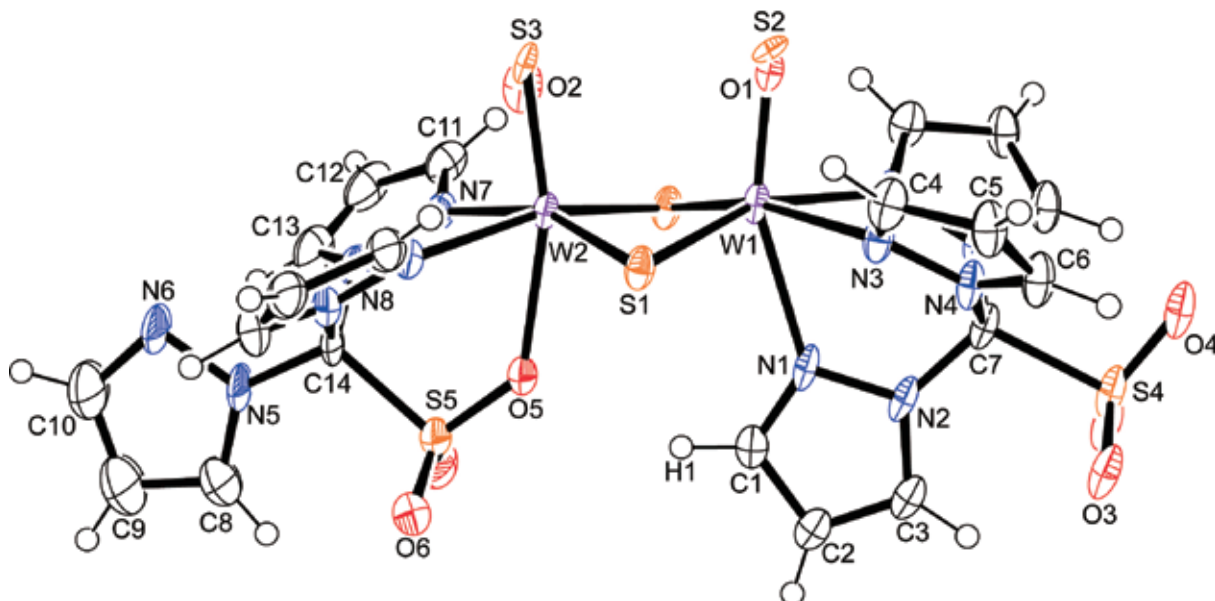


Figure 1. ORTEP drawing of $0.3[\text{W}_2\text{S}_4(\text{Tpms})_2] \cdot 0.7[\text{W}_2\text{O}_2\text{S}_2(\text{Tpms})_2]$. Displacement ellipsoids are drawn at the 50% probability level.

- 4) 池田光希, 岡山理科大学修士論文 (2020).
 5) A. A. Eagle, R. W. Gable and C. G. Young, *Aust. J. Chem.*, 52, 827-831 (1999).

Table 1. Crystallographic and structure refinement data for 0.3[W₂S₄(Tpms)₂]·0.7[W₂S₄(Tpms)₂]·nMeOH

Compound	0.3[W ₂ S ₄ (Tpms) ₂]-0.7[W ₂ S ₄ (Tpms) ₂]
Formula	C ₁₀ H ₉ N ₆ O _{3.7} S _{2.3} W
F.W.	530.02
Crystal System	monoclinic
Space group	P2 ₁ /m
<i>a</i> , Å	11.0289(3)
<i>b</i> , Å	12.7395(3)
<i>c</i> , Å	12.2084(3)
<i>β</i> , deg.	97.450(2)
<i>V</i> , Å ³	1700.83(7)
<i>T</i> , K	93
<i>Z</i>	4
<i>ρ</i> _{calc} , g/cm ³	2.070
<i>μ</i> (Mo Kα), mm ⁻¹	7.098
<i>R</i> ₁ (<i>I</i> > 2.00σ(<i>I</i>))	0.00321
<i>R</i> (all data)	0.00417
<i>R</i> ; <i>wR</i> ₂ (all data)	0.00819
GOF	1.050

Table 2 Fractional Atomic Coordinates ($\times 10^4$) and Equivalent Isotropic Displacement Parameters *U*_{eq} (Å² × 10³).

Atom	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>U</i> (eq)
W1	5092.5(2)	2500	7192.0(2)	18.83(7)
W2	3835.8(2)	2500	9052.3(2)	18.88(6)
S1	4145.8(11)	1086.9(8)	7912.4(8)	22.6(2)
S2	6860(20)	2500	8010(20)	18(2)
S3	5372(19)	2500	10133(13)	23(2)
S4	4957.3(17)	2500	2819.9(12)	28.9(4)
S5	646.5(15)	2500	8670.9(13)	30.6(4)
O4	6236(5)	2500	2728(4)	35.3(12)
O3	4315(4)	1545(3)	2510(3)	32.9(8)
O5	1845(4)	2500	8254(4)	27.6(10)
O6	-12(3)	1535(3)	8447(3)	41.3(9)
N1	3531(5)	2500	5719(4)	22.1(10)
N2	3727(5)	2500	4637(4)	24.0(11)
N3	5663(4)	1395(3)	5964(3)	24.1(7)
N4	5612(4)	1570(3)	4857(3)	23.6(7)
N5	95(6)	2500	10791(5)	47.2(19)
N6	296(7)	2500	11923(5)	69(3)
N7	2893(3)	3630(3)	10013(3)	26.2(8)
N8	1843(4)	3446(4)	10471(3)	34.0(10)
C1	2332(6)	2500	5710(5)	24.2(12)
C2	1742(7)	2500	4633(5)	27.0(13)
C3	2641(6)	2500	3970(5)	26.8(13)
C4	6312(5)	508(3)	6167(4)	29.1(10)
C5	6684(5)	128(3)	5189(4)	30.2(10)
C6	6232(5)	813(3)	4386(4)	29.3(10)
C7	4983(6)	2500	4372(5)	23.7(12)
C8	-1106(8)	2500	10393(8)	55(2)
C9	-1710(10)	2500	11279(10)	83(4)
C10	-803(10)	2500	12187(9)	88(5)

Atom	x	y	z	U(eq)
C11	3192(5)	4624(4)	10266(4)	32.6(10)
C12	2315(5)	5066(5)	10872(4)	44.5(14)
C13	1477(5)	4326(5)	10969(4)	45.2(14)
C14	1116(6)	2500	10193(5)	35.5(17)
O1	6620(20)	2500	7880(20)	19(4)
O2	5100(20)	2500	10020(17)	37(6)

Table 3 Hydrogen Atom Coordinates ($\text{\AA} \times 10^4$) and Isotropic Displacement Parameters ($\text{\AA}^2 \times 10^3$).

Atom	x	y	z	U(eq)
H1	1928.61	2500	6352.2	29
H2	884.64	2500	4406.27	32
H3	2530.54	2500	3184.74	32
H4	6492.37	186.18	6871.06	35
H5	7156.44	-482.92	5103.59	36
H6	6333.6	768.59	3626.74	35
H8	-1453.22	2500	9639.22	66
H9	-2569.92	2500	11285.55	99
H10	-976.05	2500	12928.88	105
H11	3888.73	4979.37	10067.69	39
H12	2319.09	5759.25	11158.29	53
H13	761.48	4400.08	11319.77	54

Table 4 Anisotropic Displacement Parameters ($\text{\AA}^2 \times 10^3$). The Anisotropic displacement factor exponent takes the form: $-\frac{1}{2} \pi^2 [h^2 a^{*2} U_{11} + 2hka^*b^*U_{12} + \dots]$.

Atom	U ₁₁	U ₂₂	U ₃₃	U ₂₃	U ₁₃	U ₁₂
W1	30.40(13)	12.87(10)	15.08(11)	0	9.91(9)	0
W2	24.53(12)	19.58(11)	13.68(11)	0	6.87(8)	0
S1	35.6(6)	15.7(4)	18.2(5)	-0.1(4)	9.8(4)	-2.8(4)
S2	22(6)	19(3)	10(3)	0	-7(4)	0
S3	33(5)	28(4)	8(3)	0	7(3)	0
S4	54.4(11)	19.3(7)	15.3(7)	0	13.9(7)	0
S5	24.2(8)	48.0(10)	20.7(7)	0	7.2(6)	0
O4	59(3)	30(2)	20(2)	0	19(2)	0
O3	62(2)	22.7(15)	16.6(14)	-2.1(12)	13.5(15)	-1.6(15)
O5	25(2)	40(3)	19(2)	0	7.9(17)	0
O6	36.2(19)	59(3)	30.3(18)	-0.6(18)	8.7(15)	-13.7(18)
N1	43(3)	13(2)	12(2)	0	11(2)	0
N2	45(3)	17(2)	11(2)	0	7(2)	0
N3	39(2)	16.4(16)	19.8(17)	-1.6(13)	12.3(15)	1.7(15)
N4	41(2)	14.4(15)	17.8(16)	1.3(13)	14.2(15)	1.6(14)
N5	35(3)	93(6)	18(3)	0	17(3)	0
N6	36(4)	155(10)	19(3)	0	16(3)	0
N7	28.7(19)	34(2)	17.0(16)	-2.0(15)	6.4(14)	4.8(16)
N8	27(2)	57(3)	19.4(18)	-6.9(18)	7.6(15)	6.2(19)
C1	33(3)	18(3)	23(3)	0	10(2)	0
C2	37(3)	24(3)	20(3)	0	3(3)	0
C3	43(4)	22(3)	16(3)	0	4(3)	0
C4	46(3)	16.9(19)	26(2)	3.8(17)	10(2)	3.2(18)
C5	47(3)	16.7(19)	31(2)	-1.8(17)	20(2)	2.3(18)
C6	49(3)	16.7(19)	26(2)	-3.5(16)	19(2)	1.9(18)
C7	43(4)	16(2)	13(3)	0	9(2)	0
C8	32(4)	90(8)	44(5)	0	15(4)	0
C9	44(6)	149(13)	61(7)	0	28(5)	0
C10	46(6)	182(15)	40(5)	0	23(5)	0
C11	38(3)	33(2)	27(2)	-8.7(19)	3.1(19)	11(2)

Atom	U ₁₁	U ₂₂	U ₃₃	U ₂₃	U ₁₃	U ₁₂
C12	52(3)	53(3)	27(3)	-13(2)	2(2)	25(3)
C13	43(3)	65(4)	30(3)	-12(3)	13(2)	18(3)
C14	25(3)	67(5)	17(3)	0	13(2)	0
O1	29(12)	13(4)	15(10)	0	8(7)	0
O2	51(13)	30(6)	31(9)	0	14(7)	0

Table 5 Bond Lengths

Atom	Atom	Length/Å	Atom	Atom	Length/Å
W1	W2	2.8099(3)	N1	C1	1.321(8)
W1	S1	2.3114(10)	N2	C3	1.359(9)
W1	S1 ¹	2.3114(10)	N2	C7	1.462(9)
W1	S2	2.07(2)	N3	N4	1.365(5)
W1	N1	2.323(5)	N3	C4	1.343(6)
W1	N3	2.206(3)	N4	C6	1.353(5)
W1	N3 ¹	2.206(3)	N4	C7	1.459(5)
W1	O1	1.783(19)	N5	N6	1.372(9)
W2	S1 ¹	2.3276(10)	N5	C8	1.351(11)
W2	S1	2.3276(10)	N5	C14	1.419(9)
W2	S3	2.01(2)	N6	C10	1.294(12)
W2	O5	2.284(5)	N7	N8	1.370(5)
W2	N7 ¹	2.202(4)	N7	C11	1.334(6)
W2	N7	2.202(4)	N8	C13	1.362(7)
W2	O2	1.71(2)	N8	C14	1.463(6)
S4	O4	1.429(6)	C1	C2	1.390(9)
S4	O3 ¹	1.434(3)	C2	C3	1.359(9)
S4	O3	1.434(4)	C4	C5	1.398(6)
S4	C7	1.892(6)	C5	C6	1.358(7)
S5	O5	1.477(5)	C8	C9	1.341(13)
S5	O6 ¹	1.436(4)	C9	C10	1.393(16)
S5	O6	1.436(4)	C11	C12	1.409(7)
S5	C14	1.863(7)	C12	C13	1.336(9)
N1	N2	1.367(7)			

¹+X, 1/2-Y, +Z

Table 6 Bond Angles

Atom	Atom	Atom	Angle/°	Atom	Atom	Atom	Angle/°
S1	W1	W2	52.98(3)	O4	S4	O3	115.98(17)
S1 ¹	W1	W2	52.98(3)	O4	S4	C7	101.1(3)
S1 ¹	W1	S1	102.31(5)	O3	S4	O3 ¹	116.1(3)
S1 ¹	W1	N1	88.18(8)	O3 ¹	S4	C7	101.95(17)
S1	W1	N1	88.18(8)	O3	S4	C7	101.95(17)
S2	W1	W2	98.2(9)	O5	S5	C14	101.5(3)
S2	W1	S1 ¹	105.1(5)	O6 ¹	S5	O5	112.79(18)
S2	W1	S1	105.1(5)	O6	S5	O5	112.79(18)
S2	W1	N1	158.4(9)	O6	S5	O6 ¹	117.8(4)
S2	W1	N3 ¹	89.7(7)	O6 ¹	S5	C14	104.96(19)
S2	W1	N3	89.7(7)	O6	S5	C14	104.96(19)
N1	W1	W2	103.39(13)	S5	O5	W2	135.0(3)
N3	W1	W2	139.72(9)	N2	N1	W1	123.6(4)
N3 ¹	W1	W2	139.72(9)	C1	N1	W1	130.3(4)
N3 ¹	W1	S1 ¹	86.79(10)	C1	N1	N2	106.0(5)
N3	W1	S1	86.79(10)	N1	N2	C7	119.2(5)
N3 ¹	W1	S1	159.73(10)	C3	N2	N1	110.0(5)
N3	W1	S1 ¹	159.73(10)	C3	N2	C7	130.9(5)
N3 ¹	W1	N1	73.88(14)	N4	N3	W1	126.1(3)
N3	W1	N1	73.88(14)	C4	N3	W1	127.2(3)
N3 ¹	W1	N3	79.31(18)	C4	N3	N4	105.8(3)

Atom	Atom	Atom	Angle/°	Atom	Atom	Atom	Angle/°
O1	W1	W2	98.7(11)	N3	N4	C7	119.4(4)
O1	W1	S1	105.4(6)	C6	N4	N3	110.2(4)
O1	W1	S1 ¹	105.4(6)	C6	N4	C7	130.3(4)
O1	W1	S2	0(2)	N6	N5	C14	118.9(6)
O1	W1	N1	157.9(11)	C8	N5	N6	112.7(6)
O1	W1	N3 ¹	89.3(8)	C8	N5	C14	128.4(7)
O1	W1	N3	89.3(8)	C10	N6	N5	102.5(8)
S1	W2	W1	52.46(3)	N8	N7	W2	126.0(3)
S1 ¹	W2	W1	52.46(3)	C11	N7	W2	128.6(3)
S1	W2	S1 ¹	101.32(5)	C11	N7	N8	105.4(4)
S3	W2	W1	93.9(5)	N7	N8	C14	120.9(4)
S3	W2	S1 ¹	102.5(3)	C13	N8	N7	110.9(5)
S3	W2	S1	102.5(3)	C13	N8	C14	126.6(5)
S3	W2	O5	164.4(5)	N1	C1	C2	110.7(6)
S3	W2	N7 ¹	93.8(4)	C3	C2	C1	106.0(6)
S3	W2	N7	93.8(4)	N2	C3	C2	107.3(5)
O5	W2	W1	101.68(11)	N3	C4	C5	110.0(4)
O5	W2	S1 ¹	87.26(8)	C6	C5	C4	105.8(4)
O5	W2	S1	87.26(8)	N4	C6	C5	108.1(4)
N7 ¹	W2	W1	138.35(10)	N2	C7	S4	109.3(4)
N7	W2	W1	138.35(10)	N4	C7	S4	110.5(3)
N7 ¹	W2	S1	85.92(11)	N4 ¹	C7	S4	110.5(3)
N7	W2	S1	160.14(11)	N4	C7	N2	108.9(3)
N7 ¹	W2	S1 ¹	160.14(11)	N4 ¹	C7	N2	108.9(3)
N7	W2	S1 ¹	85.92(11)	N4 ¹	C7	N4	108.6(5)
N7	W2	O5	74.52(13)	C9	C8	N5	106.0(9)
N7 ¹	W2	O5	74.52(13)	C8	C9	C10	105.2(9)
N7	W2	N7 ¹	81.7(2)	N6	C10	C9	113.7(9)
O2	W2	W1	96.6(8)	N7	C11	C12	109.5(5)
O2	W2	S1 ¹	104.1(5)	C13	C12	C11	107.2(5)
O2	W2	S1	104.1(5)	C12	C13	N8	107.0(5)
O2	W2	S3	2.7(12)	N5	C14	S5	112.1(5)
O2	W2	O5	161.7(8)	N5	C14	N8 ¹	109.2(3)
O2	W2	N7 ¹	91.8(6)	N5	C14	N8	109.2(3)
O2	W2	N7	91.8(6)	N8	C14	S5	107.7(3)
W1	S1	W2	74.56(3)	N8 ¹	C14	S5	107.7(3)
O4	S4	O3 ¹	115.98(17)	N8	C14	N8 ¹	110.9(6)

¹+X, 1/2-Y, +Z

X-ray structure determination of 0.3[W₂S₄(Tpms)₂]·0.7[W₂O₂S₂(Tpms)₂]

Hiroki IKEDA, Miho SHIRAI, Haruo AKASHI

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

Di - μ - sulfide tungsten dimer, 0.3[W₂S₄(Tpms)₂].0.7[W₂O₂S₂(Tpms)₂] has been isolated and characterized (Anal. Calcd for 0.3[W₂S₄(Tpms)₂] 0.7[W₂O₂S₂(Tpms)₂] 0.5MeOH (C₂₁H₂₀N₁₂O_{7.9}S_{4.6}W₂): C, 22.88; H, 1.87; N, 15.62 Found: C, 22.70; H, 1.95; N, 15.55%). X-ray structure of this compound has been determined by the X-ray crystal structure analysis. Crystallographic data: crystal system monoclinic, space group P2₁/m (#148), Lattice parameters; *a* = 11.0289(3) Å, *c* = 12.7395(3) Å, *c* = 12.2084(3) Å, *V* = 1700.83(7) Å³, *Z* = 4, *R* = 0.0321, *wR* = 0.0790.

モンゴル国の環境水及び土壌中元素濃度の測定

猶原 順・Khadbaatar Sandag*・ケイ 添煦・李 媛媛

岡山理科大学工学部生命医療工学科

*モンゴル教育大学

2019年12月15日受理

1. 緒言

1990年より社会主義から民主主義となったモンゴル国の経済は、現在も成長し続けており経済成長率は7.2% (2018年) である。このように経済発展しているモンゴル国ではあるが、主要産業は、鉱業や牧畜業であり、その中でも鉱業は、80種類の異なった鉱物に関し、6,000以上の鉱床および鉱徴が発見されている。2014年時点で330鉱床で採掘事業が行われており、内、10件の選鉱プラントが生産を行っている。主要鉱物資源は石炭、銅、金、ウラニウム、モリブデン、鉄鉱石、螢石などである。レアアースの鉱床は4鉱床発見されているものの、生産はまだ始まっていない。さらに最近では、埋蔵量が1兆mとも言われているオイルシェールや、コールベッドメタン (Coal Bed Meth-

ane) が注目され、探鉱事業も始まっている¹⁾。

このような鉱山大国であるモンゴル国の環境は大きく変化しつつあると考えられる。そこで、本研究では、モンゴル国の環境試料を採取し、その環境試料中の元素濃度を測定することで、環境の評価をすることを目的とした。今回は、モンゴル国内の湖沼水と水道水及び土壌を採取し、その元素濃度を測定し、日本の試料と比較した。

2. 実験方法

2-1 試料採取

モンゴル国内の湖沼水と水道水及び土壌は2018年及び2019年にFig. 1に示した地点で採取した。その試料内容をTable 1に示した。

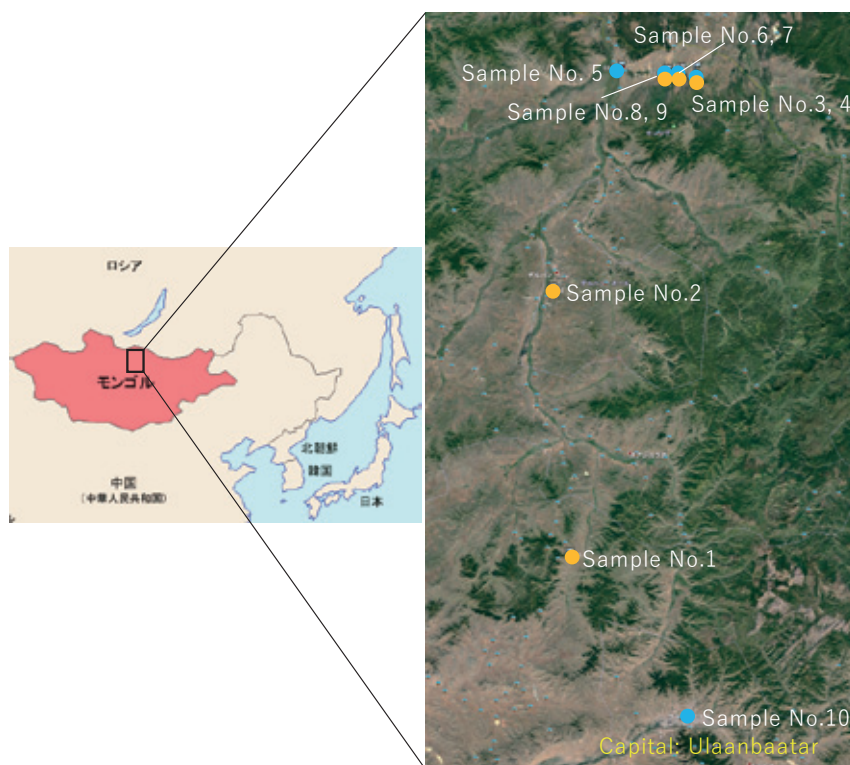


Fig. 1 Sampling point

Table 1 Sample number, soil or water and sampling point

Sample number	Soil/Water	Sampling point
1	Soil	Bornuur
2	Soil	Darhan
3	Lake water	Altanbulag
4	Soil	Altanbulag
5	Tap water	Suhbaatar
6	Lake water	Altanbulag
7	Soil	Altanbulag
8	Lake water	Altanbulag
9	Soil	Altanbulag
10	Tap water	Ulanbaatar

2-2 前処理

湖沼水と水道水は、 $0.45\mu\text{m}$ ポアサイズのディスミック (DISMIC, ADVANTEC以下DISMIC) を用いてろ過し、1mLをピペットで取り、マイクロテフロン容器に入れ、有害金属測定用硝酸 (SIGMA-ALDRICH) 6mLを添加し、密閉した。土壌は約0.1gを正確に秤量し、マイクロテフロン容器に入れ、有害金属測定用硝酸 (SIGMA-ALDRICH) 6mLを添加し、密閉した。

2-3 分解

各試料はマイクロウェーブ試料分解装置 (Multi-wave3000: Anton Paar製) で30分間分解した。分解条件を以下に示した。

分解条件

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

分解した試料をテフロン製分解容器からビーカーに移し、あらかじめmilli-Q Labo (MILLIPORE以下milli-Q水) で洗浄したシリッジと $0.45\mu\text{m}$ のDISMICを使い、メスフラスコへろ過をした。この時、容器中の成分をなるべく残さないようにするためテフロン製分解容器の中とビーカーの中をmilli-Q水で2, 3回洗浄し、繰り返し作業を行った。ろ液は100mlメスアップをmilli-Q水を用いてメスアップし、洗浄された容器に移変えた。その後、冷蔵庫 (4°C) で保管した。

2-4 測定

前処理を行った試料溶液は、四重極高周波誘導結合プラズマ質量分析計 (ICP-MS, S.I.I製 以下ICP-MS)

により元素分析をした。測定した元素は、Li, Be, Na, Mg, Al, K, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Rb, Sr, Ag, Cd, In, Cs, Ba, Hg, Tl, Pb, Bi, Th, Uの31元素である。

ICP-MSの条件

- ・プラズマガス流量: 18.0L/min Ar
- ・補助流量: 1.8L/min Ar
- ・ネプライザーガス流量: 1.0L/min Ar
- ・サンプリング位置: 6.5mm
- ・パワー: 1.4kW
- ・ポンプ回転数: 3rps
- ・繰り返し回数: 5回

この実験に使用した水は全て、Milli-Q水でろ過・精製した水を用いた。器具は全て4%の硝酸に一日以上浸漬した後、水道水、蒸留水、Milli-Q水の順に洗浄し、乾燥したものをを用いた。

3. 実験結果及び考察

3-1 標準試料SRM1643e (河川水) によるICP-MSの正確度

Table 2にICP-MSによる標準試料SRM1643e (河川水) の各元素の測定濃度とその回収率を示した。ほとんどの元素で測定濃度とSRM1643eの保証値の差が10%以

Table 2 Accuracy of ICP-MS using standard sample SRM1643e (river water)

Element	Guaranteed value ($\mu\text{g/L}$)	Measured value ($\mu\text{g/L}$)	Recovery rate(%)
Al	141.8 ± 8.6	142.9	100.8
Ag	1.062 ± 0.075	0.935	88.0
As	60.45 ± 0.72	55.04	91.1
B	157.9 ± 3.9	147.4	93.4
Ba	544.2 ± 5.8	514.8	94.6
Be	13.98 ± 0.17	13.22	94.6
Bi	14.09 ± 0.15	13.25	94.0
Ca	32300 ± 1100	29014	89.8
Cd	6.568 ± 0.073	6.31	96.1
Co	27.06 ± 0.32	26.58	98.2
Cr	20.4 ± 0.24	20.4	100.0
Cu	22.76 ± 0.31	21.75	95.6
Fe	98.1 ± 1.4	114.4	116.6
K	2034 ± 29	2231	109.7
Li	17.4 ± 1.7	19.3	110.9
Mg	8037 ± 98	9111	113.4
Mn	38.97 ± 0.45	38.07	97.7
Mo	121.4 ± 1.3	115.2	94.9
Na	20740 ± 260	20935	100.9
Ni	62.41 ± 0.69	61.25	98.1
Pb	19.63 ± 0.21	18.77	95.6
Rb	14.14 ± 0.18	13.85	97.9
Sb	58.3 ± 0.61	76.74	131.6
Se	11.97 ± 0.14	11.23	93.8
Sr	323.1 ± 3.6	312.2	96.6
Te	1.09 ± 0.11	0.68	62.4
Tl	7.445 ± 0.096	7.260	97.5
V	37.86 ± 0.59	38.39	101.4
Zn	78.5 ± 2.2	90.4	115.2

内であり、Al, Cr, Na, Vではほぼ100%の回収率であった。必須元素のCaやFeはやや回収率にばらつきが見られ、それぞれ、89.8%, 116.6%であったが、大きな差ではなかった。最も回収率が低かった元素はTeの62.4%であったが、なぜこの様に低い回収率となったかは不明である。

3-2 湖沼水及び水道水中の元素濃度

Fig. 2に湖沼水と水道水中の元素（Al, Mn, Fe, Cu, Zn, As, Cd, Pb）濃度を示した。AlはAltanbulagで採取した湖沼水で約100 $\mu\text{g/L}$ と高い値であった。いずれの湖沼水、水道水ともに日本の水道水の水質基準（200 $\mu\text{g/L}$ ）以下であった。MnはUlanbaatarの水道水で約15 $\mu\text{g/L}$ と高い値であった。いずれの湖沼水、水道水ともに日本の水道水の水質基準（50 $\mu\text{g/L}$ ）以下であっ

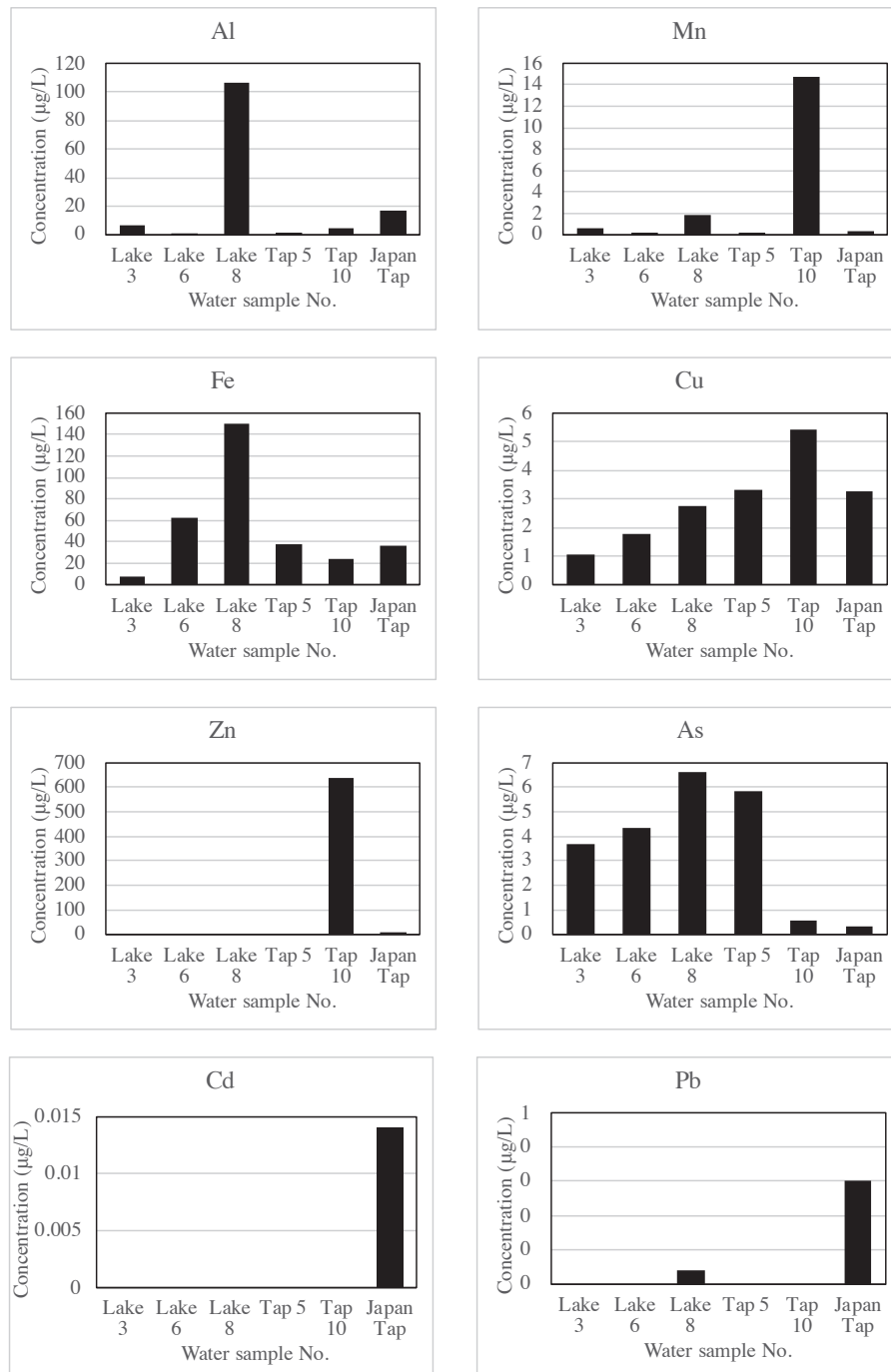


Fig. 2 Elemental concentration in environmental water and tap water

た。FeはAltanbulagで採取した湖沼水で約 $15\mu\text{g/L}$ と高い値であり、Alと同じような挙動を示した。いずれの湖沼水、水道水ともに日本の水道水の水質基準($300\mu\text{g/L}$)以下であった。CuはUlanbaatarの水道水で約 $5\mu\text{g/L}$ と高い値であった。いずれの湖沼水、水道水ともに日本の水道水の水質基準($1000\mu\text{g/L}$)以下であった。AsはAltanbulagで採取した湖沼水で約 $6.5\mu\text{g/L}$ と高い値であり、Suhbaatarの水道水でも約 $6\mu\text{g/L}$ と高い値であった。いずれの湖沼水、水道水ともに日本の水道水の水質基準($10\mu\text{g/L}$)以下であったが、日本の岡山市の水道水ではほとんど検出されなかったのに対して、モンゴルの水試料は高い値であった。

3-3 土壌中の元素濃度

Fig. 3に土壌中の元素(As, Cd, Pb, Hg)濃度を示した。AsはDarhanで採取した土壌で約 50 mg/Kg と高い値であり、Bornuurで採取した土壌でも約 40 mg/Kg と高い値であった。日本の岡山市の土壌濃度は約 7 mg/Kg であり、モンゴルの土壌中のAs濃度はかなり高い値であった。CdはBornuurとAltanbulagで採取した土壌でそれぞれ約 1.2 mg/Kg と 1.5 mg/Kg と高い値であった。日本の岡山市の土壌濃度は約 0.7 mg/Kg であり、モンゴルの土壌中のCd濃度と大差はなかった。PbはDarhanで採取した土壌で約 60 mg/Kg と高い値であった。日本の岡山市の土壌濃度は約 40 mg/Kg であり、モンゴルの土壌中のPb濃度と大差はなかった。HgはBornuurとDarhanで採取した土壌でそれぞれ約 8 mg/Kg

と 7.5 mg/Kg と高い値であった。日本の岡山市の土壌濃度は約 0.1 mg/Kg であり、モンゴルの土壌中のHg濃度はかなり高い値であった。

3-4 湖沼水、水道水及び土壌中の有害元素のヒトへの影響

ヒトの体内には多種類の元素が存在するが、存在割合が 0.01% 以下の微量でも、不可欠な元素としてさまざまな機能を果たすものがある²⁾。人間の必須元素は12種類の主要元素と15種類の微量元素である³⁾。必須元素は、欠乏すれば欠乏症となり、過剰に摂取すれば過剰症や中毒症状を起こすので適量の摂取が必要である⁴⁾。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²⁾。人の健康の保護に関する環境基準⁵⁾は、カドミウム、鉛、六価クロム、ヒ素、総水銀、セレン、ホウ素などの有害元素が設定されている。これらの元素濃度が基準値以下であれば問題がない⁴⁾。従来、衛生学の分野において、金属元素は、主として職業性中毒の原因物質に限られていたが、近年では、水俣病におけるHg、イタイイタイ病におけるCd、自動車排ガス中のPbなどの代表例で示されるように、生活環境における慢性中毒原因物質も注目されてきた⁶⁾。この様に有害元素が環境を汚染し、生物濃縮され人間が摂取することで、被害が拡大した。有害元素による被害は、環境中に排出された有害元素が食物連鎖により生物濃縮され、魚介類や植物などの食品に濃縮され、反

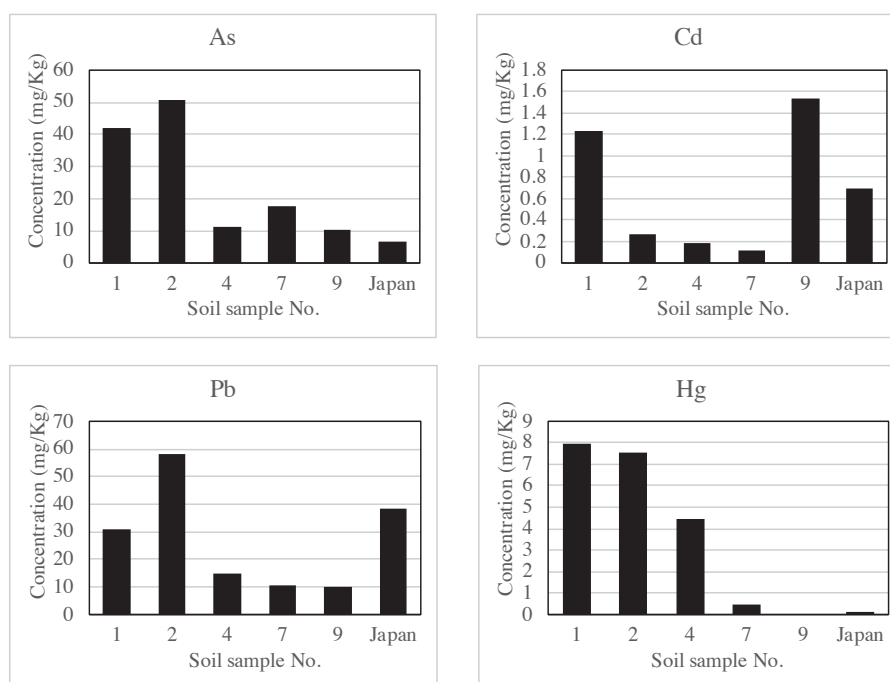


Fig. 3 Elemental concentration in soil

復摂取した人々が中毒症状を発症した⁴⁾。生体は元素を経口、経気道または経皮的に取り込むが、通常、飲食物として摂取することが多い。排泄経路としては、尿と糞便のほか、汗、毛髪、つめ、呼吸などがあげられる。元素の吸収率は、元素の種類、化学形、共存するほかの分子や元素、体内の当該元素の過不足状態、消化管側の因子などにより大きく異なる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。ヒトの体の有害元素(As, Pb, Cd, Mn, Znなど)は、そのほとんどが食事及び飲用水由来である。東南アジアの一部地域では環境水中のAs濃度が高い地域が知られている。アジアの大河をさかのぼると、ヒマラヤやチベット高原にいきつく。インド亜大陸とユーラシア大陸のプレートがぶつかり、ヒマラヤなどが造られたころ、マグマがせりあがってきてAsをふくむ岩石をつくったと考えられている。岩石が風化し、Asは大河によって運ばれ、その流域に堆積した⁷⁾。Asは、自然環境中では硫黄含有鉱物である硫ヒ鉄鉱や黄鉄鉱中に最も一般的に含まれ、これが発生源となることが多い。地表面のAsの大部分は、鉱物の風化作用を経て土壌や水中に供給される。また、地表水への供給は、温泉などの自然現象の他、人為的な地下水の汲み上げ等が大きな原因となる⁸⁾。河川水や地下水中のAsは岩石や土壌などの自然由来が主であると考えられている。Asに汚染された飲料水を摂取することで、まずメラニン沈着、角質化、結膜炎、気管支炎、胃潰瘍を引き起こし、次に神経障害や肝炎を引き起こし、最終的には胃腸炎による壊疽、肝硬変、皮膚癌を引き起こす⁹⁾。今回測定したモンゴル国の湖沼水、水道水及び土壌中の元素濃度は突出して高い元素は認められなかったが、AsとHgは日本の試料と比較すると高い値となった。Asは岩石由来の場合が多く、モンゴル国の土壌中に潜在的に多く含まれており、降雨などにより河川や湖沼水の濃度が高くなったと考えられる。また、河川や湖沼水を水源とした一部の水道水でも高い結果となった。Hgは湖沼水や水道水ではほとんど検出されなかったが、土壌中濃度は一部の地域で高濃度であった。HgもAsと同様に岩石由来の場合が認められるが、人為的な汚染も考えられる。モンゴル国では金鉱山¹⁰⁾があることより、地域の人たちによるスマールマイニングによるHg汚染も考えられる。これらの点については更なる調査が必要であると考えられる。

4. まとめ

モンゴル国内の湖沼水と水道水及び土壌中の元素濃度をICP-MSで測定し、日本の試料と比較した。

1. ICP-MSによる標準試料SRM1643e(河川水)の各元素の測定濃度とその回収率は、SRM1643e保証値との濃度差が10%以内であり、Al, Cr, Na, Vではほぼ100%の回収率であった。

2. 湖沼水及び水道水中の元素濃度

Altanbulagで採取した湖沼水ではAlとFe濃度が高かった。Ulanbaatarで採取した水道水ではMnとCu濃度が高かった。いずれの元素濃度も日本の水道水の水質基準以下であった。

3. 土壌中の元素濃度

AsはDarhanとBornuurで採取した土壌で約40-50 mg/Kgと高い値であった。モンゴルの土壌中のAs濃度は日本の岡山市の土壌濃度よりかなり高い値であった。HgはBornuurとDarhanで採取した土壌でそれぞれ約8 mg/Kgと7.5 mg/Kgと高い値であった。

参考文献

- 1) 中山 健・柴田芳彰, モンゴル鉱物資源特集について, 資源地質, 65(3), 133~134 (2015)
- 2) 篠原 厚子・千葉 百子, 微量元素の健康への影響, 応用物理, 第70巻, 第7号, 823-826 (2001)
- 3) Vandecasteele C., and Block C. B., Modern methods for trace element determination, JOHN WILEY & SONS (1993)
- 4) 張蒙, 瀬戸内海(岡山県前島)に生育する海洋生物中の微量元素の定量と多元素プロファイリングアナリシス, 岡山理科大学大学院理学研究科総合理学専攻, 修士論文 (2011)
- 5) 環境省ホームページ, <http://www.env.go.jp/kijun/wt1.html>
- 6) 大森 佐与子・三浦武夫・日下謙・辻治雄・佐川直史・古谷史郎・玉利裕三, 毛髪が多元素放射化分析, RADIO-ISOTOPES Vol.24, No.6, 20-26 (1975)
- 7) アジア砒素ネットワーク, http://www.asia-arsenic.jp/top/?page_id=372
- 8) 安藤 正典, インド・バングラディッシュにおける地下水ヒ素汚染と健康影響, J. Natl. Inst. Public Health, 49(3), 266-274 (2000)
- 9) 藤井 孝文, モハマド・マスド・カリム, バングラディッシュの地下水ヒ素汚染について, 水工学論文集, 第42巻, 397-402 (1998)
- 10) 納 篤, モンゴルの金鉱山, 資源地質, 65(3), 153~162 (2015)

謝辞

本研究は岡山理科大学プロジェクト研究推進事業(OUS-RP-18-3)の助成を受けたものです。

Measurement of Element Concentration in Environmental Water and Soil in Mongolia

Jun NAOHARA, Sandag KHADBAATAR*, Tian Xu XING and Yuan Yuan LI

Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering,

Okayama University of Science,

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

** Geography Department, Mongolian National University of Education,*

48 Ulaanbaatar, 210648, Mongolia

Element concentration in lake water, tap water and soil in Mongolia were measured by ICP-MS and compared with those in Japan.

1. The measured concentration of each element of the standard sample SRM1643e (river water) by ICP-MS are within 10% of the guaranteed value of SRM1643e, and the recovery rate was almost 100% for Al, Cr, Na and V.

2. Element concentration in lake water and tap water

Al and Fe concentrations were high in lake water collected in Altanbulag. Tap water collected at Ulanbaatar had high Mn and Cu concentrations. The concentrations of all elements were below the quality standards of tap water in Japan.

3. Element concentration in soil

As was as high as about 40-50 mg / Kg in soils collected in Darhan and Bornuur. The As concentration in Mongolian soil was much higher than that in Okayama city, Japan. Hg was as high as about 8 mg / Kg and 7.5 mg / Kg in soils collected in Bornuur and Darhan, respectively.

薬剤効果の予測に向けたフラグメント分子軌道計算

矢城 陽一郎

岡山理科大学工学部電気電子システム学科

2019年12月15日受理

1. 緒言

近年、コンピュータとシミュレーションソフトウェアの飛躍的な発展により、有機低分子のみならず、タンパク質などの生体高分子の量子化学計算が可能となっている。数年来、我々は、フラグメント分子軌道 (Fragment Molecular Orbital: FMO) 計算^{1,2)} によりタンパク質と化合物の相互作用エネルギーを算出し、実験値と比較することで、タンパク質の反応機構の解明や薬剤効果の予測を試みている³⁻⁵⁾。FMO計算は、タンパク質もしくはタンパク質と化合物の複合体をフラグメント (アミノ酸残基) に分割して計算する量子化学計算法で、タンパク質のアミノ酸残基と化合物の相互作用を正確且つ詳細に評価できることが大きな特徴である。本研究で注目したタンパク質レニンは、腎臓で生成され、レニン-アンジオテンシン系の血圧上昇の第一段階に関わるアスパラギン酸プロテアーゼである。レニンのアミノ酸残基数は340で、その活性部位アミノ酸残基はAsp38とAsp226である⁶⁾ (図1)。今回、レニンと阻害活性値 IC_{50} (50%阻害濃度) が異なる21個の阻害剤 (図2) の複合体22種に対してFMO計算を行い、レニンのアミノ酸残基と阻害剤の相互作用エネルギーおよびレニンと阻害剤の結合エネルギーを算出し、 IC_{50} との比較を行った。本研究の目的は、FMO計算から得られた計算値と実験値の相関から薬剤効果や副作用の予測に関する知見を得ることである。

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、レニンと阻害剤の複合体構造をProtein Data Bankよりダウンロードし、レニンと阻害剤を分離した。レニンに対しては、SWISS MODEL⁷⁾ によるホモロジーモデリングでその構造の欠損部分を補完し、分子計算ソフトウェアAMBER11⁸⁾ を用いて水素原子を付加した。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、GaussViewで水素原子を付加した。次に、AMBER11でレニンと阻害剤の複合体を再構築した後、系を電気的に中性にするためのカウンターイオンと、複合体の周囲8.0ÅにTIP3Pモデル

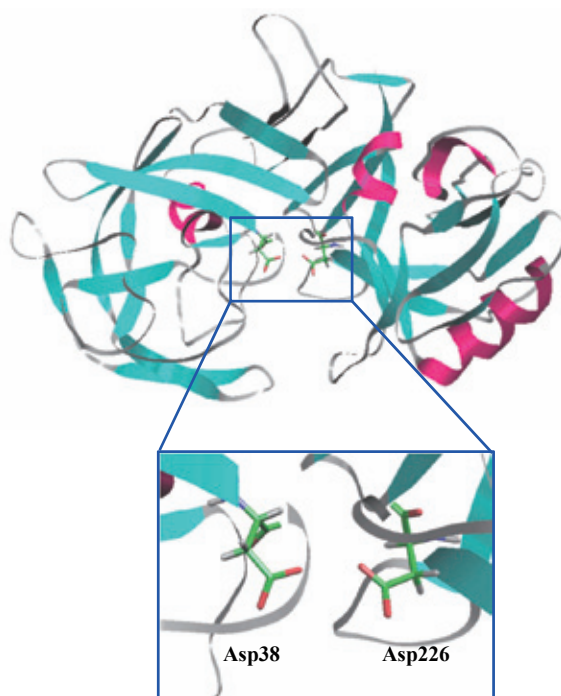


図1 レニンの立体構造と活性部位アミノ酸残基Asp38, Asp226. 緑：炭素原子, 赤：酸素原子, 青：窒素原子, 白：水素原子

水分子を配置し、全原子を対象とした分子力学計算による構造最適化を行った。ここで、レニンに対してはff99力場、阻害剤に対してはGAFF力場を採用し、阻害剤の電荷分布はAMBER11に実装されているante-chamberによるAM1-BCC電荷を割り当てた。本研究では、結晶水は全て削除した。また、Asp38とAsp226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

構造最適化で得られた複合体の周囲からカウンターイオンとTIP3Pモデル水分子を除去した後、バイオ分子相互作用シミュレータMIZUHO/BioStation⁹⁾ によるFMO2-MP2/6-31G*レベルでのFMO計算を実施した。計算には、スーパーコンピュータ「京」を使用した。

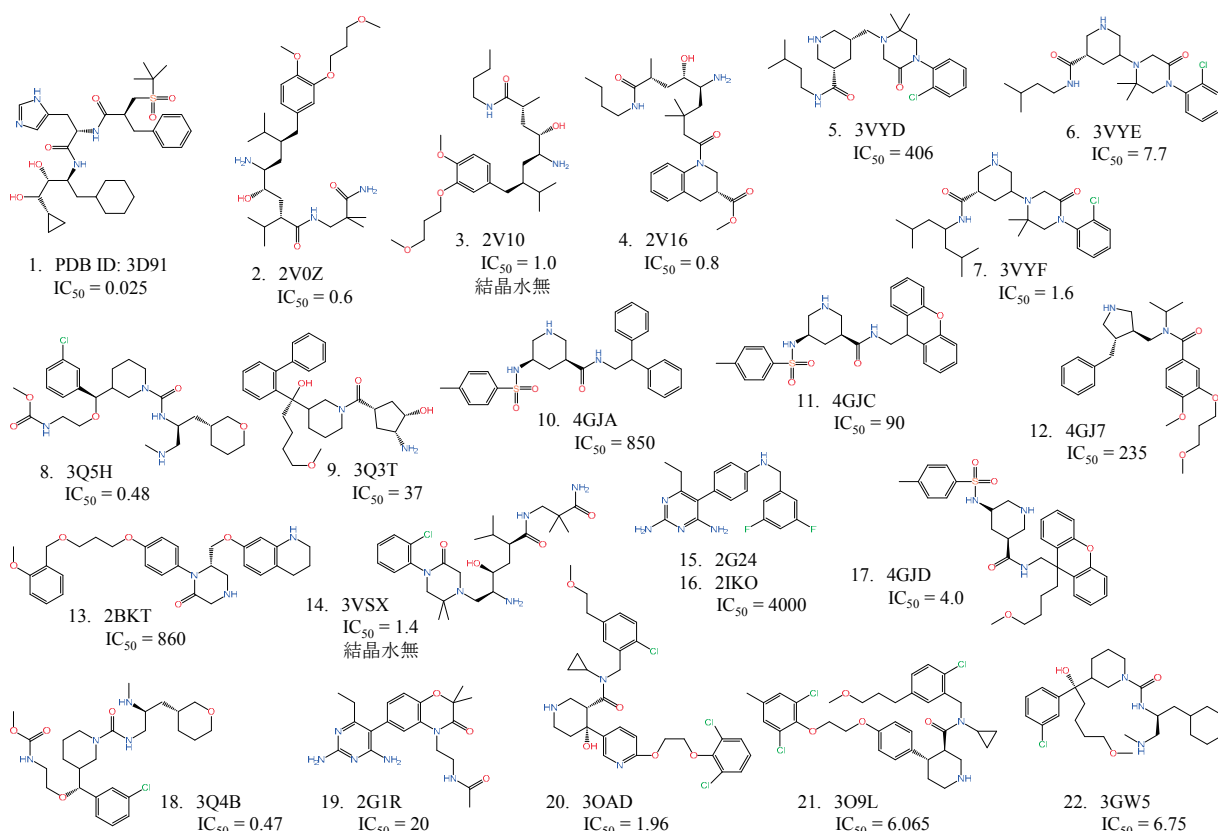


図2 計算に用いた阻害剤とそれらの阻害活性値 IC_{50} (50%阻害濃度)

レニン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。また、真空条件のもとで計算を行った。このFMO計算から、阻害剤とレニンのアミノ酸残基の間のフラグメント間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、レニンと阻害剤の結合エネルギーを算出した。加えて、相互作用の詳細を議論するために、相互作用エネルギー成分分解解析 (Pair Interaction Energy Decomposition Analysis: PIEDA)^{10, 11)}を行った。PIEDAは、北浦・諸熊のエネルギー分解法¹²⁾をFMO計算のIFIEに適用したものであり、IFIEの内訳を、静電相互作用エネルギー (Electrostatic interaction: ES), 交換反発エネルギー (Exchange repulsion: EX), 電荷移動相互作用エネルギー (Charge transfer interaction: CT), 分散相互作用エネルギー (Dispersion interaction: DI) の4つに分割できる。

3. 結果と討論

FMO計算によるIFIE解析において、レニンと阻害剤の結合エネルギーと pIC_{50} ($= -\log_{10}IC_{50}$) と比較したところ、結合エネルギーと pIC_{50} の間には、比較的強い相関 ($R^2 = 0.6484$: $R = -0.8052$) が認められた (図3)。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、活性値すなわち薬剤の効果や副作用の大小などを予測できる可能性を示唆している。

さらに、それぞれの阻害剤とレニンのアミノ酸残基のIFIEを調べたところ、全ての阻害剤が活性部位アミノ酸のAsp38, Asp226と非常に強く相互作用していることが分かった。また、Asp38とAsp226に加えて、多

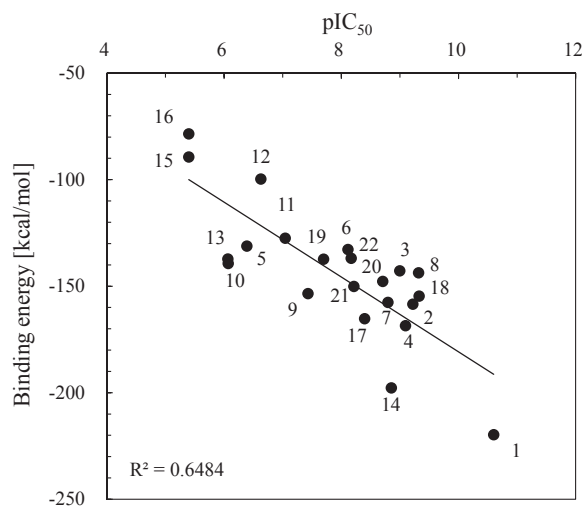


図3 レニンと阻害剤の結合エネルギーと pIC_{50} の関係

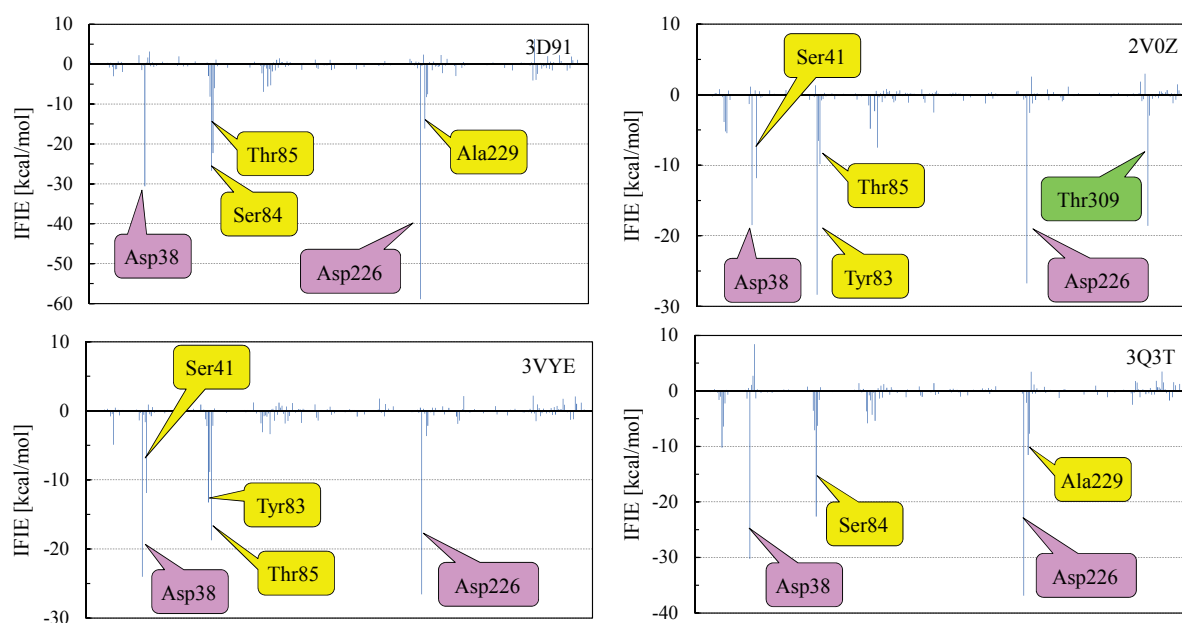


図4 阻害剤とレニンのアミノ酸残基の相互作用エネルギー (IFIE)
(PDB ID : 3D91, 2V0Z, 3VYE, 3Q3T)

くの阻害剤がSer41, Tyr83, Ser84, Thr85, Ala229などと比較的強く相互作用していることが認められた。図4に、結果の例として、4つの複合体 (PDB ID : 3D91, 2V0Z, 3VYE, 3Q3T) における、阻害剤とレニンのアミノ酸残基の相互作用エネルギー (IFIE) を示す。これらの結果は、結合状態、結合経路に関わっていると思われる重要なアミノ酸残基の特定についての知見を与えるものと考えられる。

図5、図6にAsp38とAsp226の、図7と図8にそれぞれTyr83とThr85のPIEDAの結果を示す。Asp38とAsp226では、静電相互作用エネルギー (ES) の寄与が大きいために取れる。これは、アスパラギン酸の側鎖カルボキシ基がCOO⁻であり、負電荷を帯びていることに起因していると思われる。一方、Tyr83では、分散相互作用エネルギー (DI) の寄与が大きくなっ

ている。これは、チロシンの側鎖フェニル基と阻害剤のCH/π相互作用によるものと考えられる。Thr85に関しては、IFIEの大きさ、成分ともに阻害剤により様々であることが分かった。これらは、阻害剤のどの部分がレニンとの結合に重要な役割を果たしているかを知る有用な情報となると思われる。このように、FMO計算によるIFIE解析は、タンパク質と化合物の結合について詳細な情報を得ることができる有用なツールであるといえる。

しかしながら、今のところ、阻害剤と個々のアミノ酸残基のIFIEとIC₅₀値との間の関連性 (相関) は明らかとなっていない。現在、FMO計算による薬剤効果や副作用の大小の予測をより確実なものにするために、さらに詳細な解析を進めている。また、今回は結晶水を全て削除した真空中での計算を行ったが、結晶

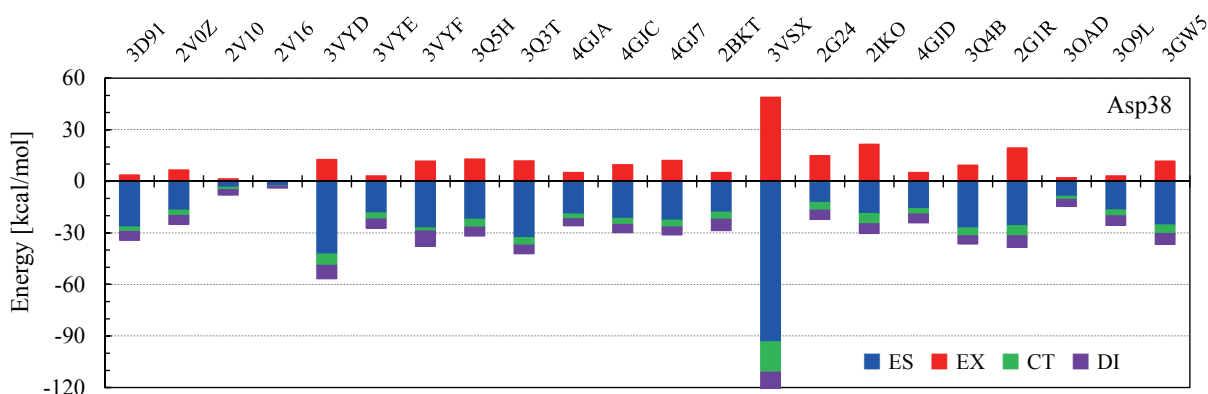


図5 阻害剤とAsp38の相互作用エネルギー成分 (PIEDA)

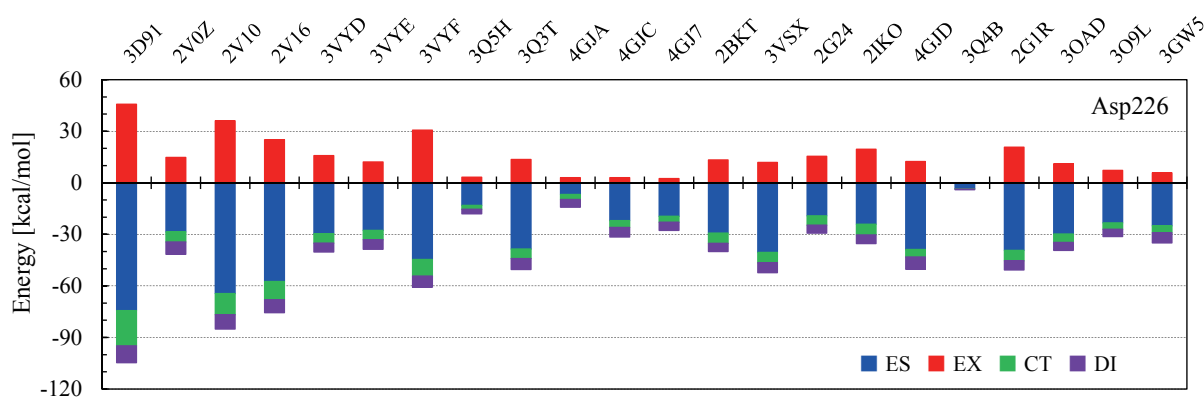


図6 阻害剤とAsp226の相互作用エネルギー成分 (PIEDA)

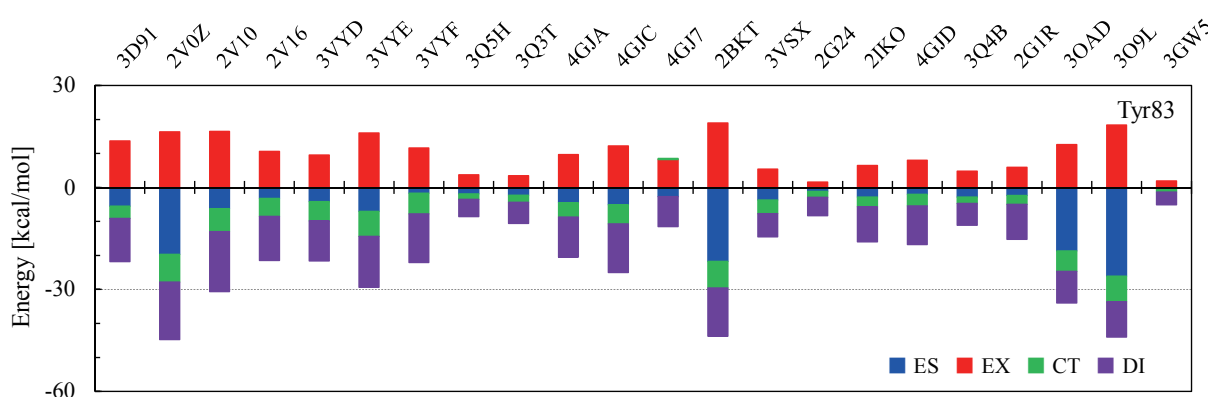


図7 阻害剤とTyr83の相互作用エネルギー成分 (PIEDA)

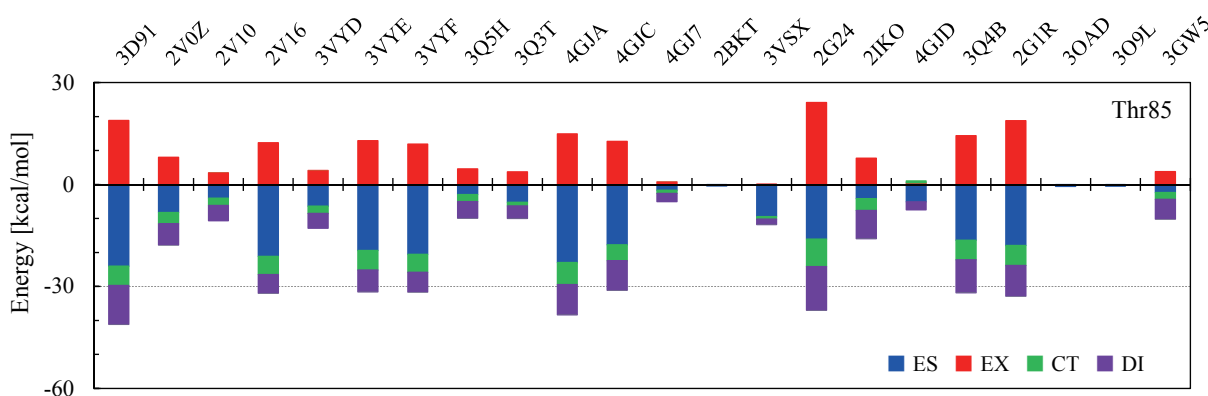


図8 阻害剤とThr85の相互作用エネルギー成分 (PIEDA)

水がレニンと阻害剤の結合状態に与える影響を調べるため、結晶水を含んだFMO計算を計画している。さらに、FMO計算から活性部位アミノ酸残基Asp38とAsp226のプロトン化状態を予測するための準備を進めている。

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」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: hp150160, hp160103, hp170183)。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) の課題番号JP19am0101113の支援を受けた(支援番号0091)。

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) K. Kitaura, E. Ikeo, T. Asada, T. Nakano, M. Uebayasi, *Chem. Phys. Lett.*, **313**, 701-706, (1999).
- 2) D.G. Fedorov, K. Kitaura, "The Fragment Molecular Orbital Method: PRACTICAL APPLICATION TO LARGE MOLECULAR SYSTEM", CRC Press, (2009).
- 3) Y. Yagi, Y. Hattori, Y. Naoshima, *Trans. Jpn. Soc. Simulat. Tech.*, **4**(2), 41-50, (2012).
- 4) 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).
- 5) Y. Yagi, T. Kimura, M. Kamezawa, Y. Naoshima, *CBI Journal*, **18**, 21-31, (2018).
- 6) T. Imai, H. Miyazaki, S. Hirose, H. Hori, T. Hayashi, R. Kageyama, H. Ohkubo, S. Nakanishi, and K. Murakami, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **80**, 7405-7409, (1983).
- 7) A. Waterhouse, M. Berton, S. Bienert, G. Studer, G. Tauriello, R. Gummienny, F.T. Heer, T.A.P. de Beer, C. Rempfer, L. Bordoli, R. Lepore, T. Schwede, *Nucleic Acids Res.*, **46**(W1), W296-W303, (2018).
- 8) D.A. Case, T.A. Darden, T.E. Cheatham, III, C.L. Simmerling, J. Wang, R.E. Duke, R. Luo, R.C. Walker, W. Zhang, K.M. Merz, B. Roberts, B. Wang, S. Hayik, A. Roitberg, G. Seabra, I. Kolossváry, K.F. Wong, F. Paesani, J. Vanicek, X. Wu, S.R. Brozell, T. Steinbrecher, H. Gohlke, Q. Cai, X. Ye, J. Wang, M.-J. Hsieh, G. Cui, D.R. Roe, D.H. Mathews, M.G. Seetin, C. Sagui, V. Babin, T. Luchko, S. Gusarov, A. Kovalenko, P.A. Kollman, AMBER 11, University of California, San Francisco, (2010).
- 9) MIZUHO/BioStation, Mizuho information and research institute Inc., (2013).
- 10) D.G. Fedorov, K. Kitaura, *J. Comp. Chem.*, **28**, 222-237, (2007).
- 11) T. Tsukamoto, K. Kato, A. Kato, T. Nakano, Y. Mochizuki, K. Fukuzawa, *J. Comput. Chem. Jpn.*, **14**, 1-9, (2015).
- 12) K. Kitaura, K. Morokuma, *Int. J. Quantum Chem.*, **10**, 325-340, (1976).

Fragment Orbital Calculations toward Prediction of Drug Effects

Yoichiro YAGI

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

We have focused our attention on the Fragment Molecular Orbital (FMO) simulations of the complexes of proteins with ligands to elucidate the function of proteins by analyzing of the interaction between protein and ligand. A human protease, renin, is the first component of the renin-angiotensin system in hypertension. This paper describes the FMO calculations on the interactions of renin and its inhibitors. The PDB structures of 22 different inhibitor-bound renin complexes were optimized respectively by an energy minimization with explicit water molecules such as TIP3P model using AMBER11. After energy minimization, the surrounding water molecules were removed and for the resulting renin complexes FMO calculations with MIZUHO/BioStation program were carried out at FMO2-MP2/6-31G* level on the K supercomputer. We computed the interfragment interaction energy (IFIE) between inhibitor and the amino acid residues in renin, and estimated the sum of IFIEs as binding energy between inhibitor and renin. FMO computations indicated that the calculated binding energy can be correlated to the activity value on 50% inhibitory concentration (IC₅₀) of the inhibitors. It is also found that most of inhibitors interact with some particular amino acid residues such as Ser41, Tyr83, Ser84, Thr85, and Ala229 in addition to the active site amino acid residues Asp38 and Asp226. Furthermore, we performed pair interaction energy decomposition analysis (PIEDA) calculation to examine the energy components.

Keywords: renin; inhibitor; FMO calculation; Interfragment interaction energy; Binding energy.

植物細胞を活用した水溶性アスタキサンチンの合成

濱田 博喜

岡山理科大学理学部臨床生命科学科

2019年12月15日受理

1. はじめに

藻、酵母、細菌、エビ、カニ、サケ、イクラなど水産物に広く存在するアスタキサンチンはカロテノイド類のキサントフィルに属し、イソプレネン構造を持つ赤橙色の天然色素である。アスタキサンチンの抗酸化力はビタミンEの400倍、 β -カロテンの40倍以上ともいわれており、眼精疲労の回復や抗炎症作用、動脈硬化の予防、糖尿病性白内障の進行抑制、紫外線による皮膚の酸化損傷・炎症の抑制など抗酸化作用のみならず多彩な生理活性を示すことが明らかになっている。

近年、人々の健康に対する健康維持意識も高まってきており、機能性食品成分の吸収、体内動態、代謝と生理機能の研究が進み疾病の予防や健康障害リスクの低減の機能性食品成分の効果が期待され、2次代謝産物の健康補助食品としての利用が注目されている。

上記の観点に最適な化合物はアスタキサンチンである。今日、健康食品市場ではアスタキサンチンのサプリメントが沢山上市されている。筆者は生体内で安定かつ細胞表面上で加水分解されて、アグリコンが細胞内へ取り込まれる事実を研究室で見いだしている。この化合物は配糖体（サポニン）である。本原稿では、アスタキサンチンの配糖体合成に関して報告する。有機合成での配糖体合成は本原稿には一般的な方法のケーニッヒ・クノール方法を記述する。

2. 実験方法

アスタキサンチン配糖体合成方法に関して有機合成法と植物培養細胞法を示す。

二つの方法を用いて実験を行えば、アスタキサンチン配糖体を容易に合成出来る。

2-1. アスタキサンチン配糖体の有機合成

(a) TAGF (Tetraacetyl- α -D-Glucose Fluoride) の合成

70%Hydrogen Fluoride-Pyridine100gを容器ごと氷で冷やし、そこにPAG20gを加え、冷やししながら6時間攪拌。その後、反応物を字エチルエーテル10mlと飽和炭酸水素ナトリウム水溶液20mlで冷やししながら、さらに発熱が治まるまで攪拌。この溶液を字エチル

エーテル100mlと飽和炭酸水素ナトリウム水溶液200mlで抽出し、飽和炭酸水素ナトリウム水溶液、飽和食塩水の順で3回洗浄を行い、有機層を無水硫酸ナトリウムで脱水後、減圧濃縮、白色固体（TAGF）を得た。

(b) アセチル配糖体の合成

三つ口フラスコに上記で得られたTAGF 100mg、アスタキサンチン30mg、セライト担持炭酸銀100mgを加え、窒素置換した後にジクロロメタン（Dry）10mlを加え、遮光しながら1日攪拌した。その後飽和炭酸水素ナトリウム水溶液で中和し、水層を酢酸エチルで抽出。有機層を無水硫酸ナトリウムで脱水後、減圧濃縮した。

(c) アセチル配糖体の脱アセチル反応

アセチル配糖体にメタノール10ml、炭酸カリウム300mgを加え、遮光しながら2時間攪拌した。この反応物をろ過し、濃縮後に水-酢酸エチルで分配抽出、有機層を無水硫酸ナトリウムで脱水後、減圧濃縮しサンプリング後にシリカゲルカラムで単離した。（図1）収率は25~30%である。

2-2. ツキヌキユーカリ植物培養細胞を用いたアスタキサンチンの物質変換

100mlのMS液体培地（300ml三角フラスコ）にツキヌキユーカリ培養細胞を新鮮重量で20g移植し、暗条件、25℃で2日間前培養した。その後アスタキサンチン（10mg / flak）を投与し、さらに2日間培養した。培養後、三角フラスコの培養物をナイロンメッシュで培地部と細胞部に分け、培地部は酢酸エチルで抽出し、さらに水層をn-ブタノールで抽出した。細胞部はメタノールで静置抽出し、メタノール抽出液を減圧濃縮、濃縮物を水-酢酸エチル、次いで水層をn-ブタノールで抽出した。それぞれの有機層を減圧濃縮し、サンプリングした。その後、HPLCを用いて各サンプルを分析した結果、細胞部、酢酸エチル分画に変暗物が確認された。この変換物を、HPLCを用いて単離精製を行い、

MSならびにNMRで分析を行い、変換物がアスタキサンチン配糖体であること確認した。(図1.)収率は10~15%である。

3. 結果

筆者は有機合成方法と植物培養細胞方法を使って、効率的にアスタキサンチンからアスタキサンチン配糖体の合成に成功した。その配糖体のスペクトル (^1H NMR and ^{13}C NMR) を下記に示す。

Position	^1H ppm	^{13}C ppm
1		37.6
2	2.05・2.16	44.8
3	4.39	77.6
4	2.04	199.3
5		126.0
6		162.6
7	6.22	122.9
8	6.43	142.9
9		134.0
10	6.30	135.3
11	6.45	124.0
12	6.45	140.4
13		136.6
14	6.30	133.5
15	6.66	131.0
16	1.23	26.6
17	1.35	30.4
18	1.94	14.2
19	1.99	12.6
20	2.01	12.9
1''	4.54 (d, $J = 7.4$ Hz)	104.9
2''	2.04	74.2
3''	3.61	77.5
4''	3.61	70.0
5''	3.41	74.9
6''	3.83・3.93	63.2

この配糖体の共役の二重結合の異性化および熱と光に対して安定である事も解明出来た。グルコースが結合しないアスタキサンチンは油であり、熱や光に不安定である。生のアスタキサンチンを使って商品化することは種々の大きな壁があり、簡単に商品化は困難である。筆者が開発したアスタキサンチン配糖体は取り扱いも容易であり、だれでも簡単に商品化できる。しかも、本化合物は天然に存在しているので直ぐに食品素材として使用出来る¹⁾。本化合物の活性に関しては当研究室で抗酸化活性があることが見いだしている。筆者は更に本化合物の応用を目指してイソエリート(横浜市塩水糖製糖販売)包接化に成功した。今後はこの包接体を使って食品や化粧品の応用を考えている。

最近、本化合物の細胞内取り込み実験を行い、本化合物のグルコースは細胞の外部の加水分解酵素で加水分解後に、細胞膜を介してアスタキサンチン(アグリコン)が細胞の中に取り込まれる事を見いだした。現在、更なる実験を行っている。できるだけ早く本配糖体の細胞内取り込み機構を解明して論文投稿を考えている。

最後に筆者は、アスタキサンチン配糖体およびアスタキサンチン配糖体イソエリート抱接体が食品や化粧品に新規素材として活用される事を願っている。

論文

1. A. Yokoyama, K. Adachi and Y. Shimizu, Journal of Natural Products, 58(12), 1929-1933 (1995)

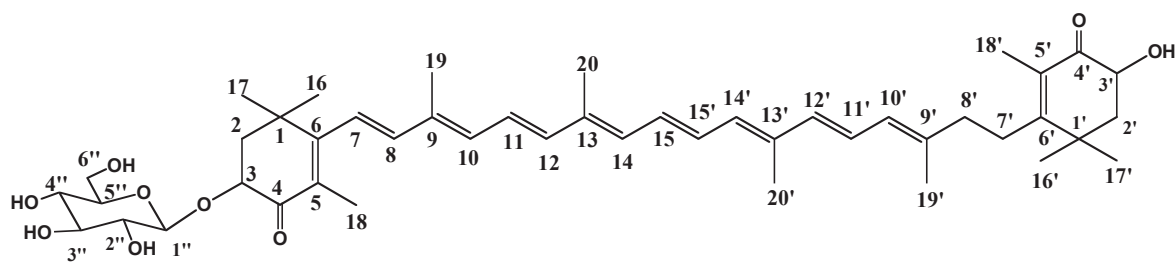


図-1. アスタキサンチン配糖体の構造式とNMRデータ

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

草加 直幸・信政 郁弥*・滝澤 昇*・岩井 良輔**

岡山理科大学大学院工学研究科生体医工学専攻

*岡山理科大学工学部バイオ・応用化学科

**岡山理科大学フロンティア理工学研究所

2019年12月15日受理

1. はじめに

数百から数千個程度の細胞が集まった“スフェロイド”と呼ばれる細胞凝集小塊は、生体組織に近い機能を発揮することから再生医療の移植体や創薬試験の培養モデルとしての応用が期待されている。特に、再生医療においては細胞が分散した懸濁液ではなく3次元のスフェロイドとして移植することで、細胞の高機能化に加えて、患部への生着率も向上し高い組織再生効果が得られることから、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臨床治験においても、分化細胞をスフェロイドの形態にして移植する方法が積極的に採用されている^{1), 2)}。一方で、スフェロイドを再生医療や創薬試験用途として実用的な製品とするには、それらを均一かつ大量に作製することに加えて、凍結保存して必要に応じて随時出荷し、臨床現場にてReady to Shelfにて使用できることが望まれる。ここで、スフェロイドは一般的に細胞低接着処理を施したU底形状の培養ウェルに細胞を添

加することで底に沈降した浮遊細胞の自発的な凝集化現象を利用して作製されるが、この方法では大量の培養ウェルに細胞を添加する必要があるため、培養ウェルの製造コストから見積もとるに量産には向かない。また、スフェロイドのサイズは培養ウェルのサイズに規定されるため制限があり、治療に適したスフェロイドのサイズを検討することができない場合もある。他方、細胞の凍結保存には一般的にジメチルスルホキシドやグリセロールに代表される凍結保護剤が用いられ、最近では幹細胞に適した各種組み換えタンパクを凍結保護剤に加えることによって高い生存率で凍結保存を可能とする再生医療用途を指向した製品も販売されている。しかしながら、細胞を懸濁液ではなくスフェロイドの形態にて凍結保存することを想定した場合には、凍結保護剤がスフェロイドの内部まで完全に浸透できないため、スフェロイド内部の細胞に氷晶が生じて細胞が解凍後に死滅してしまうことが予想される。実際に、Leeらは凍結保護剤を加えて凍結保存した肝細胞

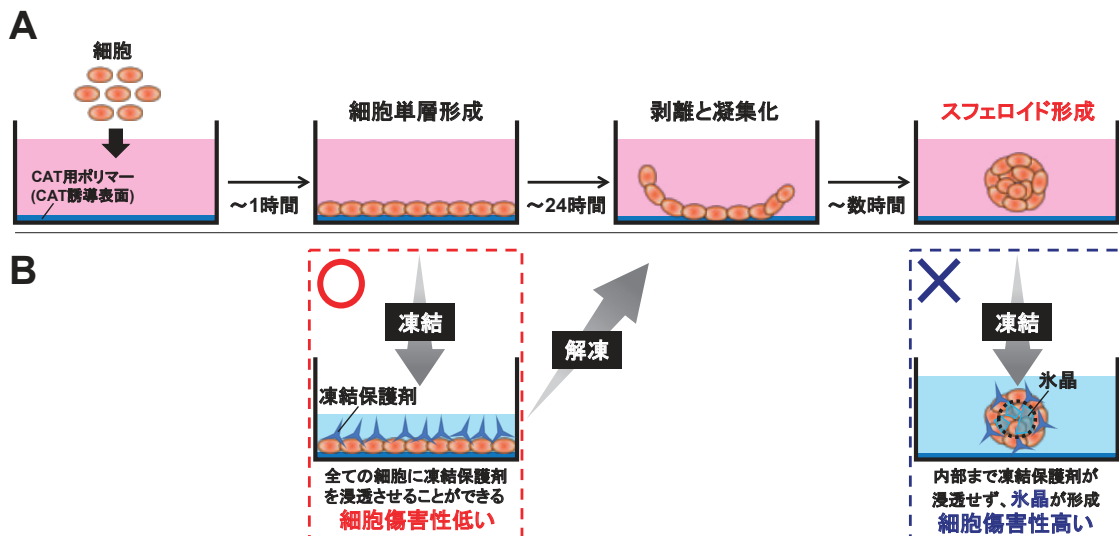


図1 細胞の自己凝集化誘導技術（CAT）を用いたスフェロイド成形機構（A）と凍結保存プロセス（B）

のスフェロイド中の細胞生存率は凍結前の70-80%と報告している。

我々は接着細胞の自己凝集化誘導技術 (Cell self-Aggregation inducible Technology : CAT) を開発した⁴⁾⁻⁶⁾。CATを誘導する高分子を塗布した表面 (CAT誘導表面) に高密度に播種した細胞は、接着して隙間のない細胞単層を形成した後、1日程度の培養の間に細胞単層が自発的にCAT誘導表面から剥離すると同時に凝集化を生じることで、スフェロイドが形成する (図1A)。高分子をインクジェットプリンターを用いて培養皿表面にドット印刷することで、そのドット印刷面のみ細胞が接着し凝集化を生じてドット面積で精密に制御されたサイズのスフェロイドをドット数分だけ、一回の播種操作で得ることが可能であった。また、高分子を培養皿全面に塗布し、細胞懸濁液をドット状に滴下することでも、液滴量で制御されたサイズのスフェロイドをドット液滴数分だけ得ることが可能であった⁷⁾。ここで、我々のCATを用いたスフェロイド作製法においては、従来のU底形状の培養ウェルを用いた方法とは異なり、細胞を一度培養表面に接着させた後、自発的な凝集化が誘導されスフェロイドが形成する。すなわち、この細胞の単層接着段階にて凍結保護剤を加えて凍結すれば、全ての細胞に凍結保護剤が浸透し保護され、解凍して培養するだけで細胞死を伴わず、生きたスフェロイドが得られるのではないかと考えた (図1B)。

以上より、本研究ではCATを用いたスフェロイド作製法において、細胞接着段階での凍結保存の可能性を検討することを目的とした。

2. 細胞懸濁液の滴下量の検討

CATを用いたスフェロイド作製においては、CAT誘導表面上への細胞懸濁液の液滴数と分量がそれぞれス

フェロイドの数とサイズを決めるキーパラメーターとなる。ここで、液滴量を μL オーダーまで微量化すると、液滴内の細胞がCAT誘導表面上に沈降して接着する前に液滴が蒸発し細胞死が生じると予想される。そこで、液滴が蒸発する前に培養液を添加することで細胞死を防げる可能性があるが、その場合には培養液の添加により細胞が拡散しないように細胞がCAT誘導表面に堅固に接着した状態である必要がある。すなわち、CAT誘導表面上に細胞が接着するまでの時間を調べ、少なくともその時間内は乾燥しない液滴量を実験的に知っておく必要がある。

そこで、我々が独自に合成したCAT誘導用の特異荷電高分子⁶⁾を $0.3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ の密度で塗布した培養皿 (2 cm^2 , AGC株式会社) にヒト骨髓液由来の間葉系幹細胞 (hBMSC, PromoCell GmbH) の間葉系幹細胞増殖培地 (PromoCell) の懸濁液 ($5.0 \times 10^6 \text{ cells/mL}$) 1 mLを培養皿全体に播種したところ、hBMSCは数分で培養表面に沈降し15分後では球状の形態で表面に弱く付着した状態であったが、30分後には半分以上の細胞が球状から扁平状に伸展した形態に変化して表面に接着した (図2)。このような伸展状態の細胞は、培養液の添加やピペッティング操作によって表面から剥離しないことを確認した。一方で、上記のhBMSCの懸濁液を0.5-5.0 μL の量で滴下して培養し経時的に培養皿の重量変化を測定することで滴下した懸濁液の乾燥量を見積もると、液量が3 μL 以下では図2で示した細胞接着に要する30分の培養の間に液滴の40%以上が蒸発し滴内の細胞のほとんどが死滅してしまうことが分かった (図3)。すなわち、CAT誘導表面に細胞懸濁液を滴下し接着に必要な30分間の培養において細胞を生存した状態で維持させておくには、少なくとも3 μL よりも多い液量が必要であることが分かった。

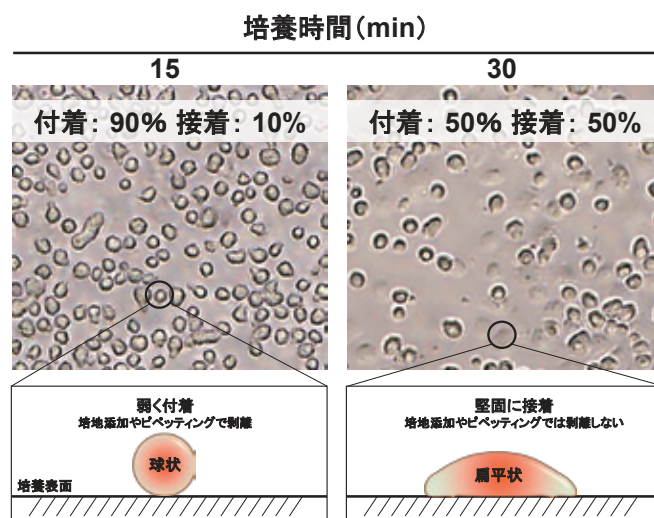


図2 CAT誘導培養表面に沈降した細胞の時間経過による形態と接着挙動の変化

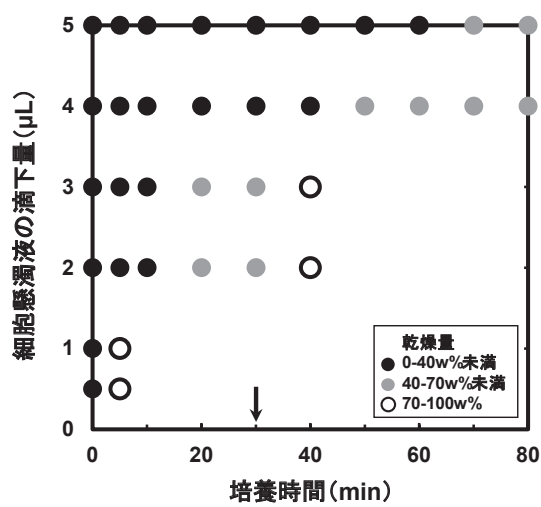


図3 細胞懸濁液の滴下量及び培養時間と乾燥量との関係
矢印：50%以上の細胞が接着するのに要する時間

3. 細胞単層の凍結解凍とスフェロイド形成培養

図2および図3より、3 μ Lよりも多い細胞懸濁液の滴下量にて細胞を生存状態で接着させ得ることが分かった。そこで、5 μ LのhBMSCの懸濁液をCAT誘導用の高分子を塗布していない従来の培養表面とCAT誘導表面にそれぞれ滴下し培養すると、細胞はいずれの表面にも1時間の培養で接着し液滴内に円形の隙間のない細胞単層を形成した。ここで、hBMSCの増殖培養液を培養皿全体に添加しさらに3時間培養しても細胞単層からの細胞の剥離は全く認められなかったので(図4 黄点線枠内)、培養液を細胞凍結保護液(バンバンカー, 日本ジェネティクス株式会社)に交換し、冷凍庫内に静置して-20℃で1時間、さらに-80℃で24時間凍結した。冷凍庫から取り出し室温にて5分静置することで凍結保護液を解凍し増殖培養液1 mLと交換し1時間培養したところ、細胞単層の培養表面からの剥離や死細胞の浮遊などは生じることなく、細胞は生存して単層接着状態を維持していた。続いて、24時

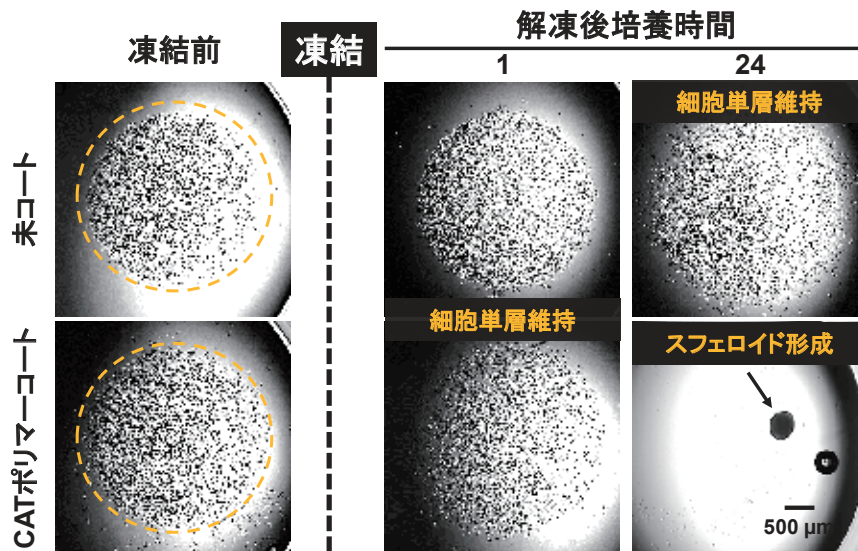


図4 細胞単層の凍結解凍前後の接着状態と培養によるスフェロイド形成
黄点線枠内：細胞単層

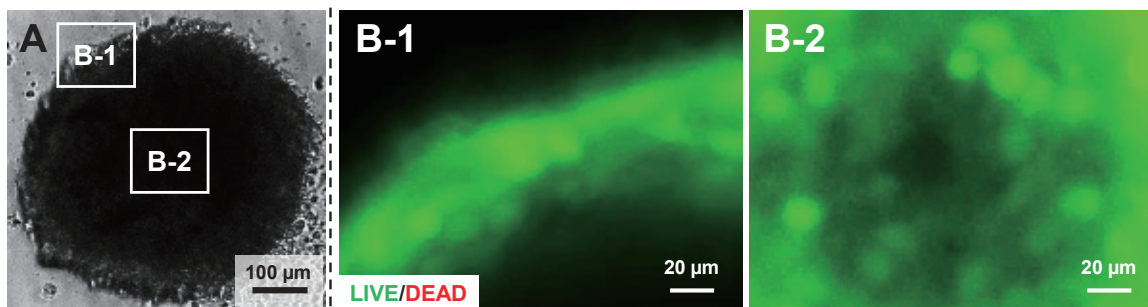


図5 スフェロイド(A)のLIVE/DEAD染色後の外縁部(B-1)および中心部(B-2)の蛍光顕微鏡観察像

間培養すると、従来の培養皿表面に形成した細胞単層は凝集化を生じることはなかったが、CAT誘導表面にて形成した細胞単層は外縁部より剥離すると同時に凝集化を生じ、液滴あたり1個のスフェロイドが形成した(図4)。そこで、スフェロイド中の細胞の生存率をLIVE/DEAD Cell Staining Kit (PromoCell) を用いて評価したところ、スフェロイドの内外で偏りなく95%以上の細胞が生存していることが確かめられた(図5)。

4. おわりに

CATを用いた均一性と量産性に優れたスフェロイド作製法において、細胞接着段階における凍結保存が可能であった。Leeらの報告においては、肝細胞をスフェロイドの形態にして凍結し、凍結保護剤の種類や濃度を変化させて細胞生存率の向上を試みているが、高くても70~80%程度との実験結果を報告している³⁾。本研究においては、従来のU底形状の培養ウェルを用いて作製したスフェロイドとの細胞生存率の直接の比較は行っていないが、細胞を単層接着状態で凍結保存する本法においては、全ての細胞を十分に細胞保護剤に曝すことができ、かつ解凍後に溶液交換により凍結保護剤を完全に除去することが出来るため、これまでの

報告よりも高い細胞生存率が達成されたと考えている。今後は、hBMSC(やiPS細胞)のスフェロイドの未分化性や分化能を凍結解凍前後で評価し、本法の安全性をさらに示すとともに、本法を自動液滴突出装置と組み合わせることによる量産化の可能性についても検討することで、スフェロイドを用いた再生医療の実用化に向けた基盤技術としての実装化を目指したい。

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) Lee JH, Jung DH, Lee DH, Park JK, Lee SK, Transplant Proc., 44(4), 1015-7 (2012).
- 4) Iwai R, Nemoto Y and Nakayama Y., Biomaterials., 34(36), 9096-102 (2013).
- 5) Iwai R, Nemoto Y and Nakayama Y., J Biomed Mater Res A., 104(1), 305-12 (2016).
- 6) Iwai R, Haruki R, Nemoto Y and Nakayama Y., J Biomed Mater Res B Appl Biomater., 105(5), 1009-1015 (2017).
- 7) 草加直幸, 橋本真悟, 岩井良輔, OUSフォーラム2018要旨集, 106 (2018)。

Possibility of cryopreservation in spheroid production process using adhered cell self-aggregation inducible technology.

Naoyuki KUSAKA, Fumiya NOBUMASA^{*}, Noboru TAKIZAWA^{*}, Ryosuke IWAI^{**}

Graduate School of Engineering, Okayama University of Science,

**Faculty of Engineering, Okayama University of Science,*

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

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

Cell aggregates called “spheroids”, which are composed of hundreds to thousands of cells, have functions similar to those of living tissue, so they are promising transplant for regenerative medicine and culture models for drug discovery tests. However, for their practical use, there is a need for the development of a technology that enable us to obtain them uniformly and in large quantities, and moreover that can be cryopreserved with a high survival rate. We have developed cell self-aggregation inducible technology called “CAT” and succeeded in producing large quantities of uniform spheroids by inducing self-aggregation of adherent cells. In this study, we attempt to examine the possibility of cryopreservation of cells before spheroid formation at the adhesion stage in spheroid production using CAT. Even if the human bone marrow-derived mesenchymal stem cells monolayer adhered on the surface of culture dish coated with a polymer for CAT induction was frozen in a commercially available cell cryoprotectant for 24 hours, it was maintained without occurring cell death. Subsequently, after culturing for about 24 hours, the cell monolayer was separated from the outer periphery and caused aggregation to form a single spheroid. Live/Dead assay confirmed that 95% or more of the cells constituting spheroids survived. As a result, it was possible to cryopreserve at the cell adhesion stage in the spheroid production method using our unique CAT with excellent uniformity and mass productivity. Further mass production is expected by combining CAT with an automatic cell ejection device.

Keywords: tissue engineering; multi cellular spheroid; cell self-aggregation; cell cryopreservation

過剰アルゴンの獲得過程 - 二種の鉱物の相互作用

兵藤 博信

岡山理科大学自然科学研究所

〒700-0005 岡山市北区理大町1-1

2019年12月15日受理

はじめに

貫入岩体の周囲で起こる過剰アルゴンについて鉱物から放出されるアルゴンによって分圧上昇が時間変化をすることを報告した(兵藤, 2018). 今回は閉止温度(T_c)の異なる二種の鉱物が放出するアルゴンによる分圧上昇が過剰アルゴンにどの様に寄与するかについて考察する.

拡散モデル

以前のモデル(兵藤, 2018)では閉止温度の低い鉱物から放出されるアルゴンがそれよりも高い T_c の鉱物に対して周りのアルゴン分圧をどの様に上昇させるかということであった. ここでは頻繁に過剰アルゴンが報告される黒雲母を例にとって具体的に二種の鉱物(長石と黒雲母)の拡散系の貫入岩脈から放出される熱に対してのふるまいを見ていく.

等方的な拡散系(球対称)のアルゴン保持力の低い鉱物(長石)とアルゴン保持力のやや高い円柱対称の拡散系鉱物(黒雲母)を構成鉱物に持つ母岩を仮定した. たとえば花崗岩では, 長石類が黒雲母より圧倒的に多い. 黒雲母は主にc面に沿って拡散が起きると考えられその解析には円筒座標系が用いられる. 長石の拡散については様々な議論があって単純なモデルで表せない(McDougall and Harrison, 1999)単純化のためここでは低い T_c を与える等方的な拡散系を仮定した.

二種の鉱物の脱ガスの割合をそれぞれ f_1 , f_2 とするとこれらは解析解がすでにあって有限差分法により短い時間 Δt だけ加わった影響は式(1), (2)のように与えられる. ここでべき乗中の時間積分は時刻 t_i までのすべての履歴を足し合わせることを示している(兵藤, 2018).

$$f_1(t_i) = 1 - \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp \left[-n^2 \pi^2 \frac{D_{01}}{r^2} \int_0^{t_i} \exp \left(-\frac{E_1}{RT(t)} \right) dt \right] \quad (1)$$

$$f_2(t_i) = 1 - 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\alpha_n^2} \exp \left[-\alpha_n^2 \frac{D_{02}}{r^2} \int_0^{t_i} \exp \left(-\frac{E_2}{RT(t)} \right) dt \right] \quad (2)$$

(1) 式は球対称, (2) 式は軸対称(円筒座標系)である(Crank, 1975). D_0 は周波数因子, r は拡散半径, E は活性化エネルギー, R は気体定数, T は絶対温度である. (2) 式の α_n は0次の第一種Bessel関数の n 番目の解 $J_0(\alpha_n)=0$ である. 収束を十分満たす項までの和をとり計算を行った. 時間に対する温度変化 $T(t)$ は兵藤(2018)のモデルと同じものを用いた. また球を仮定した拡散系(仮想的長石)では拡散特性パラメーターとして活性化エネルギー 39 kcal/mol, 拡散半径 $a = 0.01$ cm²/sec, 円筒座標系(黒雲母)では47.1 kcal/mol, $a = 0.075$ cm²/secを用いた(McDougall and Harrison, 1999). これらの値はDodson(1973)の T_c のそれぞれ288°C, 383°C(冷却速度0.01 °C / yr)に相当する.

結果と考察

(1), (2) 式から有限差分法を用いて短い時間 Δt に放出されたアルゴンが周囲の分圧に寄与する影響を考える. 貫入岩体に近い距離では上昇する温度の影響を受けて鉱物からは急激に脱ガスがおきる. この時, 岩体の周りにわずかな流体が存在すれば強い温度勾配の影響を受けて非常に強い上昇流が生じ, 脱ガスされたアルゴンが近傍に滞留しないで運び去られる. したがって母岩にはアルゴンは残留せず, 鉱物が再び冷却する際に獲得される過剰アルゴンの原因とはならないため通常は貫入岩の接触域では年代がリセットされる($f=1$). ちなみに広域変成作用では温度は貫入岩とは異なりほぼ同じ温度が達成されるので脱ガスが起きるときは一斉に脱ガスされるが一方で強い温度勾配が存在しないため流体の移動もあまり起きない. したがって広域変成岩の場合過剰アルゴンになるか否かはその後の上昇冷却速度とアルゴン分圧の低下速度(流体等によるアルゴンの移動速度に比例)で決まる.

貫入岩との接触面から離れていくと最高到達温度が T_c を下回るため完全なリセットを受けず部分的リセット状態となる($f < 1$). それぞれの鉱物の特性によって完全リセットの領域の広がり異なる(図1a, 1b). 図1aからは T_c の低い球状の拡散系の方が $f=1$ になる領

域が円筒座標系（図1b）に比べて広くなることが見て取れる。部分リセットが起きる領域では温度勾配も接触面に比べてはるかに小さくなるためそれに比例する上昇流の強度は急速に弱まる。つまりアルゴン分圧は時刻 t_i 以前の履歴を引きずることになり以下に示す履歴を伴わない単純なモデルよりも増加化傾向にあると考えられる。

二種の拡散特性の異なる鉱物が存在する時のそれぞれ

れのアルゴン分圧の上昇は、ある時点でのアルゴン分圧はそれ以前に放出されたアルゴンがどれだけ効率よく運び去られたかに依存する。仮にそれ以前の履歴を残さずに領域から一掃される（脱ガスされたアルゴンが滞留しない）と Δt での増加分は

$$P_{Ar} \propto \Delta f_i = f(t_i) - f(t_{i-1}) \quad (3)$$

で与えられる。これは厳密に言えば f_i の導関数である

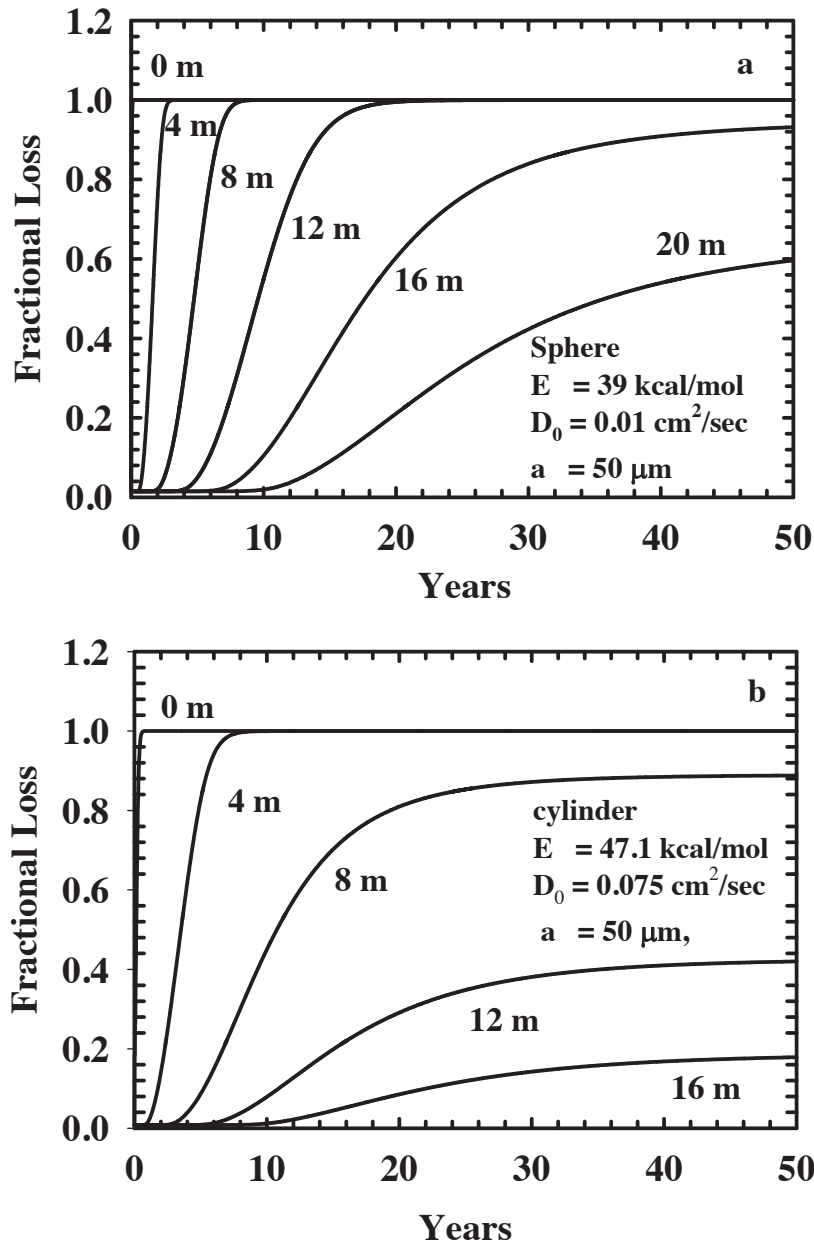


Figure 1a, 1b Fractional Loss f vs time of a mineral system with sphere (1a) and cylinder (1b) geometry in the host rock after a dyke intrusion. The diffusion parameters used are shown in the figures. The mineral in figure 1a has lower closure temperature than on in figure 1b, being illustrated that the area of total release ($f=1$) is broader in figure 1a.

岩脈などの垂直に貫入した岩体では壁面に沿って温度勾配に比例した強さの流れが形成される。温度勾配の進行方向と流れの向きが直交しているため接触面から離れた流れの弱い位置では貫入岩体とその母岩の上部領域では仮に時刻 t_i 以前の履歴が更新されたとしても下からの流れにより更新分は補てんされるため蓄積のみ（アルゴン分圧は全放出量 f そのもの）が起きるということも想定される。このように母岩中のアルゴ

ン分圧がゼロに近くなる条件は流れの強さと閉止温度領域での熱の継続時間によって支配される。

(1), (2) 式を使って (3) 式の値を計算した各地点での変化を時間変化を図2a, 2b同時刻での分圧の空間分布を図3a, 3bに示す。これらの値は短い時間 Δt に熱によって鉱物から脱ガスされたアルゴンの増加量である。いずれも波の形をした時間変化および位置変化を表す。図3a, 3bのグラフが粗いのは空間分解能が低

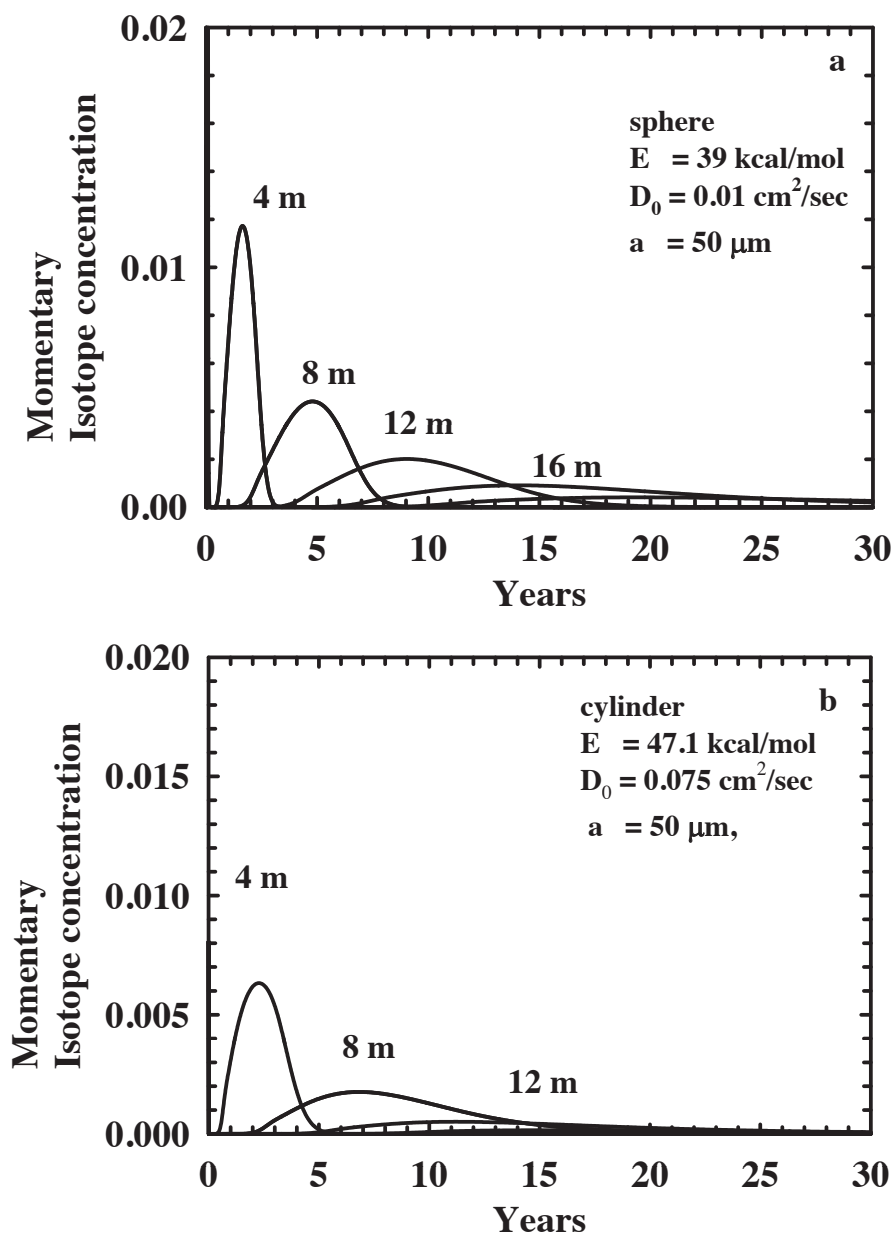


Figure 2a, 2b Momentary argon isotope concentration released from minerals (2a: sphere, 2b: cylinder) during cooling in the host rock, assuming no memory effect from a previous time step. Maxima of the momentary increase is the time derivative of figure 1a and 1b. The wave-like pattern proceeds with time.

い (1 m) ためであるが精度を上げて全体傾向は変化しない。これらの図は岩脈の冷却に伴う温度変化が流れの強さと拡散系を制御しながらアルゴン分圧の時間変化を引き起こしていることを示している。接触面付近では放出されたアルゴンは非常に高い温度によってすべて放出される ($f=1$)。これが通常みられるリセットという現象である。貫入で放出される熱により岩脈の近傍では大きな温度勾配 ($\propto$ 流体の移動

速度) によって強い熱対流が励起され脱ガスされたアルゴンは効率よく領域から排出されるためリセット状態は保持される。一方、接触面から少し離れた位置では脱ガスが不十分で拡散系が部分リセット ($f<1$) となるだけでなく、対流も接触面近傍に比べ格段に弱くなる。異なる拡散パラメーターを持つ長石以外の鉱物は長石それとは異なるタイミングで系の開放、閉止を行うことになる (図3a, 3b)。これらのタイミング

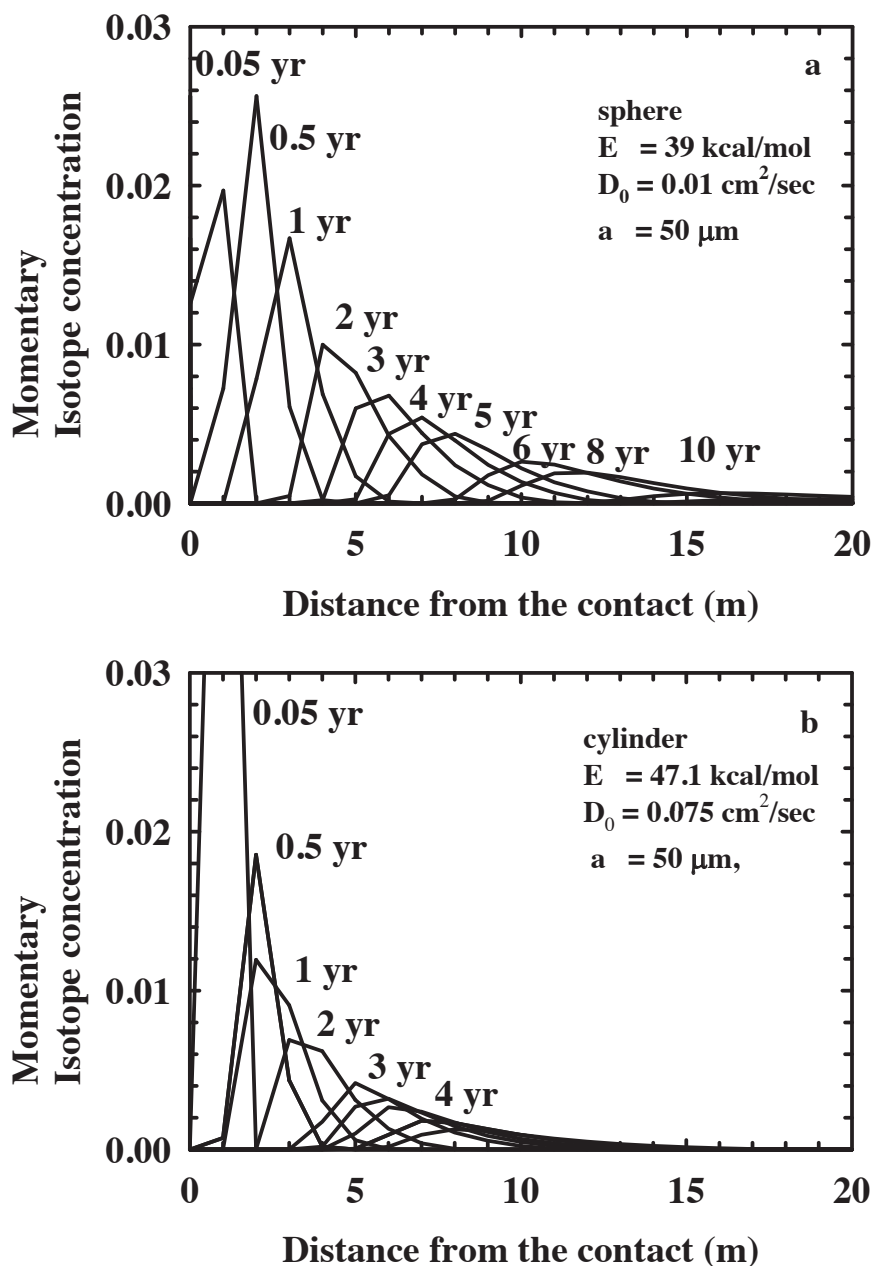


Figure 3a, 3b Momentary argon isotope concentration released from minerals (2a: sphere, 2b: cylinder) as a function of the distance from the contact. Wave-like maxima peaks are formed and propagates as time proceeds. The entrapment of argon occurs when the high T_c system (cylinder) is closing but low T_c system (sphere) is still open.

のずれと温度が高温側の鉱物の T_c を通過して下がる時過剰アルゴンの捕獲が起きる鉱物と起きない鉱物が出来上がると考えられる。即ちアルゴン保持力の小さい鉱物は脱ガスを続ける一方で保持力の強い鉱物は温度の上昇・下降によって拡散が開放系から閉鎖系へとシフトするため温度の下降過程で保持力の弱い鉱物から放出されるアルゴン分圧が高い状態に出会うことによって過剰アルゴンが形成されることになる。

まとめ

二つの閉止温度の異なる鉱物で熱によって放出されるアルゴンの振る舞いを時間的、空間的に図示した。近似としては放出されたアルゴンが履歴を残さず短い時間の間に一掃されることを仮定したが、実際の系ではさらなる分圧の上昇が予想される。閉止温度が高い拡散系が閉じようとする時閉止温度の低い拡散系は脱ガスを続けており、アルゴン分圧を上昇させる方に寄与するため過剰アルゴンが形成されることが予想される。過剰アルゴンの量を決定するのは鉱物外へ出たあとのアルゴンの移動に大きく左右される。このモデル

で見る限り岩脈などの近傍ではほとんどの場合過剰アルゴンの形成が予想される。しかし個々の野外条件で様々な因子（鉱物の構成、モード、貫入温度、母岩の流体透過率等）が絡むので具体的数値を入れていく必要がある。この方法は同位体を特定していないのですべての拡散系に同様の議論が適用出来るが、U-Pb系などでは注目する鉱物が1種類であるのと T_c がかなり高いのでK-Ar系とは状況が異なる。

参考文献

- Dodson, M.H. (1973) Closure temperature in cooling geochronological and petrological systems. *Contrib. Mineral. Petrol.* **40**, 259-274.
- Crank, J. (1975) *Mathematics of diffusion*. Oxford University Press, 414pp.
- 兵藤博信 (2018) 岡山理科大学自然科学研究所研究報告第43号, 11-13.
- Harrison, T.M. and McDougall, I. (1999) *Geochronology and Thermochronology by the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ method*. 2nd ed. Oxford University Press, 269pp.

Process of Excess Argon Acquisition - Interaction between two minerals

Hironobu HYODO

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

Acquisition process of excess argon is considered, assuming degassing and trapping of argon is controlled only by diffusion. Acquisition of excess argon is caused by high argon pressure when a diffusion system of a mineral is about to close. Argon release behavior after dyke intrusion is calculated against distance from the contact and time after intrusion. The diagrams illustrate that different timing of opening and closing of the diffusion systems create the excess argon. This model is applicable to not only argon system but also any isotope systems.

北西インドラダック地域における 超高压Tso Morari変成岩体の地質調査報告

今山 武志・Dutta Dripta

岡山理科大学フロンティ理工学研究所
インド工科大学ボンベイ校地球科学科

2019年12月15日受理

北西インドラダック地域におけるTso Morari変成岩体の野外調査を実施して、超高压変成岩類やオフィオライト火成岩類などを採取した。Tso Morari変成岩体中心部のエクロジャイト岩脈には、ザクロ石とオンファス輝石が観察される。一方、母岩の花崗岩質片麻岩類は後退変成作用の程度が著しく、超高压変成作用の証拠は乏しい。特に、岩体周辺部の変成堆積岩に取り囲まれた苦鉄質変成岩類は、後退変成作用によってほぼ角閃岩化している。今後は、これら変成岩類の変成圧力—温度—時間経路の空間分布を推定して、超高压変成岩体の上昇メカニズムを具体的に明らかにする。

1. はじめに

ヒマラヤ造山運動は、約5000万年前のインド—アジア大陸の衝突から現在まで続き、世界中の多くの研究者がその形成過程に注目する。ヒマラヤには大陸衝突帯に典型的な中圧型の広域変成作用に加えて、沈み込みから大陸衝突にかけて起きた超高压変成作用が知られている。これらの超高压変成岩体は、パキスタンのKhaghn valleyのNanga Parbat syntaxis付近や北西インドのTso Morari地域に主に露出する。Tso Morari地域の超高压型変成岩類は、約5500–4600万年前に超高压変成作用を被っており、インド—アジア大陸衝突境界において、100km以上地下深くまで沈み込んだことが分かっている。これらの変成岩類は、大陸衝突後の約4500–3500万年前に上昇して、中圧型の後退変成作用を被ったとされる (de Sigoyer et al., 2004, St-Onge et al., 2013)。これらの超高压変成岩体の上昇メカニズムは、これまでに多くのモデルが提案されているが、未解決の問題である (e.g. O'Brien 2018)。そこで、本研究では、北西インドTso Morari地域超高压変成岩体の詳細な圧力—温度—時間経路の空間分布を推定して、大陸衝突帯の超高压型変成岩体の上昇メカニズムを解明する。そのため、著者らは、北西インドラダック地域超高压Tso Morari変成岩体周辺の調査を2019年6月に実施して、試料を採取した。本稿は、その調査研究報告である。

2. 研究調査地域の地質概要

野外調査と試料採取は、構造地質学を専門とするインド工科大学ボンベイ校のMukherjee Soumyajit教授の博士課程学生と共同で実施した。研究調査地域は、インドの首都デリーからカシミール地方のレーへ飛行機で移動し、そこからさらに車で東側に6時間走行したところにある。レー空港は、標高3,256 mの高地にあり、高山病を避けるために、体を数日間慣らす必要がある。本研究地域の地質構造単位は、中央部に超高压変成岩体のTso Morari結晶質岩があり (Fig. 1)、その周囲には、低変成度の古生代—中生代堆積岩からなるTetraogal Nappeが露出している。さらにTetraogal Nappeの南側では、Meta Nappeが分布し、Rupshu GraniteやNyimaling Graniteに貫入されている。Tso Morari結晶質岩の北側には、オフィオライト層群やモラッセ堆積物 (Indus Molasse) からなるインダス—ツァンポ縫合帯が分布し、インド—アジア大陸衝突の地質学的境界が観察される。さらに縫合帯の北側には、衝突前の沈み込みで形成されたIタイプのラダックバソリス花崗岩体がある。超高压変成岩体は、Tetraogal Nappeやインダス—ツァンポ縫合帯と正断層センスの断層帯によって境されている (Fig. 1)。

2-1. Nidarオフィオライト

Nidarオフィオライトは、Tso Morari超高压変成岩体周辺に保存される海洋地殻の断片である。Nidarオフィオライトは、玄武岩、ドレライト、斑れい岩、橄欖岩

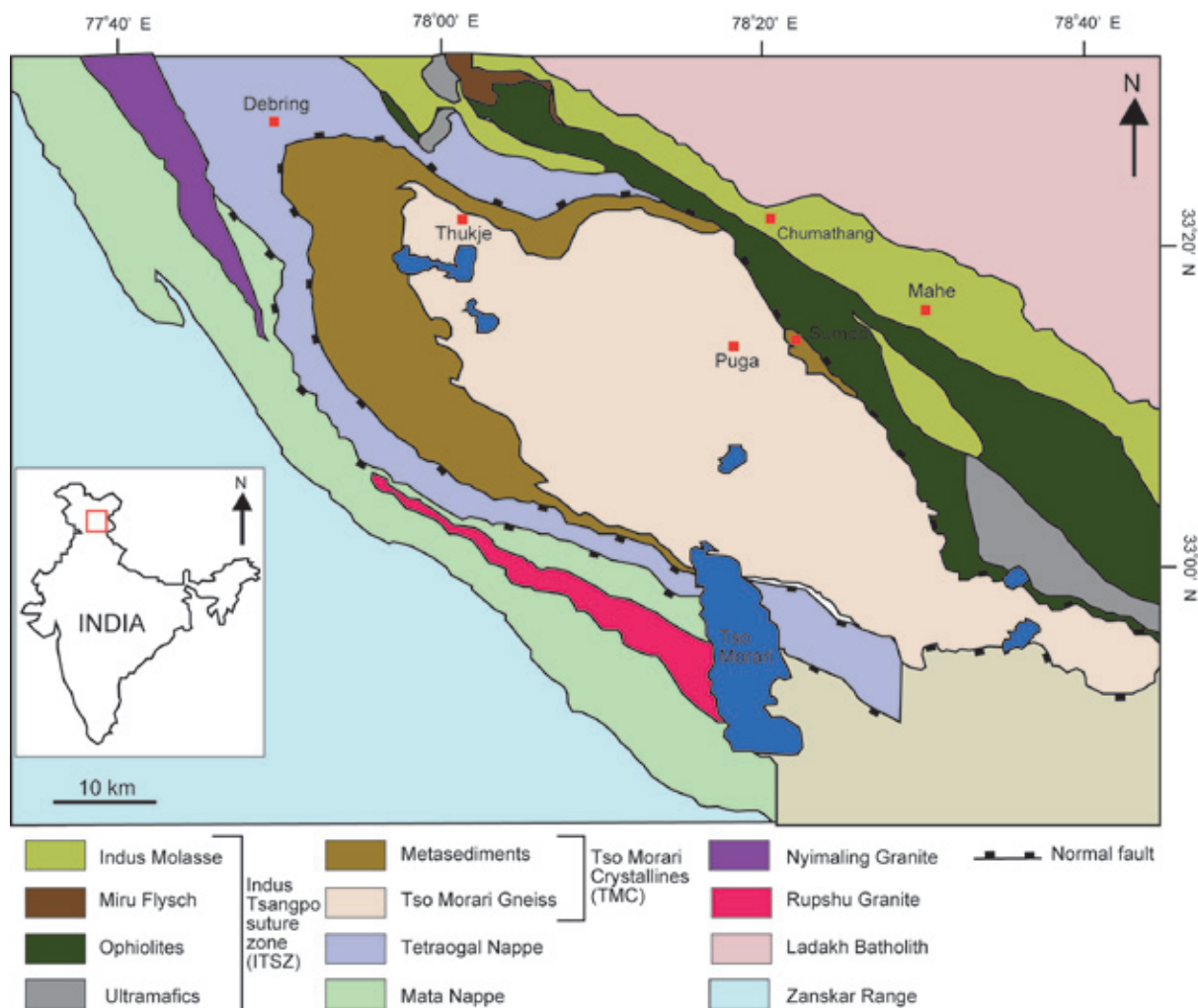


Fig. 1 Geological map of Ladakh in NW India. Modified from Epard & Steck (2008).

とチャートや火山碎屑性堆積物から主に構成され、プレナイトーパンペリナイト相—緑色片岩相下部程度の弱い変成作用を被っている (e.g., Buchs and Epard, 2018). 上部の火山碎屑性堆積物は、チャート、珪質岩、火山碎屑性砂岩・礫岩、凝灰岩、火山岩類から主に構成される。礫岩には、玄武岩や花崗岩の礫が含まれ、層序上部ほど、花崗岩礫の割合が増える。全岩化学組成などの地球化学的研究によれば、これらのオフィオライト層火成岩類は、supra-subduction zoneで形成された (Ahmad et al., 2008; Mahéo et al., 2004). また、斑れい岩の角閃石からのAr/Ar年代は約124 Ma、斑れい岩のSm-Nd全岩アイソクロン年代は約140 Maを示し、白亜紀後期に形成したとされる。しかし、Nidarオフィオライト火成岩類の岩石学的・年代学的研究は、研究例が限られており、これらの単一の火成活動モデルが妥当であるかは検討を要する。実際、インダス—ツァンポ縫合帯の他オフィオライト層群は、ジュラ紀中期

(約170 Ma) や白亜紀前期 (約80 Ma) の生成年代も知られており、その大陸衝突前のテクニクスは複数の火成活動が関連していることが示唆される。

2-2. Tso Morari超高压変成岩体

超高压変成岩体は、PugaからThukjeを中心にほぼ楕円形に分布している。岩体の中心部は、花崗岩質片麻岩類から主になり、超高压エクロジャイトは岩脈として観察される (Fig. 2)。エクロジャイトは、中心部はオンファス輝石などの(超) 高压で形成した鉱物が観察されるが、片麻岩類との接触部では角閃石が卓越し、後退変成作用を強く被っている場合が多い。片麻岩類は、強く変形した長石ポーフィオクラストを含む眼球片麻岩 (正片麻岩) が大部分を占める。一部、白雲母片麻岩や珪質片麻岩などの堆積岩起源の準片麻岩類も観察される。これらの片麻岩類は、電気石を含む優白質部分を含む場合があり、部分溶融を少なからず被っ



Fig. 2 Outcrop photograph of the Tso Morari ultra-high pressure metamorphic complex.

ている。超高压変成岩体の周辺部の母岩は、主に変成堆積岩類からなる。変成堆積岩類は、ザクロ石を含む砂泥質片岩やドロマイトなどから構成され、見かけの変成度は岩体中心部の片麻岩類と比べると著しく低い。これらの変成堆積岩類も、苦鉄質変成岩類の岩脈を含むが、それらの多くは角閃岩類であるため、著しく後退変成作用を被っているとされる。

3. 薄片観察

採取した岩体中心部のエクロジャイト4試料と眼球片麻岩3試料の薄片を作成して、偏向顕微鏡で観察した。エクロジャイトは、ザクロ石、オンファス輝石、角閃石、ルチル、チタン石、石英、斜長石などから主に構成される。4試料のうち3試料は後退変成作用の程度が著しく、ほとんどのザクロ石が角閃石や斜長石によって置換されている。元々はナトリウムに富むオンファス輝石も、現在はカルシウムに富む輝石として観察される場合が多い。1試料は比較的、ザクロ石とオンファス輝石が残存しており、今後は包有物の解析からコーサイトなどの超高压の証拠が残されていないか検討する。眼球片麻岩3試料は、カリ長石や斜長石の大きなポーフィロクラスト斑晶を含み、黒雲母や白雲母も観察される。ザクロ石は少量であるが、観察される場合がある。その他、副成分鉱物として、チタン石、燐灰石、ジルコンなどが観察される。片理面は、黒雲母や白雲母の伸長方向によって定義される。黒雲母の一部は、後退変成作用により緑泥石化が進んでいる。

4. 議論

Tso Morariの超高压変成作用は、地質温度圧力計や相平衡計算により、約22–39 kbar, 700–790 °Cと推定されている (St-Onge et al., 2013)。これらの超高压

変成圧力–温度条件は、岩体中心部のエクロジャイト岩脈から推定された値である。一方、岩体の大部分を占める母岩の眼球片麻岩や堆積岩起源の片麻岩類が超高压変成作用を被った直接的な証拠は未だ限られる。さらに、岩体周辺部の変成堆積岩やそれに伴う苦鉄質変成岩からは、超高压変成作用の痕跡は見出されておらず、Tso Morari変成岩体の変成圧力–温度条件の空間分布は不明なままである。

Tso Morari変成岩体が超高压変成作用の後に、後退変成作用を著しく被っていることは疑いようがない。しかし、変成岩体が超高压変成作用を一様に被っているのか、後退変成作用に必要な流体の起源は何か、などは不明である。また、部分熔融は、岩石の流動を促進して、変成岩体の上昇過程に大きく影響を与えることが知られているが、部分熔融が顕著な岩体中心部と乏しい周辺部で上昇過程に違いはあるのかなども重要な検討課題である。今後は、これらの疑問点を一つずつ解決することにより、より具体的な超高压変成岩体の上昇過程の実体を解明する必要がある。

5. 今後の展開

今回採集した北西インド (Tso Morari地域) の超高压変成岩類の研磨薄片を追加で作成し偏光顕微鏡による岩石記載と、組織を見ながらの電子線微小部化学分析装置を用いた造岩鉱物の化学分析を実施する。ザクロ石の累帯化学組成構造、様々な地質温度圧力計と相平衡計算を用いて、超高压変成岩類の変成圧力–温度経路を推定する。特に、これまでに超高压変成作用を受けた証拠が乏しい岩体周辺部の変成堆積物やエクロジャイトの母岩である眼球片麻岩について、詳しく解析する。

推定した変成圧力–温度経路に年代軸を入れるため、ジルコン/モナザイト/スフェーン/ルチルなどのウラン–鉛年代測定と白雲母/角閃石のカリウム–アルゴン年代測定を実施する。ウラン–鉛年代測定は、走査型透過電子顕微鏡観察、微量元素分析や包有物解析も同時に実施して、変成年代 (昇温変成期、変成ピーク期、後退変成期) を推定する。ジルコンやモナザイトのウラン–鉛年代測定は、韓国基礎科学研究所設置の高感度二次イオン質量分析計装置あるいは岡山理科大学に設置のレーザアブレーション誘導結合プラズマ質量分析計を用いる。チタン石やルチルのウラン–鉛年代測定による冷却年代は、高精度に測定する必要がある。表面電離型分析装置を用いて実施予定である。カリウム–アルゴン年代測定は、白雲母、角閃石の鉱物分離を行い、岡山理科大学設置のカリウム–アルゴン年代測定装置を用いる。それらの情報をもとに、変成圧力–温度–時間経路を推定して、超高压変成岩体

の沈み込みと上昇はいつ始まったのか、岩体中心部と周辺部で違いがあるのかを明らかにする。また、オフィオライト層群の形成・冷却年代、全岩化学組成、ネオジウム-ストロンチウム同位体比組成を測定して、オフィオライト層群の起源やオブダクション時期を推定する。

引用文献

- Ahmad, T., Tanaka, T., Sachan, H. K., Asahara, Y., Islam, R., & Khanna, P. P. (2008). Geochemical and isotopic constraints on the Age and origin of the Nidar Ophiolitic complex, Ladakh, India: Implications for the Neo-Tethyan subduction along the Indus suture zone. *Tectonophysics*, 451(1–4), 206–224.
- Buchs, N., & Epard, J. –L. (2018). Geology of the eastern part of the Tso Morari nappe, the Nidar Ophiolite and the surrounding tectonic units (NW Himalaya, India). *Journal of Maps*, <https://doi.org/10.1080/17445647.2018.1541196>.
- de Sigoyer, J., Guillot, S., & Dick, P. (2004). Exhumation of the ultra-high-pressure Tso Morari Unit in Eastern Ladakh (NW Himalaya): A case study. *Tectonics*, 23(3). doi:10.1029/2002TC001492.
- Epard, J. –L., & Steck, A. (2008). Structural development of the Tso Morari ultra-high pressure nappe of the Ladakh Himalaya. *Tectonophysics*, 451, 242–264.
- Mahéo, G., Bertrand, H., Guillot, S., Villa, I. V., Keller, F., & Capiez, P. (2004). The South Ladakh ophiolites (NW Himalaya, India): An intra-oceanic tholeiitic arc origin with implication for the closure of the Neo-Tethys. *Chemical Geology*, 203(3–4), 273–303.
- O'Brien, P. J. (2018). Eclogites and other high-pressure rocks in the Himalaya: a review. In: Treloar PJ, Searle MP (eds) *Himalayan tectonics: a modern synthesis*, Geological Society, London, Special Publications 483. <https://doi.org/10.1144/SP483.13>.
- St-Onge, M. R., Rayner, N., Palin, R. M., Searle, M. P., & Waters, D. J. (2013). Integrated pressure–temperature–time constraints for the Tso Morari dome (Northwest India): Implications for the burial and exhumation path of UHP units in the western Himalaya. *Journal of Metamorphic Geology*, 31(5), 469–504.

Research report of the Tso Morari ultra-high pressure metamorphic complex in Ladakh, NW India

Takeshi IMAYAMA and Dripta DUTTA*

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

** Department of Earth Sciences, Indian Institute of Technology Bombay,
Mumbai, Maharashtra, 400-076, India*

Field surveys of the Tso Morari metamorphic complex in Ladakh, NW India were performed to collect ultra-high-pressure metamorphic rocks and ophiolite igneous rocks. Garnet and omphacite are observed in the eclogite dyke in the center of the Tso Morari metamorphic complex. On the other hand, the granitic gneisses of the host rock have a remarkable degree of retrograde metamorphism, and there is little evidence of ultrahigh-pressure metamorphism. In particular, metabasites surrounded by metamorphic sedimentary rocks around the complex are almost amphibolite due to retrograde metamorphism. In the future, the spatial distribution of metamorphic pressure-temperature-time paths of these metamorphic rocks will be investigated to clarify the exhumation mechanism of ultra-high-pressure metamorphic rocks.

Keywords: ultra-high pressure metamorphism; Tso Morari; Himalaya

Report of the Okayama University of Science – Mongolian Institute of Paleontology Joint Expedition in 2019

Shinobu ISHIGAKI*, Khishigjav TSOGTBAATAR**, Hidetsugu TSUJIGIWA***,
Buuvei MAINBAYAR**, Akio TAKAHASHI***, Kazumasa AOKI***,
Shogo AOKI***, Batsaikhan BUYANTEGSH**, Purevsuren BYAMBAA**,
Chagnaa BAYARDORJ**, Balgan OTGONBAT**, Mototaka SANEYOSHI*,
Shoji HAYASHI* and Kentaro CHIBA*

**Faculty of Biosphere – Geosphere Science, Okayama University of Science,
1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama, 700-0005, Japan*

***Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Sciences,*

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

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

Accepted on December 15, 2019

Field crews of the OUS and IP, Mongolian Academy of Sciences Joint Expedition conducted geological and paleontological surveys in the Gobi Desert of Mongolia from August 20th to September 2nd and September 5th to 12th, 2019. We collected 229 fossil specimens, including 29 plaster jacketed specimens and 63 geological samples this year, which will be useful to examine the paleobiology of the fossil remains and the stratigraphy in the Gobi Desert.

Abbreviations: OUS, Okayama University of Science; IP, Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Sciences

1. Participants

The following seven people participated in the western Gobi expedition from OUS.

- 1) Hidetsugu TSUJIGIWA (Professor, OUS)
- 2) Akio TAKAHASHI (Associate Professor, OUS)
- 3) Mototaka SANEYOSHI (Associate Professor, OUS)
- 4) Shoji HAYASHI (Lecturer, OUS)
- 5) Kentaro CHIBA (Assistant Professor, OUS)
- 6) Shota KODAIRA (Graduate student, OUS)
- 7) Mana AMIMOTO (Graduate student, OUS)

The following eight people participated in the western Gobi expedition from IP.

- 1) TSOGTBAATAR Khishigjav (Director of IP)
- 2) MAINBAYAR Buuvei (Researcher / Car [Land Cruiser] driver, IP)
- 3) BUYANTEGSH Batsaikhan (Researcher / Car [Rental Car] driver, IP)
- 4) PUREVSUREN Byambaa (Researcher, IP)

- 5) BAYARDORJ Chagnaa (preparator / Car [Pajero] driver, IP)

- 6) OTGONBAT Balgan (Preparator, IP)
- 7) GANTSETESG Jamgan (Cook)
- 8) BYMBASUREN Dashdorj (Kamaz truck driver)

The following four people participated in the western Gobi expedition from OUS.

- 1) Mototaka SANEYOSHI (Associate Professor, OUS)
- 2) Kazumasa AOKI (Associate Professor, OUS)
- 3) Shogo AOKI (Postdoctoral Researcher, OUS)
- 4) Yuto KURUMADA (Undergraduate student, OUS)

The following two people participated in the western Gobi expedition from IP.

- 1) MAINBAYAR Buuvei (Researcher / Car [Land Cruiser] driver, IP)
- 2) BUYANTEGSH Batsaikhan (Researcher / Car [Rental Car] driver, IP)

2. Localities visited

The eastern Gobi expedition was conducted from August 20th to September 2nd (total 14 days). The following localities were visited and surveyed by the joint expedition party (Fig. 1). The crew also prospected for fossils in the adjacent localities.

- 1) Bayn Tsav Oboo (Ergilin Dzo Formation, Eocene–Oligocene)
- 2) Ardyn Oboo (Ergilin Dzo Formation, Eocene–Oligocene)
- 3) Shavag (Ergilin Dzo Formation, Eocene–Oligocene)
- 4) Bayn Shire (Bayn Shire Formation, Late Cretaceous)
- 5) Khongil Tsav (Bayn Shire Formation, Late Cretaceous)
- 6) Tsagan Teg (Bayn Shire Formation, Late Cretaceous)
- 7) Burkhan (Bayn Shire Formation, Late Cretaceous)

The western Gobi expedition was conducted from September 5th to 12th (total 8 days). The following lo-

calities visited and surveyed by the joint expedition party (Fig. 1).

- 1) Nemegt (Barun Goyot and Nemegt formations, Late Cretaceous)
- 2) Altan Ula II (Nemegt Formation, Late Cretaceous)
- 3) Naran Bulak (Nemegt Formation / Paleogene sediments, Late Cretaceous / Paleogene).
- 4) Tsagaan Khushuu (Nemegt Formation, Late Cretaceous)

3. Results

We collected 229 fossil specimens, including 29 plaster jacketed specimens and 25 rock samples during the whole expedition this year. The detailed lists and the associated GPS coordinates of each recovered specimen and sample are reposit in the IPG and OUS databases. The following sections summarise the paleontological and geological results of the eastern and western Gobi expeditions separately.

3.1. Eastern Gobi Expedition

At the beginning of the expedition, the party set up

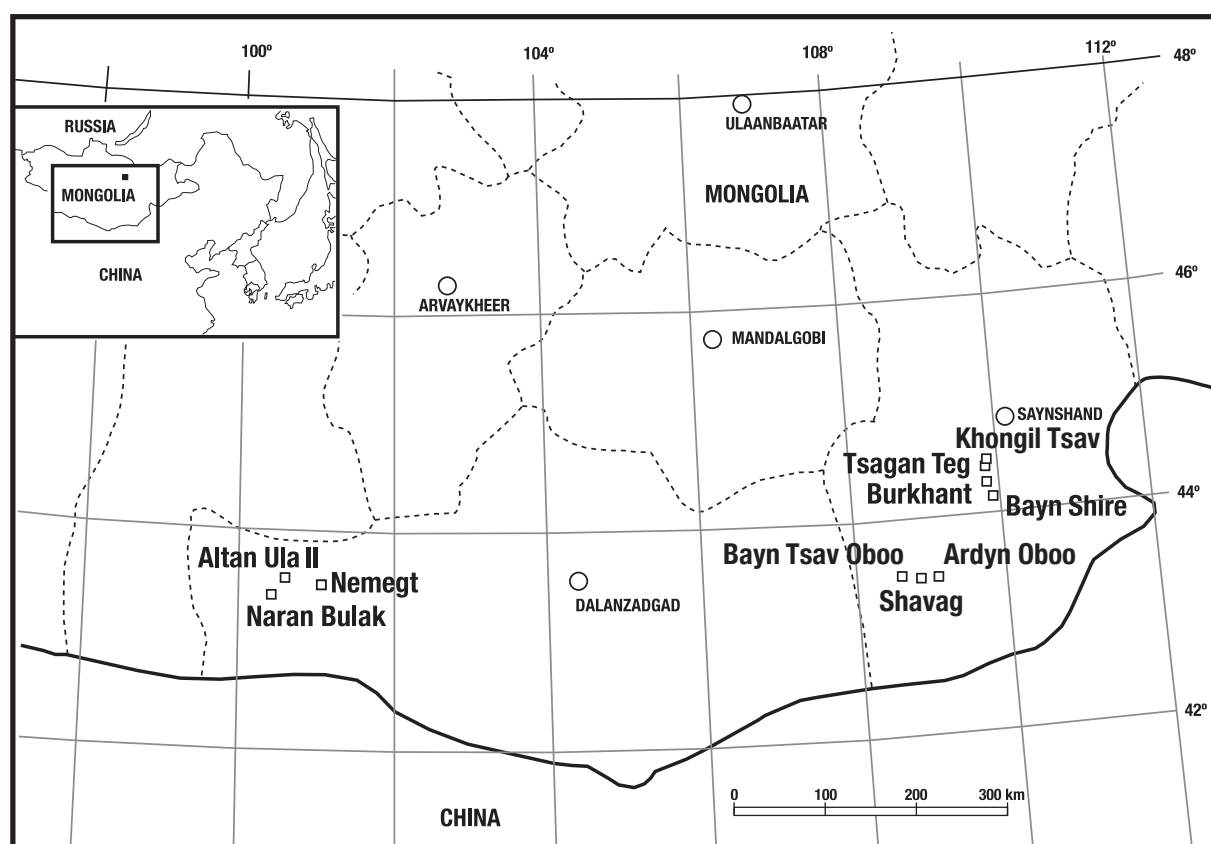


Fig. 1: Map of main localities visited during the Okayama University of Science – Mongolian Institute of Paleontology and Geology Joint Expedition in 2019.

camp at Bayn Tsav Oboo from August 21st to 26th and conducted paleontological and geological surveys at this locality as well as Ardyn Oboo and Shavag. These localities, especially Bayn Tsav Oboo, produces numerous well-preserved fossil specimens of Ergilin Dzo Formation (e.g. Dashzeveg and Hooker, 1997; Tsubamoto et al., 2008; Egi et al., 2009). In total, we collected 125 fossil specimens including 13 specimens in plaster jackets and 21 rock samples. We discovered numerous isolated mammal bones at these localities, but also a very dense bonebed layer (Fig. 2A and B). The fossil specimens collected from the sites includes amynodontid, hyracodontid, and brontotheriid, anthracotheriid, primitive ruminant crania, mandibles and postcrania but also several tortoise specimens including a complete shell of *Ergilemys*. Despite the limited time of the stay at these sites, we collected the majority of taxonomic groups that have been collected from the sites previously (Tsubamoto, 2010). We also collected stratigraphic and sedimentological data from the Ergilin Dzo Formation exposed around Bayn Tsav Oboo, and refined the boundary between the Eocene and the Oligocene in the succession described in Saneyoshi (2010). We collected caliches and sandstone samples throughout the section for geochemical analyses.

We moved our camp to Bayn Shire and conducted paleontological and geological surveys at this locality and the adjacent localities (Khongil Tsav, Tsagan Teg and Burkhan) from August 26th to September 2nd. The Bayn Shire Formation is exposed around these localities and we collected a total of 104 specimens including 16 specimens in plaster jackets. Among those specimens, 36 specimens including 11 plaster jackets are derived from an ankylosaur bonebed that has been previously excavated by various expedition teams (e.g. Ishii et al., 2000; Fig. 2C). We collected numerous turtle specimens, fossil eggs (Fig. 2D), associated hadrosaur and sauropod remains (Fig. 2E), articulated ornithomimid pelvis and also found a partial dinosaur associated skeleton, putatively large hadrosaur. We also found a relatively abundant microsite that includes sauropod, theropod, hadrosauroid teeth as well as small vertebrates (Fig. 2F). In Tsagan Teg, we discovered a new sauropod footprint. We also collected stratigraphic and sedimentological data from the Bayn Shire Formation exposed around Bayn Shire and collected sandstone samples throughout the sections of the middle and upper successions of the sites for geochemical analyses.

3.2. Western Gobi Expedition

We located our camp at the Nemegt locality and conducted geological surveys from September 7th to 10th. The team collected a total of 38 caliche samples throughout the sections of the upper part of the Barun Goyot Formation at Nemegt, the lower and the upper part of the Nemegt Formation at the Nemegt locality and Altan Ula II, and the Paleogene successions at Naram Bulak for geochemical analyses.

4. Future perspectives

Paleontological and geological data collected during the expeditions this year have the potentials for various research projects in different disciplines. Many of the well-preserved Paleogene mammal fossils collected this year are taxonomically identifiable at least at the family level and suitable for applying cutting-edge chemical analyses to elucidate the paleobiological signals. The ankylosaur bonebed from Bayn Shire is the first record of this kind in the Formation and the further sedimentological and taphonomical studies of this bonebed site with taxonomical and osteohistological analyses of the materials may provide us with unique information on Baynshirenian ankylosaur ontogeny, behaviour, and evolution. The microsite found in Bayn Shire is a quite rare occasion of this type of fossil assemblage although microsites are quite common in fossiliferous formations in North America (e.g. Brinkman, 1990; Peng et al., 2001). The presence of small terrestrial vertebrates from the microsite indicates that the site has the potential to preserve other small terrestrial vertebrates, which are underrepresented in the Bayn Shire Formation. Future findings from the microsite could be a valuable source to reveal terrestrial vertebrate diversity of the Bayn Shire Formation as a whole. The abundant turtle fossils collected from both of the Ergilin Dzo and Bayn Shire formations this year will be quite useful to understand individual morphological variations, which has not been examined in detail for these fossil turtle species. The further examination of these materials will help to revise the taxonomic affinities of turtle species of these ages and elucidate the evolution of this major terrestrial vertebrate group.

The sandstone samples collected from Bayan Tsav Oboo will be analyzed using Electron Spin Resonance and Inductively Coupled Plasma Mass spectrometry. These analyses will elucidate the sedimentary sources of sediments in the Ergilin Dzo Formation, which leads



Fig. 2: Photographs during the fieldwork. A: dense bone layer with mammal fossils at Bayn Tsav Oboo; B: close-up of mammal specimen in the dense bone layer; C: humerus from the ankylosaur bonebed at Bayn Shire; D: fossil eggs at Bayn Shire; E: associated sauropod skeleton at Burkhang; vertebrate remains from the microsite at Bayn Shire; F: microvertebrate fossils at Bayn Shire; G: outcrop of the upper part of the Ergilin Dzo Formation at Ardyn Oboo; H: outcrop of the Nemegt Formation at Altan Ula II.

us to understand the paleoenvironment of the Ergilin Dzo Formation and the stratigraphic correlations between different localities that yields this formation. The caliche samples collected from Bayan Tsav Oboo, Nemegt, Altan Ula II, and Naran Bulak will be used for age determinations by laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry calcite U–Pb analyses.

Acknowledgements

We greatly appreciate all staff of IPG and OUS for all their support. This expedition and the subsequent research projects are supported by Private University Research Branding Project (Japanese Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology) for the OUS international research project on Mongolian dinosaurs, Grants-in-aid for Scientific Research, and University Students Research Support Program of Okayama University of Science.

References

- Brinkman, D. B. 1990. Paleocology of the Judith River Formation (Campanian) of Dinosaur Provincial Park, Alberta, Canada: Evidence from vertebrate microfossil localities. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 78:37–54.
- Dashzeveg, D., and J. J. Hooker. 1997. New ceratomorph perissodactyls (Mammalia) from the Middle and Late Eocene of Mongolia: their implications for phylogeny and dating. *Zoological Journal of the Linnean Society*.
- Egi, N., T. Tsubamoto, and K. Tsogtbaatar. 2009. New Amphicyonid (Mammalia: Carnivora) from the Upper Eocene Ergilin Dzo Formation, Mongolia. *Paleontological Research* 13:245–249.
- Ishii, K., M. Watabe, S. Suzuki, S. Ishigaki, R. Barsbold, and K. Tsogtbaatar eds. 2000. Hayashibara Museum of Natural Sciences Research Bulletin Vol. 1. Hayashibara Museum of Natural Sciences, 138 pp.
- Peng, J., A. P. Russell, and D. B. Brinkman. 2001. Vertebrate Microsite Assemblages from the Foremost and Oldman formations. *Provincial Museum of Alberta Natural History Occasional Paper* 25:1–54.
- Saneyoshi, M., T. Tsubamoto, M. Watabe, and K. Tsogtbaatar. 2010. Lithostratigraphic and sedimentological analysis of the upper Eocene Ergilin Dzo Formation of Ergilin Dzo locality, Mongolia. in T. Tsubamoto (ed.), Hayashibara Museum of Natural Sciences Research Bulletin Vol. 3. Hayashibara Museum of Natural Sciences. pp. 149–153.
- Tsubamoto, T. ed. 2010. Hayashibara Museum of Natural Sciences Research Bulletin Vol. 3. Hayashibara Museum of Natural Sciences, 193 pp.
- Tsubamoto, T., M. Watabe, and K. Tsogtbaatar. 2008. *Hyaenodon chunktensis* and the hyaenodontid fauna from the upper Eocene Ergilin Dzo Formation of Mongolia. *Journal of Vertebrate Paleontology* 28:559–564.

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

西村 敬一

岡山理科大学フロンティア理工学研究所

2019年12月15日受理

1. はじめに

重力探査は、地表で測定した重力のデータを逆解析して地下構造のモデルを構築するための有力な手段である。とりわけ岡山平野のように都市化が進んでいる地域では、同じく有力な手段である地震探査や微動探査に比べて、測定データに及ぼす自動車の走行などによる震動の影響が小さいので、測定点を密に選びやすい利点がある。筆者らはこの利点を生かして岡山平野の地下構造モデル（密度分布）を構築した^{1),2)}。

重力探査によって地下構造モデルを構築する際に重要なのは、堆積層や基盤（岡山平野の場合は花崗岩質基盤）に与える密度の値である。この問題は、重力データのブーゲー補正を行う時の最適假定密度の選び方と関係する。元来、ブーゲー補正の最適假定密度は、それを用いて補正をした後の残差の分布が地形のパターンと無相関になる密度を意味するので³⁾、山体上で測定した重力データから最適假定密度を求めれば、その値は山体の平均密度に近いとみなすことができる。この解釈が小論での議論の前提である。

最適假定密度を求める方法としてG-H相関法⁴⁾、ABIC最小化法⁵⁾、CVUR法⁶⁾などが提案されている。ここでは比較的小規模な山体（丘陵）に対しても適用できるG-H相関法を用いた。これは、以下に説明するように、対象とする山体上で測定した重力の値（ G ）と測定点の標高（ H ）との相関から、山体の平均的な密度を求める方法である。小論では、この方法を岡山平野周辺に点在する山体（丘陵）に適用し、得られた平均密度が近接する山体どうしてもかなり異なるという問題に注目して、その地学的な意味についての予察的な検討を行う。

2. G-H相関法による山体の平均密度の推定

2-1 G-H相関法の原理

地下構造モデルを構築するときに必要な重力データの補正式は、以下のように表せる³⁾：

$$\Delta g_0'' = g - (\gamma - \beta h) - 2\pi\rho_B Gh + \rho_T T + C_A$$

ここで、 Δg_0 ：ブーゲー異常、 g ：測定された重力値、

γ ：地球楕円体GRS80による重力のジオイド上での値、 β ：フリーエア勾配（ $=0.3086 \text{ mGal/m}$ ；標高が高くなることによる重力値の減少率）、 h ：測定点の標高、 G ：万有引力係数、 T ：単位假定密度当たりの地形補正量、 C_A ：大気補正、そして、 ρ_r 、 ρ_B ：それぞれ地形補正とブーゲー補正に用いる假定密度である。

この式を変形して、 $y = g - \gamma + \rho_T T$ 、 $A = \beta - 2\pi\rho_B G$ 、 $x = h$ 、 $B = -C_A + \Delta g_0''$ とおけば、

$$y = -Ax + B$$

となる。これがG-H相関法のもとになる式である。この式は山体上の各測定点について成り立つので、左辺に含まれる ρ_T （地形補正の假定密度）に適当な値を假定して y の値を求め、 y を縦軸、 x を横軸とするグラフにプロットすれば、測定点の値が傾き A の直線の周りに並ぶはずである。そこで、最小二乗法で直線を引けば、その傾き A からブーゲー補正の假定密度 ρ_B を計算できる。得られた ρ_B の値が假定した ρ_T の値とあまりにかけ離れている場合は、 ρ_T を順次変えながら計算を繰り返し、最適な ρ_B を得る。ここで「最適」と判断する基準は、假定した ρ_T よりも得られた ρ_B の方が多少（ 0.1 g/cm^3 程度の差だけ）大きくなっていることである。そう考える理由は、 ρ_B が地表からジオイド面（海水準）までの密度と見なされるのに対し、 ρ_T は地形を構成する地表付近の岩石密度をより反映していると考えられるからである³⁾。

2-2 岡山平野に点在する山体の平均密度

G-H相関法を適用する山体として、山の上での重力測定地点ができるだけ多く、かつ、地質図⁷⁾からみて山体の内部が花崗岩類の岩石で構成されていると考えられるものを選んだ。ここで、花崗岩類の岩石に注目する理由は、岡山平野の中央部で行われた比較的深いボーリングがいずれも花崗岩類の岩盤に着岩しているので、地下構造モデルの基盤として花崗岩類の岩盤を想定し、それが地表に露出している山体を選ぶのが合理的だと考えたからである。選んだ6つの山体を図1に示す。これらの山体のうち、半田山と龍ノ口山、操山と芥子山、および連島と水島東方山体は、それぞ

れ、互いに近接する対となっている。

山体上での測定データのうち、標高が20m以上のものに対してG-H相関法を適用した。その理由は、標高が低い山麓の地点には風化物質が厚く堆積していることが多いので、山体を構成する岩石の平均密度の推定には適さないからである。

まず、G-H相関法の適用例として、図1(a)の半田山を対象にした山体の平均密度の計算過程を示す。これまでの多くの調査研究の結果、花崗岩の密度の範囲は $2.4 \sim 3.0 \text{ g/cm}^3$ と考えられているので⁶⁾、初めに仮定する地形補正の密度 ρ_T を 2.4 g/cm^3 とし、順次大きくして行きながらブーゲー補正の密度 ρ_B を求めた。その経過を表1に示す。この表の中で前述の「ブーゲー補正の密度が地形補正の密度より多少（ 0.1 g/cm^3 程度の差だけ）大きい」という条件に適合するのは、前者の値が 2.50 g/cm^3 の場合であり、対応する後者の値は 2.58 g/cm^3

cm^3 になる。その場合のG-H相関のグラフを図1に示す。とはいえ、表1の ρ_B の値が 2.56 g/cm^3 であっても不適合とは言えないので、この程度の違いは許容範囲と考えることになる。

これと同じ手順で計算した各山体の平均密度を図3～図5に示す（ただし、近接する山体を対で表すために、半田山の図を再掲する）。

以上のように、6つの山体の平均密度は $2.51 \sim 2.69 \text{ g/cm}^3$ の範囲にあることがわかった。図3～図5のそれぞれは、狭い低地を挟んで近接する山体の対（図1）に対するG-H相関の結果を示しているが、注目されるのは、得られた平均密度 ρ_B には、上述の許容範囲を考慮しても有意な、かなりの違いが見られることである。前に岡山平野の地下構造モデルを構築した時には¹⁾、全域にわたって同じ基盤密度を仮定する必要があるという計算上の制約のため、上記の ρ_B の平均値

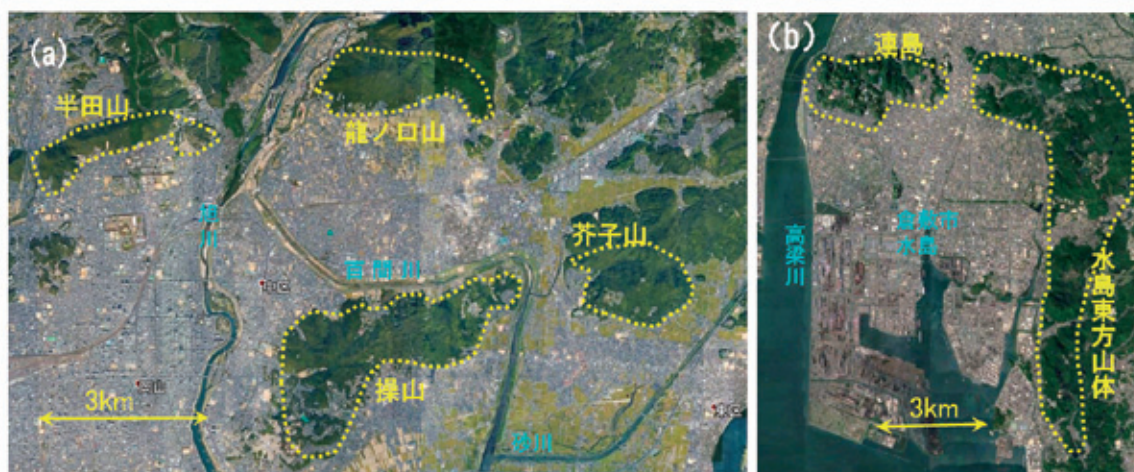


図1 G-H相関法を適用した山体：(a) 岡山市北区～中区～東区；(b) 倉敷市水島周辺。背景はGoogle Earth画像。

表1 仮定した地形補正の密度 ρ_T と得られたブーゲー補正の密度 ρ_B

地形補正の密度	ブーゲー補正の密度
2.40 g/cm^3	2.55 g/cm^3
2.45	2.56
2.50	2.58
2.55	2.59
2.60	2.60

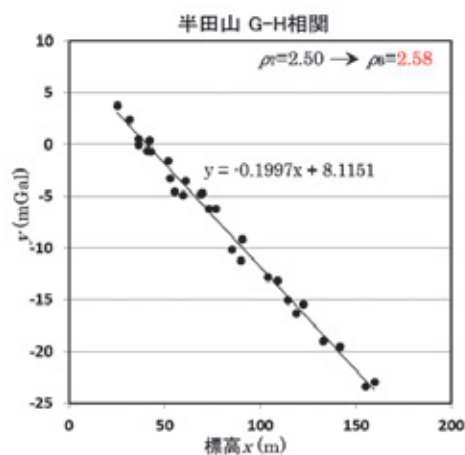


図2 半田山を対象としたG-H相関の結果

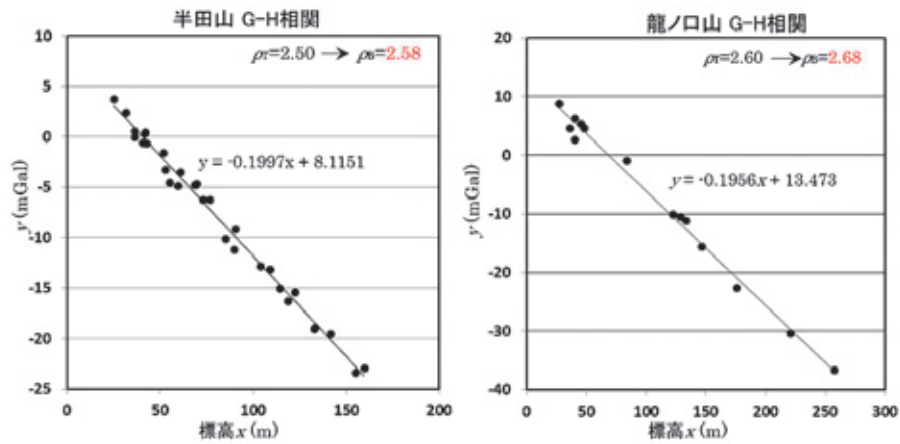


図3 半田山（再掲）および龍ノ口山を対象としたG-H相関の結果

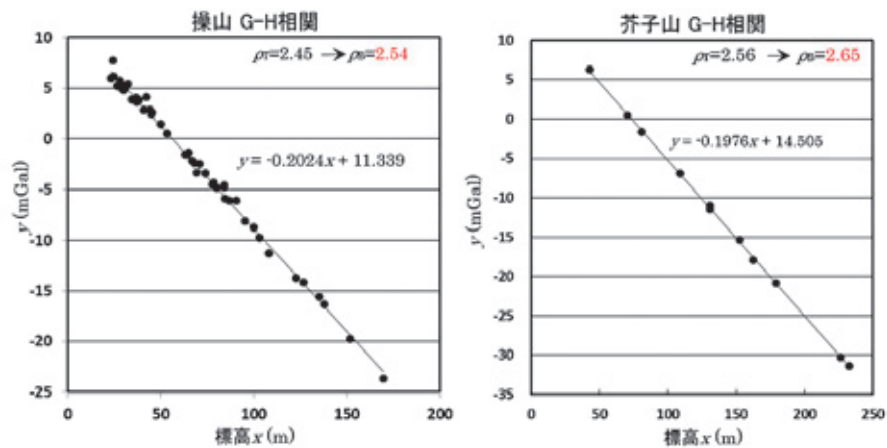


図4 操山および芥子山を対象としたG-H相関の結果

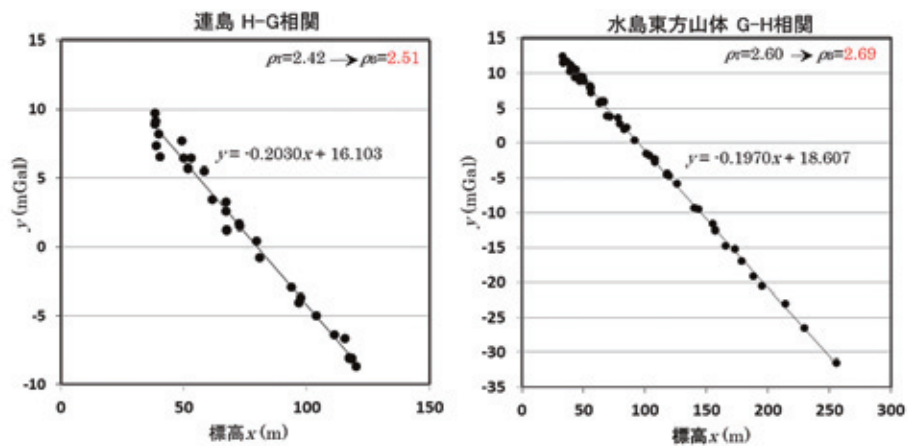


図5 連島および水島東方山体を対象としたG-H相関の結果

にあたる 2.60 g/cm^3 を仮定した。小論では、山体ごとの平均密度の違いに立ち戻って、その地学的な意味を検討することにした。

3. 山体の平均密度の違いの地学的意味について

3-1 山体の地質の特徴

図6～図8に、G-H相関の対象にした山体の地質図⁷⁾を、得られた平均密度の値とともに示す。

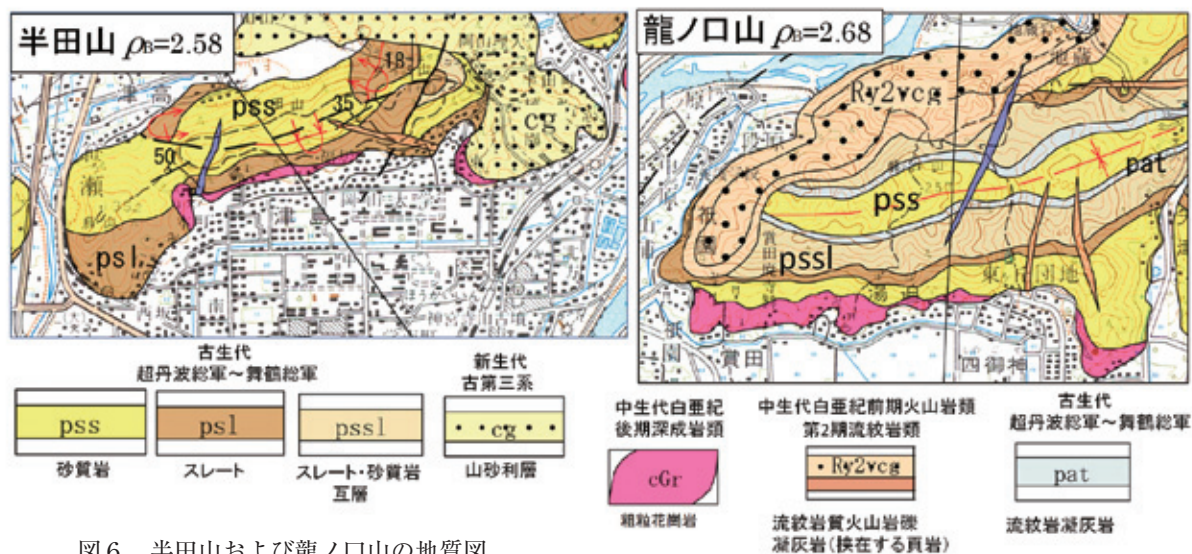


図6 半田山および龍ノ口山の地質図

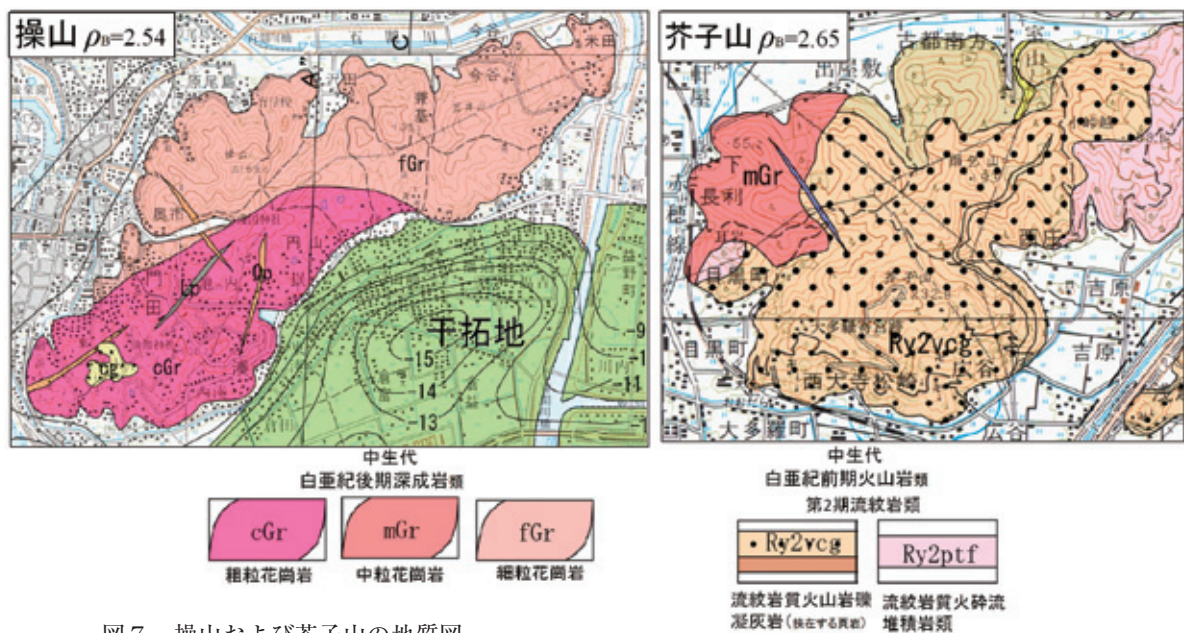


図7 操山および芥子山の地質図

図6からわかることは、半田山も龍ノ口山も南麓に粗粒花崗岩の露頭があるが、山体の大部分は古生代の堆積層で覆われていることである。一方、両者の違いは、龍ノ口山には流紋岩類の火成活動の痕跡が見られるが、半田山には見られないことである。

図7に示されている山体は対照的である。すなわち、操山は全体にわたって白亜紀後期の粗粒花崗岩類と細粒花崗岩類が露出しているのに対し、芥子山は北西の山麓に粗粒花崗岩の露頭があるものの、大部分は白亜紀前期の流紋岩類で覆われている。

図8に示されている山体には図7の場合と類似の関係が見られ、連島では全体にわたって白亜紀後期の花

崗岩類が地表に露出しているのに対し、水島東方山体は構成が複雑で、白亜紀後期中粒花崗岩とゼノリスに富む花崗岩の露頭があるものの、約半分は白亜紀前期の流紋岩類と安山岩類とに覆われている。

3-2 山体の平均密度と地質の関係

図3～図5に示した各山体の平均密度は大きさ(単位: g/cm^3)の順に3つのグループ、①連島(2.51)と操山(2.54)、②半田山(2.58)、および、③芥子山(2.65)と龍ノ口山(2.68)と水島東方山体(2.69)に分けることができる。そして、これらのグループと図6～図8の地質図との間には以下の関係がみられる。

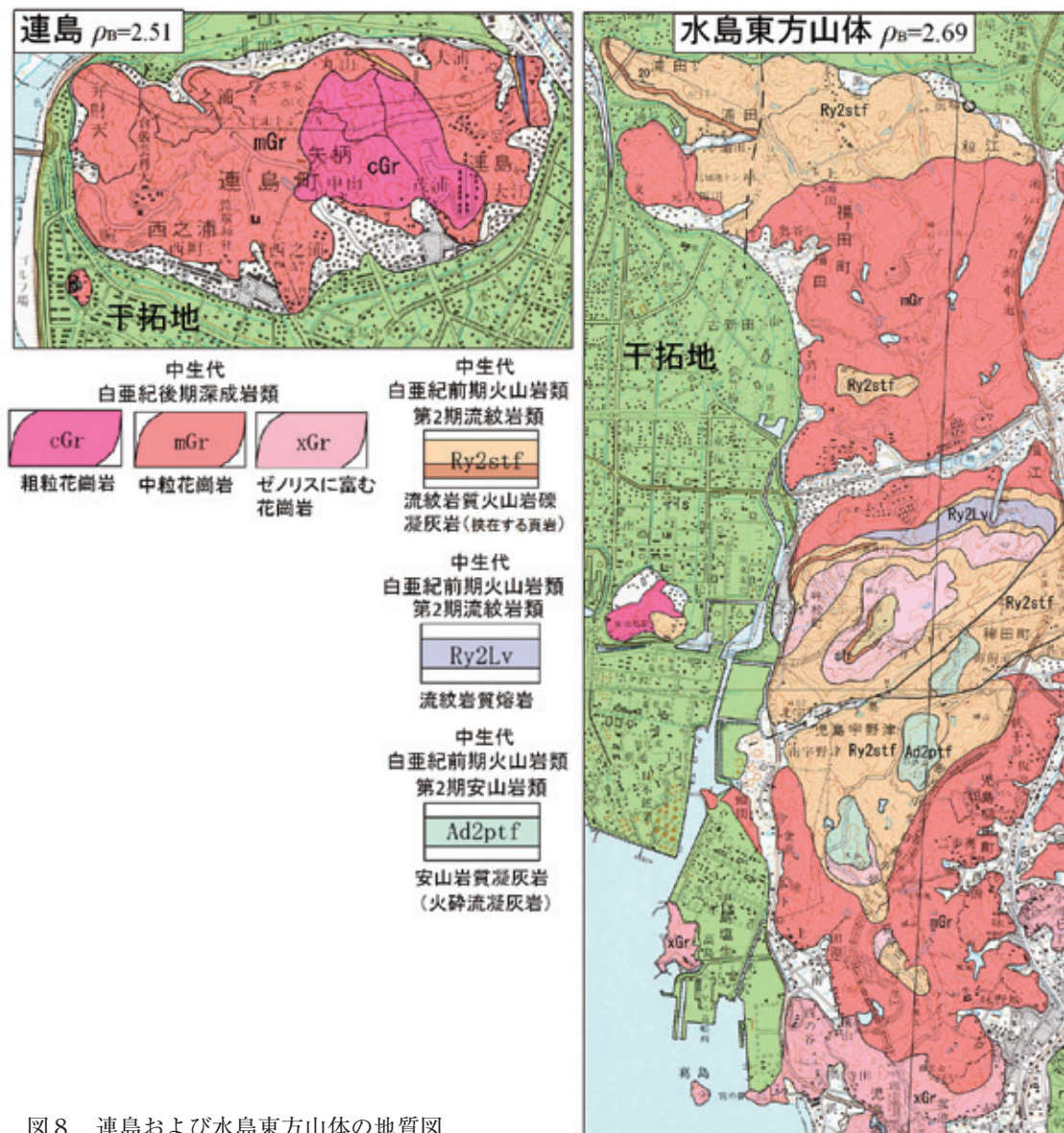


図8 連島および水島東方山体の地質図

- ①操山と連島 — 山体全体にわたって中生代白亜紀後期の花崗岩類が地表に露出している。
- ②半田山 — 南麓に花崗岩類の露頭がみられるが、山体の大部分が古生代の堆積層で覆われている（重力測定地点の一部は新生代古第三紀とされる山砂利層に覆われている部分に分布する）。
- ③3つの山体 — 山麓や上部に花崗岩類の露頭が見られるが、古生代堆積層と中生代白亜紀前期の流紋岩類とに覆われている。
- つまり、①では中生代白亜紀後期の花崗岩類が地表に露出しているが、②と③の場合は、その花崗岩類を

古生代堆積層や中生代前期流紋岩類がルーフペンダント状⁷⁾に覆っていること、そして、②では古生代堆積層だけに覆われているが③では中生代前期の流紋岩類もかかわっていることが、地質図から読み取れる最も大きい違いである（おそらく、①の操山と連島にもルーフペンダント状の被覆層が存在したはずであるが、早い時期に取り除かれてしまったと推測される）。この違いは、それぞれの山体の風化に対する耐性を左右し、とりわけ、白亜紀後期の花崗岩類が貫入したときに古生代堆積層や中生代前期流紋岩類が受けた接触変成作用が強いほど、風化に対する耐性が大きくなると考えられる。被覆層が取り除かれれば風化が進み、山体の平均密度が小さくなることは明らかである。従って、以上の予察的検討の結論は、重力データから

推定した山体の平均密度の違いは山体を構成する花崗岩類の風化度の違いを反映しているということになる。

4. まとめ

岡山平野の周辺に点在する山体のうち、山体上での測定地点ができるだけ多く、かつ、地質図からみて内部が花崗岩類の岩石で構成されていると考えられる6つの山体を選び、G-H相関法を用いて平均密度を求めた。その値が山体ごとにかなり異なることがわかったので、各山体の地質図を見比べて検討した結果、平均密度の違いは山体を構成する花崗岩類の風化度の違いを反映していると結論づけられた。

謝辞

重力探査の全般にわたって数々のご教示とご協力を賜った元・産総研地質調査総合センター主任研究員の駒澤正夫博士（現・応用地質株式会社）に衷心より感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 西村敬一（2017）：岡山平野の3次元重力基盤構造と1946年昭和南海地震による被害分布，岡山理科大学技術科学研究年報，第35号，45-57.
- 2) 西村敬一（2019）：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，73-122.
- 3) 駒澤正夫（1998）：重力探査，物理探査ハンドブック 手法編，第8章，物理探査学会，431-471.
- 4) Parasnis, D.S.(1952): A Study of Rock Density in the English Midlands, *Mon. Not. R. Astron. Soc., Geophys. Suppl.* 6, 252-271.
- 5) Murata, Y.(1993): Estimation of Optimum Average Surficial Density From gravity Data: An Objective Bayesian Approach, *J. Geophys. Res.*, 98, 12097-12109.
- 6) Komazawa, M.(1995): Gravimetric Analysis of Aso Volcano and its Interpretation, *J. Geod. Soc. Japan*, 41, 17-45.
- 7) 岡山県地質図（2009），西部技術コンサルタント株式会社（<http://seibuct.co.jp/chishitsuzu/index.html>）

Average density of hills in and around the Okayama Plain estimated from gravity data, and its geologic implication

Keiichi NISHIMURA

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

Average density of six hills located in and around the Okayama Plain, West Japan, was determined from measured gravity data using the G-H correlation method. A significant hill-by-hill variation found in the obtained values of the density was examined by comparing the geologic setting of each hill, and then it was suggested that the variation of the average densities might be ascribed to the difference in the degree of weathering of granitic rocks making up the hills.

Keywords: average density of hill; gravity data; G-H correlation method; degree of weathering of the granitic rocks.

岡山県布賀鉱山におけるCaO-B₂O₃-H₂O系鉱物の ホウ素同位体組成とその起源

西居 俊基*・小林 祥一*・武智 泰史**・猶原 順***
草地 功****

*〒700-0005 岡山市北区理大町1-1 岡山理科大学理学部

**〒710-0046 倉敷市中央2-6-1 倉敷市立自然史博物館

***〒700-0005 岡山市北区理大町1-1 岡山理科大学工学部

****〒701-0143 岡山市北区白石509-6

2019年12月15日受理

1. はじめに

岡山県高梁市備中町布賀は世界的にも極めて珍しい高温型スカルの産地であり、これまでに世界で発見されたことがない新種の鉱物、および多種の日本新産鉱物などが報告されている。このうちCaO-B₂O₃-H₂O系鉱物についてはKobayashi et al. (2019) 中でCaO-B₂O₃-H₂Oの擬三成分系図にまとめて示されている。これら鉱物は、これまでの研究から無水のホウ酸塩鉱物が初生鉱物として生成し、その後の熱水活動により種々の含水ホウ酸塩鉱物に交代されている（例えばKusachi et al., 2013）。一方、これらホウ酸塩鉱物のホウ素の起源については、これまでほとんど議論されていない。そこで、布賀鉱山に産する岩石鉱物中のホウ素の同位体組成およびホウ素含有量に着目し、この問題について検討することにした。

地球上の天然物質中のホウ素同位体に関する研究は、大井（2001）によってその概要がまとめられている。ホウ素には¹⁰Bと¹¹Bの2つの安定同位体が存在し、ホウ素の原子量は 10.811 ± 0.005 と与えられている。これをホウ素同位体比（¹¹B/¹⁰B）で表すと、¹¹B/¹⁰B = 4.02 ± 0.12 となり、天然における¹⁰Bと¹¹Bの存在比は約1:4である。ホウ素などの同位体組成の変動を表すためには、次式のように標準物質の同位体比からの試料の同位体比の千分偏差を用いて表す。

$$\delta^{11}\text{B}(\text{‰}) = \{ (^{11}\text{B}/^{10}\text{B})_{\text{sample}} / (^{11}\text{B}/^{10}\text{B})_{\text{standard}} - 1 \} \times 1000$$

(¹¹B/¹⁰B)_{sample}および(¹¹B/¹⁰B)_{standard}は、それぞれ試料および標準物質中のホウ素同位体比である。これまでに報告されている地球表層にみられる天然物質の $\delta^{11}\text{B}$ 値で、最も高いものはオーストラリアの塩水の60‰（Vengosh et al., 1991）、低いものは火成岩起源の電気石の-30‰（Chaussidon and Albarede, 1992）で、比較的

広い範囲に分布している。これはホウ素のような軽元素では質量依存による同位体分別作用が強く働くからである。

そこで今回は、布賀鉱山で採取したCaO-B₂O₃-H₂O系鉱物およびスカレン形成に関係した岩石の $\delta^{11}\text{B}$ 値、およびホウ素含有量をもとにホウ素の起源について検討したので、その結果を報告する。

2. 地質および試料の採集地点

布賀鉱山は岡山県高梁市備中町にあり、岡山市の西北西約40kmに位置する。この布賀一帯の高温スカレンは、いわゆる道路際露頭から北露頭で観察され、大前他（2002）によって詳細に示され、石灰岩へのモンゾ閃緑岩の貫入によるスカレン化について、またモンゾ閃緑岩がその後貫入したとされる石英モンゾニ岩によって切られる関係など、産状に関する報告がなされている。

今回対象とするホウ酸塩鉱物は、布賀鉱山4番坑に見られ、初生鉱物である無水ホウ酸塩鉱物のtakedaite（Kusachi et al., 1995a）およびshimazakiite（Kusachi et al., 2013）を主体とする露頭が観察される。Takedaiteを産する露頭では、takedaiteの周辺部や石英モンゾニ岩との境が後の熱水作用によりsibirskite（kusachi et al., 1997）、parasibirskite（kusachi et al., 1998）、frolovite（kusachi et al., 1995）などの含水ホウ酸塩鉱物に変化し、さらにsibirskite、parasibirskiteを交代してnifontoviteおよびolshanskyite（Kusachi and Henmi, 1994）、froloviteが集合体をなしていることが、草地他（1999）によって報告されている。Takedaiteを産する露頭から南西に約50mのshimazakiiteを初生鉱物とする露頭でも、shimazakiiteの周囲がsibirskite、uralborite（Kusachi et al., 2000）、nifontovite、pentahydroboriteなどの含水ホウ酸塩鉱物集合体に変化している（例えば、Kusachi et al.,

2013).

ホウ素同位体組成 $\delta^{11}\text{B}$ 値を検討するための試料は、上記の露頭より採取した $\text{CaO-B}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ 系鉱物のtake-daite, shimazakiite, uralborite, nifontovite, olshanskyite, pentahydroborite, スカルン形成に関係した石灰岩, 結晶質石灰岩, モンゾ閃緑岩, 石英モンゾニ岩である. なお, スカルンに関係した石灰岩と結晶質石灰岩については, 前者は布賀鉱山付近では再結晶が進み分布が見られないことから, 成羽川の対岸, 布賀鉱山から北東に約1.5kmの夫婦岩および成羽川の黒鳥ダム湖畔から採取したものをを用い, 後者は布賀鉱山坑内のtake-daiteおよびshimazakiiteを産する露頭付近の試料を用いた.

3. 実験方法

ホウ素の分析は, 固体試料を溶解した液体試料を分析する溶解法と, 固体試料を直接分析するレーザーアブレーション (LA) 法の2通りの方法で行った. 前者の方法は平均的な値を求める岩石試料および単離が容易な鉱物に, 後者は単離が難しい鉱物の分析に適している. Takedaite, shimazakiite, 石灰岩, 結晶質石灰岩については, 両方の方法で行った.

溶解法で分析する鉱物試料は単一鉱物からなるものが望ましいことから, EPMA (日本電子製電子プローブマイクロアナライザJXA-8230), XRD (リガク製粉末X線回折装置Rint2500V) およびXRF (日立ハイテクサイエンス社製SEA5120A) を用い試料を確認した. ホウ酸塩鉱物は約1mg, スカルン形成に関係した岩石については約10mgを量り, 硝酸 (60%) 6mlとともにテフロン製の密閉容器に入れ, マイクロウェーブ試料分解装置 (AntonPaar製, Multiwave 3000) を用いて約100℃で1時間溶解した. 濾過した各試料を100mlメスフラスコに入れ, 超純水 (milli-Q水) を加え100mlにし, これを分析用液体試料とした. ICP-MSは岡山理科大学のSPQ 9700 Plasma Quadrupole Mass Analyzer (SII製) を用いた. 標準試料は, NISTのNBS951 ($^{11}\text{B}/^{10}\text{B}=4.0436$) を用いた.

LA法では, 試料をP-レジンで包埋後研磨片を作製し, EPMAで分析試料の確認後, カナダのActlabs社のLA-ICP-MSで固体試料の分析を行った. 標準試料は一次標準試料としてNISTのNBS610を, 二次標準試料としてB4 (高濃度試料の測定時) およびUWC-1 (低濃度試料の測定時) を用いた. 一般的にホウ素同位体比の基準として用いられるNISTのNBS951は, 粉体試料もしくは溶液試料であるため, LA法による固体分析での利用は困難である. このため均質性が保証されたガラス試料であるNISTのNBS610を用いた. ICP-MSはNeptune (Thermo Scientific製) を, レーザー装置は

RESOLUTION M-50-LR (Resonetics製) である. レーザーの波長は193nm, Integration timeは0.52秒, ablation timeは24秒前後の条件で測定した.

4. 結果

$\text{CaO-B}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ 系鉱物, およびスカルン化に関係した岩石のホウ素同位体組成 $\delta^{11}\text{B}$ 値について, 検討した結果をまとめてTable 1に示す. スカルン形成に関係した試料のうち, 石灰岩および結晶質石灰岩は, 溶解法およびLA法で測定を行ったが, 前者では再現性の良いLA法の結果-14.65%を, また後者では両者での測定結果の平均値-11.10%をそれぞれ示した. 石灰岩と結晶質石灰岩の $\delta^{11}\text{B}$ 値は, 結晶質石灰岩の方が若干高い値を示している. また, 後期貫入の石英モンゾニ岩はモンゾ閃緑岩に比べ20%程度低いことがわかった. Takedaiteおよびshimazakiiteは溶解法およびLA法で行ったが, XRDおよびEPMA組成像では試料中にsibirskite, froloviteが密雑していることからLA法による分析結果を用いた. 初生鉱物であるshimazakiiteの $\delta^{11}\text{B}$ 値-11.37は, takedaiteの-9.89%より若干低い値を示した. Uralboriteおよびolshanskyiteは試料分離が難しく溶解法による1回だけの分析値を示している. これらの含水ホウ酸塩鉱物の $\delta^{11}\text{B}$ 値は初生鉱物である無水ホウ酸塩鉱物の値よりもかなり低い. 一方, 石灰岩と結晶質石灰岩のホウ素含有量は, 前者は100~400 ppb, 後者は150~600 ppbの範囲の値を示し, それぞれの平均値は, 石灰岩が188.1 ppbに対し, 結晶質石灰岩の方が若干高く228.8 ppbであった. モンゾ閃緑岩と石英モンゾニ岩中のホウ素含有量は, それぞれ94~270ppb (平均182ppb) および337~503ppb (平均420ppb) の範囲を示した.

Table 1. Boron isotope composition of $\text{CaO-B}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ system minerals and related rocks from the Fuka mine

Sample	$\delta^{11}\text{B}$ (‰)	Range	H_2O (wt%)*
< $\text{CaO-B}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ series mineral >			
Takedaite	-9.89	-10.88 ~ -8.90	0.14
Shimazakiite	-11.37	-11.74 ~ -11.00	1.19
Uralborite	-20.01	-	22.42
Nifontovite	-19.68	-25.58 ~ -13.78	27.91
Olshanskyite	-28.49	-	35.75
Pentahydroborite	-20.66	-30.99 ~ -10.33	41.60
< Rock >			
Limestone	-14.65	-18.03 ~ -10.17	
Crystalline limestone	-11.10	-13.85 ~ -8.61	
Monzodiorite	-9.90	-11.37 ~ -8.44	
Quartz monzonite	-32.98	-33.15 ~ -32.81	

* Water content of $\text{CaO-B}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ series mineral.

5. 考察

5-1. ホウ素同位体組成

対象とした岩石およびホウ酸塩鉱物試料のホウ素同位体組成 $\delta^{11}\text{B}$ 値を比較するために、これらをまとめてFig. 1に示す。横軸には各岩石鉱物試料を、縦軸には $\delta^{11}\text{B}$ 値を示した。CaO-B₂O₃-H₂O系鉱物はTable 1に示す含水量を参考に少ないものから多いものの順に示した。モンゾ閃緑岩を切る関係で産する後期貫入の石英モンゾニ岩は右端に示した。なお、モンゾ閃緑岩は初生鉱物takedaiteおよびshimazakiiteを産する付近では直接接する関係は見られないが、北露頭においてスカレン化作用はモンゾ閃緑岩の貫入に関係することが示されていることから、結晶質石灰岩と共に示した。この図から石灰岩は再結晶によってモンゾ閃緑岩の値に近づく傾向を、また初生のtakedaiteおよびshimazakiiteは、モンゾ閃緑岩の $\delta^{11}\text{B}$ 値とほぼ同じ値を示すことがわかった。ホウ酸塩鉱物の含水量の増加に伴い、 $\delta^{11}\text{B}$ 値はtakedaiteの-10‰やshimazakiiteの-11‰から次第に減少し、uralboriteおよびnifontoviteの-20‰、olshanskyiteの-28‰へと変化し、さらにpentahydroboriteの-21‰へと変化した。最も含水量の多いpentahydroboriteは、 $\delta^{11}\text{B}$ の平均値が-21‰であるものの個々の $\delta^{11}\text{B}$ 値のばらつきは広く-31 ~ -10‰にわたっており、種々の熱水活動の影響も考えられる。

一方、大井 (2001) によると3配位のホウ酸基には4配位のホウ酸基よりも ^{11}B が集まりやすく、3配位のホウ酸基を主とするホウ酸塩鉱物の方が、 $\delta^{11}\text{B}$ 値が高いということが、定量的にはこの関係は乏しいが、定性的には論理的予測に一致するとされている。本地のCaO-B₂O₃-H₂O系の鉱物群にもその傾向がはっきりと現れている。すなわち、結晶構造中のホウ酸基が、3配位のB (BO₃³⁻) だけであるtakedaite (Vegas et al., 1975) やshimazakiite (Kusachi et al., 2013) は $\delta^{11}\text{B}$ 値が高く、Bが4配位の四面体構造をなすuralborite (Shashkin et al., 1970), nifontovite (Yegorov-Tismenko et al., 1973), olshanskyite (Callkegari et al., 2001), pentahydroborite (Kazanskaya et al., 1977) は $\delta^{11}\text{B}$ 値が低い。

含水量の多いホウ酸塩鉱物の $\delta^{11}\text{B}$ 値はFig. 1に示すように変動が大きい。これはホウ素のような軽元素の同位体比が鉱物生成時の熱水のわずかな温度などの違いでかなり変動することの現れと考えられ、含水量の多いホウ酸塩鉱物は同一種でも生成温度にやや幅があったと考えられる。また、一般に同位体比の温度による変動は低温側ほど大きく、この大幅な含水ホウ酸塩鉱物の $\delta^{11}\text{B}$ 値の変動は、含水ホウ酸塩鉱物の方が無水ホウ酸塩鉱物よりも低温でできたことを示している可能性もある。

今回調べたCaO-B₂O₃-H₂O系鉱物において、全体的

にホウ酸塩鉱物の含水量の増加につれ、その $\delta^{11}\text{B}$ 値は石英モンゾニ岩の値に近づく傾向を示している。以上から、貫入したモンゾ閃緑岩に起因するホウ素を含む熱水と結晶質石灰岩との反応によって、初生鉱物のtakedaiteおよびshimazakiiteが生成し、その後、石英モンゾニ岩に関係するより低温の熱水による変質作用によって、初生鉱物が徐々に含水量の多い鉱物に交代したと推論した。

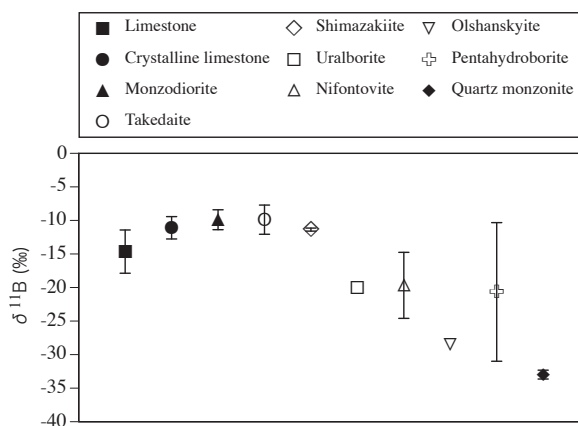


Figure 1. Comparison of boron isotope composition of rocks related to skarn formation, and CaO-B₂O₃-H₂O series minerals at the Fuka mine. The range of analytical values is indicated by a bar.

5-2. ホウ素の起源

CaO-B₂O₃-H₂O系鉱物は低温で生成された鉱物ほど含水量は多いとされている (Hart and Brown, 1962) ことから、含水量の増加に伴う $\delta^{11}\text{B}$ 値の低下が、温度変化によるものかについて検討した。大井 (2001) は、日本列島各地の温泉水の温度と $\delta^{11}\text{B}$ 値との関係を検討し、両者の間には相関性がないことを示している。しかし、同じ熱水での温度変化と $\delta^{11}\text{B}$ 値との関係についてはこれまでに報告がみられない。一方、石英モンゾニ岩の $\delta^{11}\text{B}$ 値はTable 1に示すようにほぼ-33‰で、布賀の各露頭でほぼ同じ値を示す。従って、初生鉱物を交代する含水ホウ酸塩鉱物の $\delta^{11}\text{B}$ 値の低下は温度の低下によるものではなく、むしろ石英モンゾニ岩に起因する $\delta^{11}\text{B}$ 値の低い熱水との交換反応と考えられる。さらに上述したように、結晶構造の変化によるホウ酸基の配位数の影響も考えられる。

大井 (2001) は、これまで報告されている種々の天然物中の $\delta^{11}\text{B}$ 値をまとめて示している。それによると、布賀鉱山のCaO-B₂O₃-H₂O系鉱物の $\delta^{11}\text{B}$ 値の範囲-28.49 ~ -9.89‰は、電気石から得られたマグマ性の $\delta^{11}\text{B}$ 値-30 ~ 0‰の値とほぼ重なる。また石灰岩とドロマイトは+数‰と示されているが、布賀の石灰岩および結晶

質石灰岩は-15~-10%と低い値を示し、この理由は不明である。

以上の結果、石灰岩および結晶質石灰岩のホウ素含有量が後者の方が若干高いこと、および火成作用において不適合元素であるホウ素（例えば山岡他，2008）は、モンゾ閃緑岩および石英モンゾニ岩の火成作用末期にガスや熱水に濃縮しやすく、これら熱水中のホウ酸イオンが石灰岩中の深部まで移動し、石灰岩との反応によってCaO-B₂O₃-H₂O系鉱物が生成した可能性が高いことが示された。

6. まとめ

初生ホウ酸塩鉱物のtakedaiteおよびshimazakiiteの同位体組成 $\delta^{11}\text{B}$ 値がモンゾ閃緑岩の値に近く、その後交代変質作用で生成した含水のホウ酸塩鉱物が、含水量の増加に伴って後期活動の石英モンゾニ岩の値に近づくことがわかった。

一方、ホウ素含有量は石灰岩が188.1 ppbに対し、結晶質石灰岩の方が若干高く228.8 ppbであることがわかった。以上から、布賀鉱山ではCaO-B₂O₃-H₂O系鉱物の生成に必要なホウ素の起源は、モンゾ閃緑岩および石英モンゾニ岩起源の熱水によって供給されたことが支持された。

謝辞

本研究において、岸成具氏、田邊満雄氏には、鉱物の採取および布賀鉱山における鉱物の産状などについて詳細なご助言を頂きました。また、本研究を実施するにあたって、ご支援を賜りました公益法人ウエスコ学術振興財団に、感謝の意を表します。本研究では岡山理科大学総合機器センターに設置されているEPMAを利用した。

引用文献

- Chaussidon, M. and Albarede, F. (1992) Secular boron isotope variations in the continental crust: an ion microprobe study. *Earth and Planetary Science Letters*, 108, 229-241.
- Callegari, A., Mazzi, F. and Tadini, C. (2001) The crystal structure of olshanskyite. *The Canadian Mineralogist*, 39, 137-144.
- Hart, P.B. and Brown, C.S. (1962) The synthesis of new calcium borate compounds by hydrothermal methods. *Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry*, 24, 1057-1065.
- Kazanskaya, E.V., Chemodina, T.N., Egorov-Tismenko, Yu.K., Simonov, M.A. and Belov, N.V. (1977) Refined crystal structure of pentahydroborite $\text{Ca}[\text{B}_2\text{O}(\text{OH})_6] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. *Soviet Physics Crystallography*, 22, 35-36.
- Kobayashi, S., Yuasa, M., Tanabe, M., Kishi, S. and Kusachi, I. (2019) Vimsite from the Fuka mine, Okayama Prefecture, Japan. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 114, 219-223.
- Kusachi, I. and Henmi, C. (1994) Nifontovite and olshanskyite from Fuka, Okayama Prefecture, Japan. *Mineralogical Magazine*, 58, 279-284.
- Kusachi, I., Henmi, C. and Kobayashi, S. (1995) Frolovite from Fuka, Okayama Prefecture, Japan. *Mineralogical Magazine*, 17(7), 330-337.
- Kusachi, I., Henmi, C. and Kobayashi, S. (1995a) Takedaite, a new mineral from Fuka, Okayama Prefecture, Japan. *Mineralogical Magazine*, 59, 549-552.
- Kusachi, I., Henmi, C. and Kobayashi, S. (1997) Sibirskite from Fuka, Okayama Prefecture, Japan. *Mineralogical Journal*, 19, 109-114.
- Kusachi, I., Takechi, Y., Henmi, C. and Kobayashi, S. (1998) parasibirskite, a new mineral from Fuka, Okayama Prefecture, Japan. *Mineralogical Magazine*, 62, 521-525.
- 草地功, 小林祥一, 逸見千代子, 武智泰史 (1999) CaO-B₂O₃-H₂O系のホウ酸塩鉱物：特に岡山県備中町布賀産の例について. *鉱物学雑誌*, 28(2), 41-46.
- Kusachi, I., Shiraga, K., Kobayashi, S., Yamakawa, J. and Takechi, Y. (2000) Uralborite from Fuka, Okayama Prefecture, Japan. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 95, 43-47.
- Kusachi, I., Kobayashi, S., Takechi, Y., Nakamuta, Y., Nagase, T., Yokoyama, K., Momma, K., Miyawaki, R., Shigeoka, M. and Matsubara, S. (2013) Shimazakiite-4M and shimazakiite-4O, $\text{Ca}_2\text{B}_2\text{O}_5$, two polytypes of a new mineral from Fuka, Okayama Prefecture, Japan. *Mineralogical Magazine*, 77, 93-105.
- 大井隆夫 (2001) ホウ素同位体地球化学. *日本海水学会誌*, 55(1), 3-10.
- 大前暁政, 草地功, 小林祥一 (2002) 岡山県布賀に産する高温型スカルンを形成した火成岩類の岩石学的研究. *岩石鉱物科学*, 31, 1-14.
- Shashkin, D.P., Simonov, M.A. and Belov, N.V. (1970) Crystal structure of uralborite $\text{Ca}_2[\text{B}_4\text{O}_4(\text{OH})_8]$. *Soviet Physics Doklady*, 14, 1044-1046.
- Vegas, A., Cano, F.H. and García-Blanco, S. (1975) The crystal structure of calcium orthoborate: a redetermination. *Acta Crystallographica*, B31, 1416-1419.
- Vengosh, A., Chivas, A.R., McCulloch, M., Starinsky, A. and Kolodny, Y. (1991) Boron isotope geochemistry of Australian salt lakes. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55, 2591-2606.
- 山岡香子, 永石一弥, 石川剛志, 川幡穂高 (2008) オマーンオフィオライト海洋地殻のホウ素含有量鉛直分布. 東大海洋研共同利用研究集会 InterRidge-Japan 講演要旨集, 24.
- Yegorov-Tismenko, Yu.K., Simonov, M.A. and Belov, N.V. (1973) Crystal structure of nifontovite, $\text{Ca}_3[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_6]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, a natural calcium metaborate. *Doklady Akademii Nauk SSSR (English translation)*, 210, 678-681.

Isotopic composition of boron and its origin in CaO-B₂O₃-H₂O minerals at the Fuka mine, Okayama, Japan

Toshiki NISHII^{*}, Shoichi KOBAYASHI^{*}, Yasushi TAKECHI^{**},
Jun NAOHARA^{***} and Isao KUSACHI^{****}

^{*}*Faculty of Science, Okayama University of science. 1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan.*

^{**}*Kurashiki Museum of National History. 2-6-1 Chuo, Kurashiki 710-0046, Japan*

^{***}*Faculty of Engineering, Okayama University of science. 1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan.*

^{****}*509-6 Shiraishi, Kita-ku, Okayama 701-0143. Japan*

Isotope analysis was conducted using ICP-MS for dissolved sample and LA-ICP-MS to determine the origin of boron in the CaO-B₂O₃-H₂O series minerals from the Fuka mine. The mine, known as high temperature skarn produced between limestone and monzodiorite, is located about 40 km west-northwest of Okayama, Japan. It is suggested that anhydrous takedaite and shimazakiite as a primary mineral of the series are formed by hydrothermal solution associated with monzodiorite, and the primary minerals were replaced to hydrous borate minerals such as uralborite, nifontovite, olshanskyite and frolovite by the hydrothermal alteration related to late intrusive quartz monzonite. The $\delta^{11}\text{B}$ values of takedaite and shimazakiite of primary minerals from the Fuka mine are -9.89‰ and -11.37‰, respectively. However, the $\delta^{11}\text{B}$ values of the hydrous borate minerals decreased from around -10‰ to -28.49‰ with increasing water content. Moreover, the $\delta^{11}\text{B}$ values of takedaite and shimazakiite are close to those of monzodiorite, and the value tends to be close to that of quartz monzonite with increasing water content of the borate minerals.

From the above results, it was considered that boron was added by hydrothermal solution associated with igneous rocks in the formation process of CaO-B₂O₃-H₂O series minerals. Initially, takedaite and shimazakiite as primary minerals were formed by hydrothermal solution associated with the intrusion of monzodiorite with a high $\delta^{11}\text{B}$ value. After that it was seemed that the hydrous borate minerals were formed from the primary minerals by reaction with hydrothermal solution with a low $\delta^{11}\text{B}$ value related to quartz monzonite.

Keywords: $\delta^{11}\text{B}$, CaO-B₂O₃-H₂O series minerals, skarn, Fuka

地中温度に記録保存されている過去の気温変動

北岡 豪一

岡山理科大学フロンティア理工学研究所

2019年12月15日受理

岡山市内の深さ105 mの井戸で2007年7月から2012年6月までの5年間、坑井内温度の観測を行った。熱伝導モデルを使って過去130年の気温データから温度プロファイルを復元したところ、地層の熱拡散率を $5.0 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ 、バックグラウンド地温勾配を $0.180 \text{ }^\circ\text{C}/\text{m}$ 、地表面と空気の温度差を $0.78 \text{ }^\circ\text{C}$ としたとき、実測プロファイルと理論プロファイルがほぼ一致した。地表での近年の温暖化の熱が地中に侵入し、地熱によるバックグラウンド場に温度異常として記録されている。

キーワード：坑井内温度、地下温度プロファイル、気温履歴、地中の熱伝導

1. はじめに

2002年7月に岡山市内（清心町）の深さ42 mの井戸で井戸内の水温を観測したところ、深さとともに温度の下がる奇妙な現象に遭遇した。2007年7月に、岡山理科大学構内の深さ105 mの井戸で孔内の温度を観測したところ、浅部では前観測と同様に深さとともに急に低くなるが、深さ40 m付近で極小となり、深部では深さとともに直線的に上昇するプロファイルが得られた。大阪平野でも類似のプロファイルが報告されており¹⁾、このような現象はいろいろな地域で起こっていることが認識された。その後、筆者らは大阪平野で地温調査を行う機会があり、多くの井戸（最深300 m）で類似のパターンの温度の鉛直分布が観測された²⁾。

地層は熱伝導率が低いので、地表の温度が上昇すると、その熱が地中を拡散しながらゆっくり下方に伝播する。観測された地温の特徴的な分布には温暖化に伴う地表温度の変化が反映されているのかもしれない。実際、この理大井戸を利用して、2007年7月から2012年6月までの約5年間、1月ごとに地温の鉛直分布の観測を行ったところ、期待したように、月ごとに地層が温まりつつある状況が確認された。

この井戸内水温の鉛直分布は滑らかであり、地下水の流れによる影響が少なく、熱伝導支配の現象が現れているように見えるので、解析を試みることにした。

手始めに、人類のエネルギー消費量が指数関数的に上昇してきているので³⁾、岡山における気温も、第一近似として、指数関数的に上昇してきたと仮定して計算したところ、実測水温の鉛直分布とみごとなフィッ

ティングが得られ、しかも、これから推定される過去の気温変化は岡山気象台の気温資料⁴⁾とそれほど矛盾しないものであった（Appendix）。このことは、過去の気温が地下温度に記録保存されている可能性を示すものである。もし、井戸内水温の鉛直分布から過去の地表温度の変遷が推定できれば、気象観測の記録以前の時代や、気象資料のない地域における環境変化を知る手掛かりを与えることになる。

本稿は、気温の時系列データを用いた熱伝導解析を行い、実際の水温の鉛直分布が過去の気温変動に対応しているのかどうか確かめようとしたものである。

2. 観測方法

対象の観測井戸は、2007年3月に掘り上げられたもので（図1、海拔12 m）、深さ105 m、内径12.5 cmの塩ビ管である⁵⁾。井戸内の地下水面は地表から約6.2 mにあるが、ポンプで揚水しようとしても水がまったく得られなかった。柱状図によると、固結した山ジャリ層が深さ70 m以深の花崗岩を覆っており、全体的に水の通りの悪い地層でできている。

井戸内の水温-深度の測定にはデータロガー内臓の温度圧力計（アレック電子社製COMPACT TD計）を用いた。圧力計の精度は水深にして1 cm（分解能1.5 mm）、応答時間は1 sec以内である。サーミスター温度計の精度は $0.01 \text{ }^\circ\text{C}$ （分解能は $1/1000 \text{ }^\circ\text{C}$ ）で、応答時間は約10 secである。サーミスターの応答がやや遅いので、センサーをゆっくり降下させながら記録をとる必要がある。



図1 観測井戸の位置（岡山理科大学構内）
カシミール3Dおよび地理院地図を使用

具体的には、井戸管の直上約50 cmの高さに滑車を固定し、先端にTD計をつけたステンレスワイヤーを回転ハンドル付きの巻上げ機で一定速度で降下させた。実際は、1 sec間隔でロガーにデータを記録させながら、センサーを約2 cm/secの速さで約1時間半をかけて孔底まで降下させた。この降下速度と応答時間では、圧力計に記録される深さよりも20 cmほど浅い位置の温度が記録されることになる。深さに対する温度勾配からするとそのずれは0.006~0.01 °C程度である。また回転ハンドルによる手動操作ではセンサーを一定速度で降下させることがむずかしく、温度プロファイルに振幅0.01 °C前後の脈が生じた。センサーの降下速度と手動操作に伴うデータの観測誤差は±0.01 °Cの程度であるが、それによる地温プロファイルの解析への影響は無視できるものとする。

なお、井戸内水温が周囲の地層の温度を表しているかという点については、半径 a の円管の壁の温度が急変したとき、時間 t 後の円筒中心の温度は、水の熱拡散率を κ として、 $\kappa t/a^2$ の値が1になると管壁の温度とほぼ等しくなる⁶⁾。すなわち、半径6 cmの円管では、管壁の温度が変化しても管中心の水温は約7時間で壁の温度になる。年周期程度以上のゆるやかに変化する変動を対象にする場合は、井戸管内の水温は周りの地層の温度を表しているとみて差し支えない。

3. 観測結果

3-1 温度プロファイル

図2は、毎月観測された5年間のデータから約1年おきに抽出してプロットしたものである。

図中の破線は2010年7月10日の深部の直線部分を外挿したものであるが、浅部ほどこの直線からのずれが大きく、地温の上昇速度が速くなっている。もし、地表温度が一定であれば、地下深部から地表に向かう地熱の流れが存在するので、地下温度は深さに対して一定の勾配をもった直線的な分布になるが、観測された

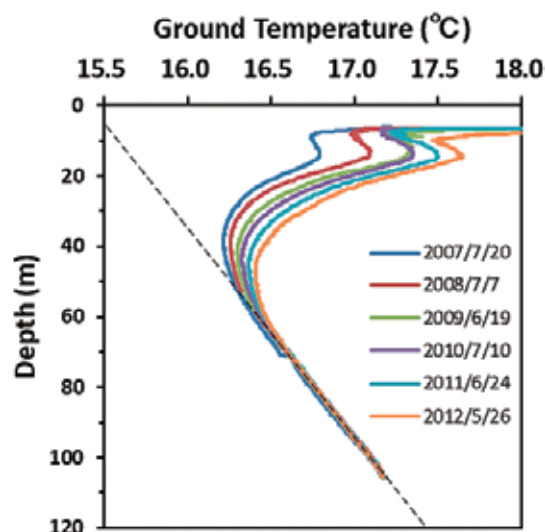


図2 地温プロファイルの変遷
(北岡⁷⁾を改変)

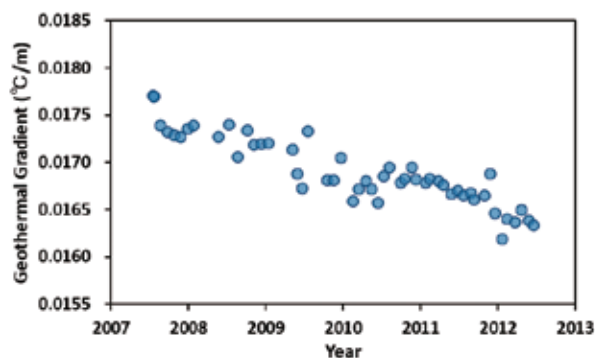


図3 深度80 m~100 m区間における地温勾配の変化

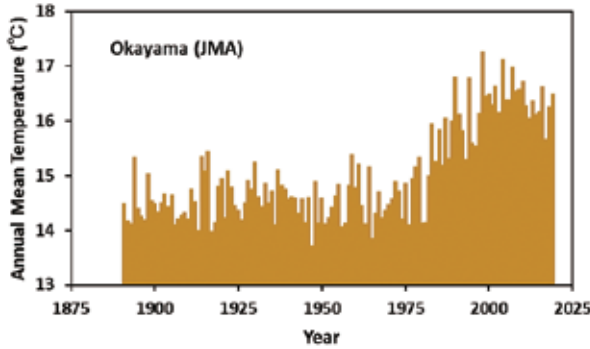
地温は、深さ40 m付近までの浅部で熱が地表から深部に向かって流れている状況を示しており、近年地表温度が上昇したことが読み取られる。

図3は、深さ80 mから100 mの区間の温度分布を直線とみなして、その勾配を観測ごとにプロットしたものである。地温勾配が時期とともに低下しており、地表からの熱の影響が100 m深でも進展中であることを示している。したがって、図2の破線は、定常状態としてのバックグラウンド地温を意味していない。

3-2 岡山における気温の変動

気温の季節変動などの周期的な変動はその振幅を減衰させながら地中を伝搬する。周期の短い成分ほど早く減衰し、年変動以下の短い成分は約15 m以浅で減衰してしまう。温暖化など、年周期よりも長い現象だけがそれ以深で現れる。

気温として、岡山では、1891年の観測開始以来蓄積されている岡山気象台の資料⁴⁾が利用できる。図4は毎日の平均気温から年平均値を求めて図示したもの

図4 岡山における年平均気温の変化⁴⁾

である。岡山気象台は何度か移転しているが、それによる地温解析への影響は小さいとみなすことにする。

図4をみると、1980年ごろから気温の上昇が顕著にみられるので、その影響が地温のプロファイルに現れていると思われる。なお、2000年台に入ってからいくらか低下の萌しがみられる。

4. 地温の解析

4.1 解析の方法

簡単のため、地層中の熱は上下方向に熱伝導で伝わるものとし、地下水の流れによる影響は無視できるものとする。地表から深さ z 、時間 t における地層中の温度を $\theta(z, t)$ で表し、それが一次元熱伝導方程式

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \kappa \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} \quad (1)$$

を満たすものとする。ここに、 κ は地層の熱拡散率で、地層の密度を ρ 、比熱を c 、熱伝導率を K としたとき、 $\kappa = K/\rho c$ である。

はじめ、地層全体の温度がゼロのとき、地表温度がある時点からある一定の値をとり、それが1万年続けば、地下の温度は100 m深まで地表温度とほぼ同じで一樣になるので、はじめ、地層全体の温度が一定の A である状態を想定することができる。その状態を初期状態とする。

その状態で、地表温度が $t=0$ から $t=\tau$ までの間一定の B となり、 $t>\tau$ で A に戻るというパルス状の変化があると、深さ z における温度は、 $0 < t < \tau$ で、

$$\theta(z, t) = A + (B - A) \operatorname{erfc}\left(\frac{z}{2\sqrt{\kappa t}}\right), \quad (2)$$

$t > \tau$ では、

$$\theta(z, t) = A + (B - A) \left[\operatorname{erfc}\left(\frac{z}{2\sqrt{\kappa t}}\right) - \operatorname{erfc}\left(\frac{z}{2\sqrt{\kappa(t-\tau)}}\right) \right] \quad (3)$$

で表される⁶⁾。ここに、 erfc は誤差関数である。

時間軸を等間隔 τ で区切り、地面の温度は区間内で一定であるとする。区間に番号1, 2, ...をつけ、番

号 i における地表温度を $B(i)$ で表すと、番号 n の時間間隔の midpoint における深さ z の温度 $\theta(z, n)$ は、(2)式と(3)式を重ね合わせて、

$$\theta(z, n) = A + \sum_{j=1}^n \left[(B(j) - A) \left\{ \operatorname{erfc}\frac{x}{2\sqrt{\kappa(n-i+1/2)\tau}} - \operatorname{erfc}\frac{x}{2\sqrt{\kappa(n-i-1/2)\tau}} \right\} + (B(n) - A) \operatorname{erfc}\frac{x}{2\sqrt{\kappa\tau/2}} \right] \quad (4)$$

で表される。

ところで、一般に、地表温度は気温と異なる。それは、地下深部からの地熱フラックスが存在することと、また、地表で短波と長波の放射、顕熱と潜熱の輸送があるからである。さらに、植生や人工物など地表面の状態によって影響を受ける。地表面の温度を境界条件として設定することはむずかしいので、ここでは、とりあえず、地表温度は年平均気温よりも δ だけ高いものとし、 δ は一定であると仮定する。

初期状態として、上記のように、地表温度が長期にわたり一定の状態を仮想する。式(4)は、始め、地層温度が深さに対して一定の A である状態が仮定されているが、深さ z に対して直線的に上昇している場合は重ね合わせることが可能である⁶⁾。

深部から一定の熱フラックスが存在する定常状態における地温 θ を、地温勾配を α 、地表温度を β として、

$$\theta = \alpha z + \beta \quad (5)$$

で表すことにする。定常的な気温を γ とおけば、地表温度は $\beta = \gamma + \delta$ である。

このように仮定すると、(4)式の右辺第1項の A は、

$$A = \alpha z + \gamma + \delta \quad (6)$$

となる。第2項以降では、区間番号 i における気温を $C(i)$ で表すと、

$$B(i) - A = C(i) - \gamma \quad (7)$$

とできる。

実際の計算では、初期状態としての定常気温 γ は、気象観測の始まった1891年から1900年までの10年間の年平均気温の平均(14.51℃)をとることにする。(7)式の $C(i)$ には岡山の年平均気温(図4)を用いる。

まず、 κ にある値を与えて、観測データのある時点における地温分布を(4)、(6)、(7)式を用いて計算する。それを試行錯誤で、 α と δ を調整しながら実測地温に近づけるという方法をとることにする。今回は、最小二乗法を適用していないので、 κ 、 α 、 β 、 γ 、 δ の値は最確値ではなく、いくらか任意性が含まれる。

4.2 計算の結果

前記のように、過去の気温変化を指数関数で近似したとき、最小二乗法によってフィッティングのよい結果が得られたので（Appendix参照）、まず、その方法で推定された熱拡散率 κ の値（ $5.0 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ ）を用いて計算してみる。

図5は、2007年から2012年の観測時期における計算プロファイルである。これは、実測値の孔底温度と40 m深付近の極小温度と照らし合わせながら α と δ の値を調整して得たものである。

毎年の年平均気温を用いることによって、図のように、極小をもつ温度プロファイルが計算され、極小となる深さが図2の実状に近い結果が得られる。得られた $0.018 \text{ }^\circ\text{C}/\text{m}$ の地温勾配は岡山地域で開発された深層温泉における掘削柱状図の地温分布と矛盾しないものである。ただし、地表温度と年平均気温との差 δ が 0.78

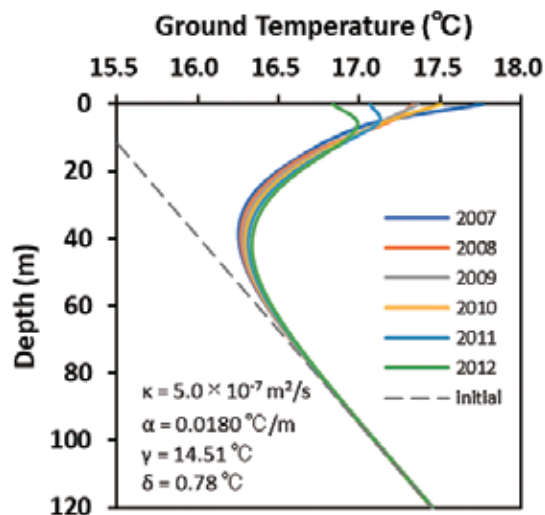


図5 $\kappa = 5.0 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ の場合

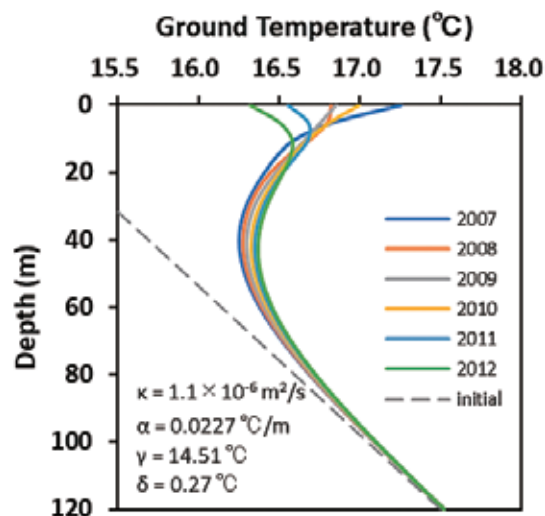


図6 $\kappa = 1.1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ の場合

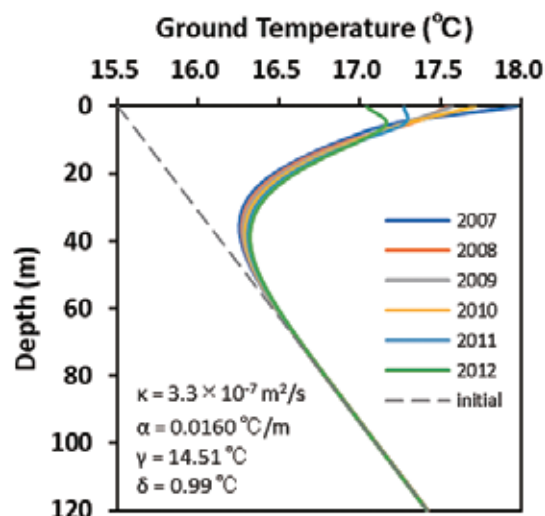


図7 $\kappa = 3.3 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ の場合

$^\circ\text{C}$ となる理由については不明である。

図6と図7は、熱拡散率 κ に、それぞれ、花崗岩の値（ $1.10 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ）と砂質の湿潤土壌の値（ $3.3 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ ）をあてた場合の結果である。

熱拡散率が約2倍の花崗岩ではプロファイルのパターンが広がり、実状からはなれてくる。熱拡散率が約2/3倍の砂質土壌では温度が極小になる深さが実状よりも浅くなる。

このことから、熱拡散率 κ として、 $5.0 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ 前後の値が適当ではないかと考えられる。

4.3 地中温度の変化

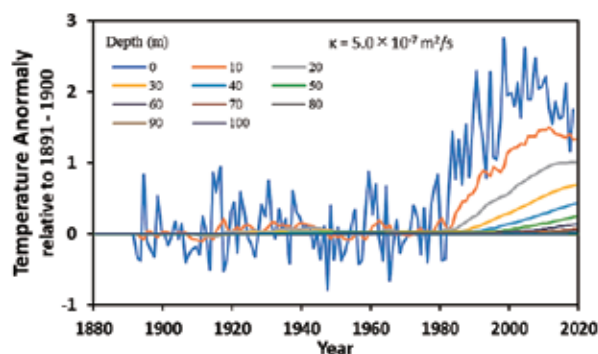


図8 定常状態からの偏差

図8は、熱拡散率が図5の $\kappa = 5.0 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ の場合における地中温度の初期状態からのずれの変化を深さごとに示したものである。深さ0 mの折れ線は年平均気温の偏差を表す。この図から見られるように、地中温度は1980年を過ぎたところから上昇している。

図9は、図5と同じ条件で、1900年以降、10年おきに地中温度の分布を示したものである。1980年ころま

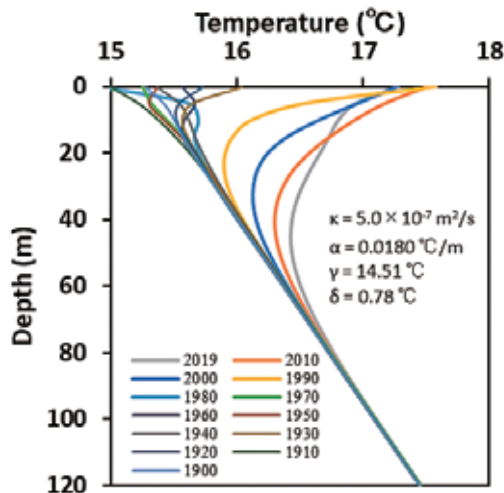


図9 1900年以降の各時期における地温分布

では、初期状態からの定常的な地温分布が維持されていたが、それ以降の時期で地層が地表から温められ、深部に伝搬している状況が示されている。このような図をつくることによって、地中に蓄積されつつある温暖化のエネルギー量を見積もることができよう。

5. 課題

5-1 地下水の流れの影響

熱伝導理論だけで、観測された地温のプロファイルの形状を、定性的ではあるが、ある程度までは説明できたように思われる。しかし、計算結果の図5と観測結果の図2を比べると、20 m前後以浅は気温の年変動の影響がみられるのでその部分を除くと、浅層部では、実測地温の方が年あたりの上昇速度が大きくなっており、再現性は必ずしもよいとは言えない。

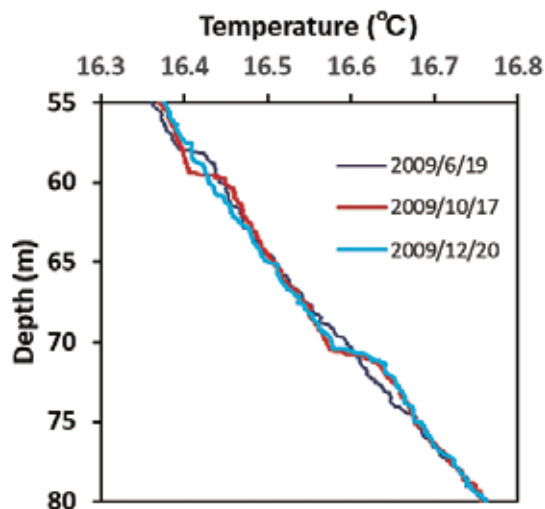


図10 坑井内水温の階段構造の例

図10は2009年における地温分布の一部を拡大して示したものである。この年は、6月の観測ではステップ構造は見られなかったが、7月21日、8月9日と8月10にそれぞれ日降水量が60.5 mm、76.5 mmと50.5 mmの強い降雨があり、10月の観測で60 m付近と70 m付近に2段のステップ構造が現れ、12月には上側の1段が消え、翌年の2月の観測では完全に消えた。ある程度まとまった降雨があるとステップ構造が現れ、数か月経過すると消えている。このような現象は5年間で3回起こっている。これらは、比較的深部で地下水の水平流が地温に影響を与えたことを示していると考えられる。

一方、雨水は地表からゆっくり下方に浸透しているはずであるから、それが地温に影響を与えている可能性がある。その証拠を実測データの中から見出すことはできないが、浸透流を考慮した解析を行うことにより浅部の実際の地温分布にさらに近づけることができるかもしれない。

5-2 地温プロファイルから長期変動がみられないか

以上は、気象庁による観測期間内での議論である。ただし、観測以前の気温は、観測初期の年平均気温が長く続いていたと仮定した。ところが、天然には観測期間の長さよりも周期の長い現象が存在する。例えば、Kitagawa and Matsumoto (1995)⁸⁾は屋久杉の年輪の炭素同位体を分析して2,000年間にわたる気温変動を追跡している。そのデータを調和解析すると、図11に示すように周期1,230年、振幅0.9 °Cの周期的な変動が浮かび上がる。このような周期性はMoberg et al. (2005)⁹⁾にも見られ、調和解析すると周期がよく一致している。

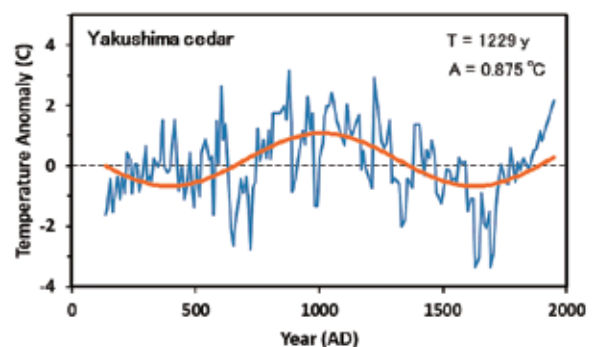


図11 屋久杉の年輪から推定された気温変化⁸⁾

図12は、熱拡散率が $5.0 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ の場合、地表で起こるいろいろな周期の変動が地中で減衰する特性を示したものである。岡山地域においても、1,200年周期の変動があると推定され、もし、その振幅が1 °Cの程度であれば、図12から今回の観測の精度で十分に検出

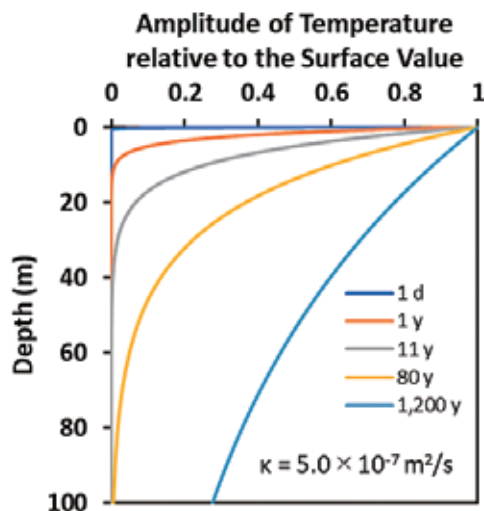


図12 周期的変動の深さに対する減衰

できるはずである。地温を解析するための方法論の精度が高められれば、このような長周期の変動も明らかにされるものと思われる。

6. おわりに

地中温度の鉛直分布の中に、温暖化に伴う地表温度の変動履歴が記録保存されていることが、ある程度は確かめられたように思われる。今回は、最小二乗法を適用していないので、結果は最適値ではなく、いくらかの任意性が含まれている。最適な κ , α , δ などの値が推定できるよう改善が望まれる。また、逆解法の手法が取り入れられれば、地温の鉛直分布の観測データから気温の記録が開始される以前の時代にまで環境の変動が解析されうるものと思われる。深さ100 m程度の地温の鉛直分布には過去数100年間にわたる環境変動に関する情報が秘められているといえる。

Appendix 気温が時間とともに指数関数的に上昇する場合の地温プロファイル

気温が一定の上昇率で上昇する場合、すなわち境界温度が時間に対して指数関数的に上昇する場合は、Carslaw and Jaeger (1959)⁶⁾に解が与えられている。パラメーターは熱拡散率と境界温度の上昇率である。これを利用すると、実測地温分布から長期にわたる気温変化を最小二乗法によって推定することができる。

はじめ、地下温度が $\theta_g = \alpha z + \beta$ で表される定常状態にあるとし、地表温度が $t > 0$ で

$$B(t) = \beta + p e^{\lambda t} \quad (A1)$$

のように指数関数的に上昇する場合を考える。 p は $t=0$ における気温の定常状態からのシフト量、 λ は気温の上昇率である。

この解は、

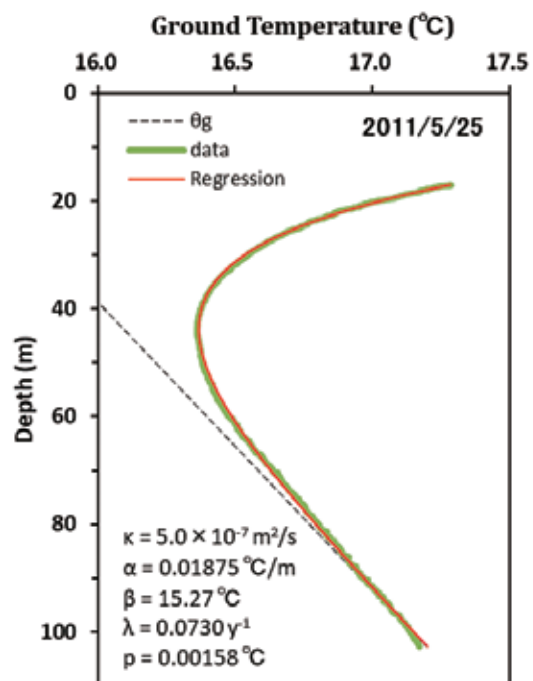
$$\theta(z, t) = \beta + \alpha z + \frac{p}{2} e^{\lambda t} \left\{ e^{-z\sqrt{\lambda/\kappa}} \operatorname{erfc}\left(\frac{z}{2\sqrt{\kappa t}} - \sqrt{\lambda t}\right) + e^{z\sqrt{\lambda/\kappa}} \operatorname{erfc}\left(\frac{z}{2\sqrt{\kappa t}} + \sqrt{\lambda t}\right) \right\} \quad (A2)$$

で与えられる⁶⁾。

パラメーターは、初期温度を与える α と β 、地層の熱拡散率 κ 、気温の初期シフト量 p 、および気温の上昇率 λ の計5個である。 $t=0$ としてAD 1900をとることにする。

2011年5月25日に観測された温度データを用いて解析した結果の例を図A1に示す。薄緑の線が実測値、赤の線が回帰線である。きわめてよいフィッティングが得られる。

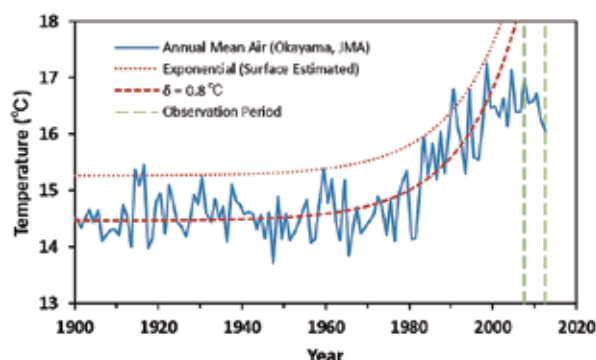
これから推定される熱拡散率 κ の値は、 $5.01 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ であり、地表温度の偏差の初期値 p と上昇率 λ の値は、それぞれ、 $0.00158 \text{ }^\circ\text{C}$ (1900年値)と $7.3 \text{ } \%/y$ である。



図A1 指数関数型の気温変化におけるフィッティング

定常地表温度 β の値として $15.27 \text{ }^\circ\text{C}$ が得られたが、これは初期の年平均気温 γ の値よりも約 $0.8 \text{ }^\circ\text{C}$ 高い。そこで、推定された指数関数型の地表温度を $0.8 \text{ }^\circ\text{C}$ だけ下げた温度が気温に対応されたとすれば、図A2に破線で示したように、実線の気象庁の年平均気温 (図4)の変動をある程度近似しているようにみえる。

なお、このフィッティングのよさから、1,200年周



図A2 推定された気温の指数関数型変化と年平均気温

期の成分を取り出そうと試みたが、最小二乗法の収束がうまくゆかず、成功までには至っていない。

過去の全体の気温変動を指数関数のようなパラメータの少ないひとつの関数で近似することには問題が残るが、フィッティングには便利であり、大筋を把握するには有効であると思われる。

謝辞

本稿は、岡山理科大学理学部基礎理学科の歴代のゼミ生が観測して得た汗水の結晶が基になっている。巣立っていった学生に感謝したい。

参考文献

- 1) Taniguchi, M. and T. Uemura: Effects of urbanization and groundwater flow on the subsurface temperature in Osaka, Japan. *Physics of Earth and Planetary Interiors*, 152(4), 305-313, 2005.
- 2) 北岡豪一・有本弘孝・吉岡竜馬：温暖化に伴う大阪平野の地温モニタリング，地下水地盤環境に関するシンポジウム2010論文集，69-80，2010.
- 3) 資源エネルギー庁：エネルギー白書，<https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2013html/1-1-1.html>. (2020年 1 月閲覧)
- 4) 気象庁：過去の気象データダウンロード，<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php> (2020年 1 月閲覧).
- 5) 北岡豪一・西村敬一・山下栄次：岡山の地下水位とその地球潮汐に異変—熊本地震の影響か？—，岡山理科大学技術科学研究年報，第35号，37-44，2017.
- 6) Carslaw, H. S. and J. C. Jaeger: "Conduction of Heat in Solids", Second ed., Oxford at the Clarendon Press, 1959.
- 7) 北岡豪一：地球温暖化の影響，小野寺真一・齋藤光代・北岡豪一編著「瀬戸内海流域の水環境—里水—」，吉備人出版，224-228，2018.
- 8) Kitagawa, H. and E. Matsumoto: Climatic implications of $\delta^{13}\text{C}$ variations in a Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) during the last two millenia. *Geophys. Res. Lett.*, 22(16), 2155-2158, 1995.
- 9) Moberg, A., D. M. Sonechkin, K. Holmgren, N. M. Datsenko and W. Karlén: Highly variable Northern Hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data, *Nature*, 433, 613-617, 2005.

Air temperature history recorded to the borehole temperature in Okayama, Japan

Koichi KITAOKA

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

Temperature logs in a borehole of 105 m in depth, in Okayama, have been carried out once a month for five years from July 2007 to June 2012. The temperature-depth profiles are reconstructed from the air temperature data for the last 130 years by the heat conduction model in the homogeneous material. The theoretical profile is analogous to the observed profiles, when the thermal diffusivity of material is $5.0 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$, the background geothermal gradient is $0.018 \text{ }^\circ\text{C}/\text{m}$, and the temperature difference between the ground surface and the air is $0.78 \text{ }^\circ\text{C}$. Thus, the recent warming heat on the ground surface have penetrated the subsurface and have been recorded as temperature anomaly to the background thermal field governed by the heat flow from the interior of the Earth.

Keywords: borehole temperature, temperature-depth profile, air temperature history, underground heat conduction

令和元年度フロンティア理工学研究所構成員

専任研究員 6 名，客員研究員 3 名，および兼務研究員として 21 名の学部教員が参加しています。

所長	平野 博之	工学部 バイオ・応用化学科・教授
専任研究員	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	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	北岡 豪一	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	豊田 新	理学部 応用物理学科 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	濱田 博喜	理学部 臨床生命科学科 教授
兼務研究員	林 謙一郎	理学部 生物化学科 教授
兼務研究員	満身 稔	理学部 化学科 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	猶原 順	工学部 生命医療工学科 教授
兼務研究員	八田 貴	工学部 生命医療工学科 教授
兼務研究員	蜂谷 和明	工学部 機械システム工学科 教授
兼務研究員	矢城 陽一朗	工学部 電気電子システム学科 教授
兼務研究員	石垣 忍	生物地球学部 生物地球学科 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	青木 一勝	理学部 基礎理学科 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	高橋 亮雄	理学部 動物学科 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	實吉 玄貴	生物地球学部 生物地球学科 准教授
兼務研究員	林 昭次	生物地球学部 生物地球学科 講師
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

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。

平成30年度中の施設利用者配置図は以下の通りです。

	4780	2500	3640	3640	7280	7280	3640	3640	3640	
1240	① 恒温室 26.10	② クリーンルーム 7.65	④暗室 6.62	⑥ 研究室 19.87	⑦ 機器室、前庭 39.75		⑧⑨ WC 19.87	⑩ 実験室 19.87	⑪ 倉庫 19.87	5460
2400		③ 分析室 6.00	⑤ 培養室 13.25							
1650										1650
5460	⑫ 実験室 39.75	⑬ 研究室 19.87	⑭ 実験室 59.62		⑮ 事務室 19.87	⑯ 図書室 19.87	⑰ 講義室 39.75			5460
	7240	3640	10320	3640	3640	3640	7260			

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	八田
13. 研究室	八田
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・共同研究に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シンポジウム 東アジアの成り立ちと岡山

日 時： 令和2年2月21日（金）13：30－17：00
会 場： 50周年記念館4階
発表者： 板谷徹丸，乙藤洋一郎，鈴木茂之，實吉玄貴，今山武志，Cho Deung-Lyong
参加者： 一般および教職員

プログラム（総合司会 兵藤博信）

- 13：30－14：00 インド大陸の衝突によるアジア大陸の変形
地球史研究所所長 乙藤洋一郎
- 14：00－14：30 古第三系吉備層群の堆積と吉備高原面の形成
岡山大学大学院自然科学研究科教授 鈴木茂之
- 14：30－15：00 吉備高原：変動帯日本列島内の安定陸塊 一紹介—
NPO法人 地球年代学ネットワーク理事長 板谷徹丸
- 15：00－15：20 コーヒーブレイク
- 15：20－15：40 岡山県に残された日本海の歴史；化石と地層からわかること
生物地球学科准教授 實吉玄貴
- 15：40－16：00 南モンゴルのペルム紀後期—三畳紀前期の沈み込み背弧型火山活動：古アジア海の
最終閉鎖時期の制約
フロンティア理工学研究所准教授 今山武志
- 16：00－16：40 隠岐片麻岩類の複数変形-変成イベントとそのテクトニックな意義
韓国地質資源研究院 上級主席研究員 Deung-Lyong Cho
- 16：40－16：45 閉会の辞
フロンティア理工学研究所教授 兵藤博信

Frontier Symposium on Geohistory of East Asia and Okayama

Time: 13:30 - 17:00, February, 21, 2020

Venue: 50th anniversary building, Okayama University of Science

Speakers: Tetsumaru Itaya, Yoichiro Otofujii, Sigeyuki Suzuki, Mototaka Saneyoshi,
Takeshi Imayama, Deung-Lyong Cho

The symposium is open for public

Program

- | | |
|-------------------|--|
| 13 : 30 - 14 : 00 | Deformation features of Asian continent due to collision of India
Yoichiro Otofujii, Director, Institute of Geohistory |
| 14 : 00 - 14 : 30 | Deposition of the Paleogene Kibi Group and formation of the Kibi Plateau Surface
Shigeyuki Suzuki, Professor, Graduate School, Okayama University |
| 14 : 30 - 15 : 00 | Kibi Plateau: A stable massif in the active Japanese Islands – Introduction-
Tetsumaru Itaya, President, NPO Geochronology Network |
| 15 : 00 - 15 : 20 | Coffee Break |
| 15 : 20 - 15 : 40 | Record of Japan Sea left in Okayama: The fact revealed by fossils and strata
Mototaka Saneyoshi, Associate Professor,
Department of Biosphere and Geosphere, Okayama Univ. of Science |
| 15 : 40 - 16 : 00 | 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
Takeshi Imayama, Associate Professor, Institute of Frontier Science and Technology,
Okayama Univ. of Science |
| 16 : 00 - 16 : 40 | Multiple tectonothermal events in Oki Gneiss and their tectonic implications: insight from
geochemistry and geochronology
Deung-Lyong Cho, Senior Principal Researcher, Korea Institute of Geoscience and
Mineral Resources |
| 16 : 40 - 16 : 45 | Closing remarks,
Hironobu Hyodo, Professor, Institute of Frontier Science and Technology,
Okayama Univ. of Science |

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～

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2年3月13日（金），10：00～17：00

会場：加計学園50周年記念館

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，地域社会との研究交流および科学技術の普及・啓発活動の一環として，「第1回OUSフロンティアセミナー」を開催し，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一般講演会を開催いたします。本セミナーは，技術科学研究所が24年間開催してきた「OUS技術セミナー」の後継イベントとして，今年度，技術科学研究所と自然科学研究所が発展的統合をして生まれ変わったフロンティア理工学研究所が開催いたします。

プログラム

10：00－12：00 ポスター発表

13：15－13：20 開会挨拶

13：20－14：00 被災地は今

～被災地の現状から学ぶ防災・減災～

特定非営利活動法人ADRA Japan 橋本笙子氏

14：00－14：40 災害時同行避難とペットの災害対策について

～避難所における動物飼育スペースの重要性とその立上げ方～

ふくろう動物病院院長 鈴木淑剛

14：40－15：20 ドローンによる空撮映像『砂川～40 kmの水の旅～』

～新たなESD教材としての可能性～

元岡山県職員 高畠正之氏

元岡山理科大学教授 西村敬一氏

15：20－15：50 休憩

15：50－16：30 地球磁場の歴史

～逆転・チバニアンから人間の営みまで～

岡山理科大学 情報処理センター教授 畠山唯達氏

16：30－17：00 環境，医療分野への適用が広がるDLCコーティング技術

岡山理科大学 フロンティア理工学研究所教授 中谷達行氏

17：00－17：05 閉会挨拶

OUSフロンティアセミナー（シンポジウム）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 —ベンチャー，夢，人づくり—	岡山理科大学他
12	2006（H18）年12月	躍進する生体医工学の最前線	岡山理科大学他
13	2007（H19）年11月	地球温暖化とその対策	岡山理科大学他
14	2008（H20）年11月	大学で，夢づくり，ものづくり	岡山理科大学他
15	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2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

令和元年度「夏休み親子自然観察教室」実施報告

令和元年7月27日～28日フロンティア理工学研究所主催による夏休み親子自然観察教室を実施しました。27日は奈義町のビカリアミュージアムにおいての化石の採集と同定のあと、蒜山学舎へ移動して、化石の型をとるモデリング実習、28日は大山・蒜山火山の見学や火山灰層の観察、高梁市成羽町のエントモノチスという貝化石の採集が日程です。今年度は参加者がやや少なく2家族、子供たちの年齢構成は7歳から18歳まで、大人2名小人2名と附属中学高校から17名の参加がありました。両日とも大きな雨に降られることなく天候にも恵まれました。

7月27日朝、岡山西口前を出発し昼前に奈義町ビカリアミュージアム化石博物館に到着しました。現在では標高が240mくらいの奈義町が1500万年前は亜熱帯の海辺のマングローブでおおわれ、たくさんの浅海性生物がすんでいたことが化石から分かります。ビデオでビカリアが生きていたところの様子の説明を受けました。展示されている珍しい化石標本やジオラマでいろいろな化石種類や産出状況を学習しました。昼食後、各自がハンマーを持ち、化石採集を行いました。たくさんの海生動物や生活痕跡の化石（穴に泥が詰まって固まったもの）の見つかりました。

その後、鬼女台で5万年前後に激しい噴火を繰り返した昔の大山・蒜山・烏ヶ山火山とその火砕流の痕跡をみてから記念撮影を行いました。

蒜山学舎では、2階の学習室でビカリアを使って型を取り、その型に樹脂を流し込んで複製（レプリカ）を作るモデリングを行いました。本物を使うと壊してしまうことが多いのでレプリカの型を用いました。粘土で土台を作り、シリコン樹脂を型へ流し込みます。

夕食後はせみのふ化の観察等を行いました。夏の星座観察は曇り空のためできません



1500万年前の地層と化石の展示



ビカリア化石の採集



化石のモデリング実習

でした。かわりに星空のシミュレーターを使って宇宙の旅を経験しました。7月28日は朝食後、化石のモデリングの最終仕上げに取り組み、すぐに固まる樹脂を注意深く混ぜながらレプリカを完成させました。

ケイソウ土採掘場の入り口で2万9千年前に起きた鹿児島火山の噴火による火山灰が20センチもの厚さに積もっているキナコとよばれる黄色い地層を観察しました。塩釜でしめの休憩を取りました。

昼食後成羽町のエントモノチスの化石が採取できる（個人宅内）向かいました。炎天下での採取となりましたが、熱中症になる人は

出ませんでしたが、夢中になりながらも30分程度が限界でした。地元の徳森さんのご厚意によるものですが、近年有名になりすぎて化石そのものが底を尽きかけています。自然の保全と実体験の重要さの間で問題は簡単でないようです。ビカリアの地層（1500万年前）とは石の硬さが違い（約2億年前）で注意深くハンマーを使いました。

この教室で提供できる知識は地学でもごく限られたものですが、自然に触れることで一人でも多くの参加者がふだん暮らしている時間とはスケールが異なった地球の歴史をそれぞれ思い描きその不思議さや気の遠くなるような時間をかけて出来上がってきた自然環境のすばらしさに関心をもち、先端の科学技術だけでなく身近な自然への好奇心と環境の大切さへの理解を深めていくことを願っています。



モノチス化石の採集



鬼面台にて大山をバックに記念撮影

ジオセミナー@関 活動記録

—2019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。2016年に26回、2017年に24回、2018年に25回、2019年に26回の研究会を行いました。なお、技術科学研究所が、2019年4月にフロンティア理工学研究所と改組され、別館もフロンティア理工学研究所関別館と名称変更しました。

ジオセミナー@関では、毎回セミナーの議事録を作成しています。2019年1月～12月の第76回から101回までの議事録の概要を報告します。活動場所は、第24回OUS技術セミナー（第79回ジオセミナー@関に該当）を加計学園50周年記念館で行った以外は、すべて関別館講義室でした。

第91回では、情報処理センター畠山唯達先生に「考古地磁気学と考古岩石磁気学」の講演をして頂きました。

第24回OUS技術セミナーで各客員研究員はポスター発表と要旨を作成し、西村敬一客員研究員が「岡山のハザードマップを読み解く—「南海トラフの巨大地震に備えて」—」の講演をしました。

技術科学研究所年報第34号（2016）には山下研究員が、35号（2017）には北岡・西村・山下研究員が、36号（2018）には北岡・西村・山下研究員が、37号（2019）には、山下研究員が投稿しました。

岩井良輔専任研究員の紹介で、第83回に橋本真悟学生（修士1年生）が、第94回には富谷卓矢学生（応用物理学科3年生）がジオセミナー@関に参加しました。自由に参加してもらうこととなりました。

なお、議事や配布資料の詳細は、各議事録掲載した本日配布資料欄の提供者に請求して下さい。（文責 山下）

○第76回ジオセミナー@関 議事録

日時：2019年2月5日（火）、13時から17時30分

参加者：北岡豪一、西村敬一、山下栄次。

事務連絡

- ・第24回OUS技術セミナーポスター要旨を岩井研究員へ送信した。
 - 1) 北岡豪一、西村敬一、山下栄次：地震による地盤の水理特性の変化とその回復。
 - 2) 西村敬一：地下構造から見た岡山平野の成り立ち
 - 3) 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技術セミナーで、西村敬一客員研究員が講演すること決定した。詳細は未定である。
- ・昨年に引き続き、北岡、西村、山下3名が、岡山理科大学非常勤講師として講義を行うことになった。

議題1「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—」：山下栄次客員研究員

議題2「総社市のアルミ工場における爆発の地震波形記録の解析」，「地下構造から見た岡山平野の成り立ち」：西村敬一客員研究員

○第77回ジオセミナー@関 議事録

日時：2019年2月12日（火）、13時から17時

参加者：北岡豪一、西村敬一、山下栄次。

議題1「岡山のハザードマップを読み解く～南海トラフの巨大地震に備えて～」：西村敬一客員研究員

議題2「みらいMR02-K05-Leg.3航海における、鉛直測定の実データ」：山下栄次客員研究員

○第78回ジオセミナー@関 議事録

日時：2019年2月19日（火）、13時から17時

参加者：北岡豪一、西村敬一、山下栄次。

議題1「地下構造から見た岡山平野の成り立ち」：西村敬一客員研究員

議題2「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航海一」：山下栄次客員研究員

議題3「地震による地盤の水理特性の変化とその回復」：北岡豪一客員研究員

○第79回ジオセミナー@関 議事録（OUS技術セミナー特集）

場所：加計学園50周年記念館，2階，4階講義室

日時：2019年2月22日（金），10時から17時

主催：岡山理科大学技術科学研究所，後援：岡山県，岡山県教育委員会等11団体。

第24回OUS技術セミナー 課題：「岡山の自然災害を考える」

10：00～12：30 ポスター発表：23題。

中谷達行専任研究員，岩井良輔専任研究員，各5題発表。北岡豪一客員研究員，西村敬一客員研究員，山下栄次客員研究員，金枝敏明客員研究員，各1題発表。以下略。

13：30～17：05 講演会：6題

西村敬一客員研究員：「岡山のハザードマップを読み解く～南海トラフの巨大地震に備えて～」講演。以下略。

・NHKテレビ放映：2019年2月22日18：15「もぎたて」，20：40「岡山ニュース845」で，OUS技術セミナーが放映された。

付録写真1 第24回OUS技術セミナー配布資料

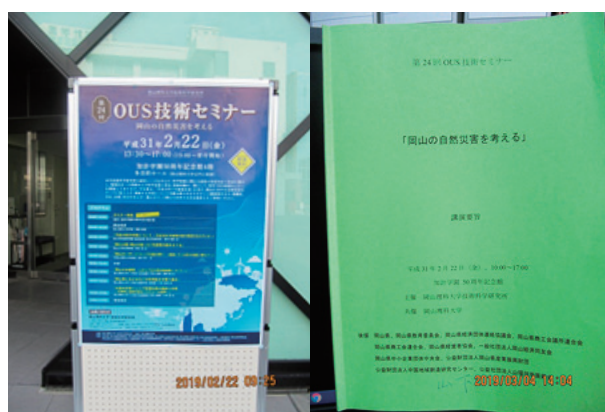


図1 OUS技術セミナーポスター

図2 講演要旨集

付録写真2 会場とポスター発表



図3 ポスター発表会場1

図4 ポスター発表会場2

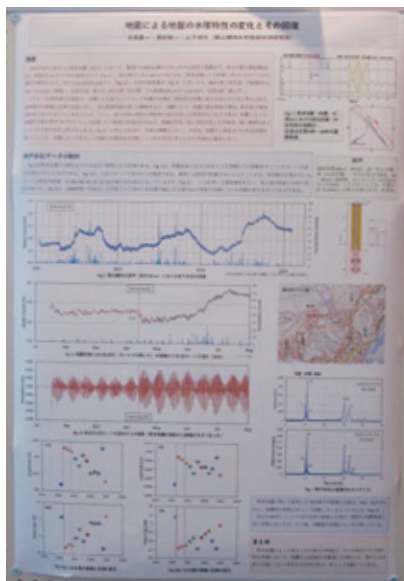


図5 北岡ポスター



図6 西村ポスター

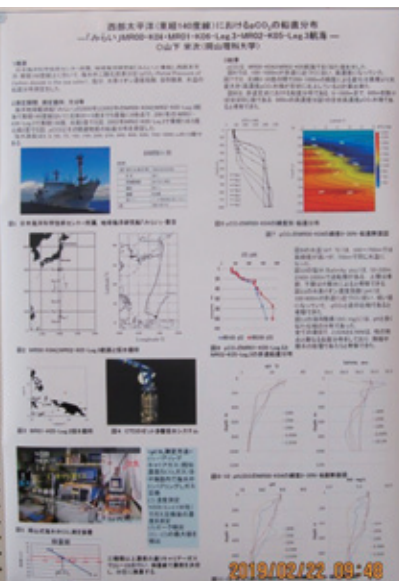


図7 山下ポスター

○第80回ジオセミナー@関 議事録

日時：2019年2月26日（火），13時から17時

参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次。

議題1 「那須町教委を文部省が特例校指定」について：西村敬一客員研究員

○第81回ジオセミナー@関 議事録

日時：2019年3月5日（火），13時から17時

参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次。

議題1 地震による地盤の水理特性の変化とその回復：北岡豪一客員研究員

議題2 岡山の地盤と液状化対策について：西村敬一客員研究員

○第82回ジオセミナー@関 議事録

日時：2019年4月16日（火），13時から17時

参加者：岩井良輔，北岡豪一，西村敬一，山下栄次。

事務連絡

- ・4/1：技術科学研究所は自然科学研究所と合併しフロンティア理工学研究所となりました。新研究所の所長は、平野博之所長である。岡山理科大学ホームページから技術科学研究所が無くなりました。HOME＞大学紹介＞施設・サービス＞岡山キャンパス附属施設＞フロンティア理工学研究所になりました。
- ・4/11：岩井研究員から、旧技術科学研究所のritドメインのアドレスの削除に伴い、新アドレスの必要度のアンケートあり。北岡，西村，山下の3名は、必要度少ないと回答した。新アドレスは、無いことになった。
- ・4/16：岩井研究員から、技術科学研究所年報第37号が配布された。

議題1 新元号「令和」に関する話題：西村敬一客員研究員

議題2 「新入世」に関する話題：西村敬一客員研究員

議題3 「2019年度 地球科学概論Ⅱ」講義について：西村敬一客員研究員

○第83回ジオセミナー@関 議事録

日時：2019年4月23日（火），13時から17時

参加者：岩井良輔，北岡豪一，西村敬一，山下栄次，橋本真悟。

事務連絡

- ・4/23：岩井研究員から学長発行の、岡山理科大学客員研究員受入証明書が北岡、西村、山下の3名へ渡された。
- ・客員研究員研究期間は平成31年4月1日～令和2年3月31日である。
- ・4/23：平野所長のご厚意により、ノートパソコンが関別館に設置された。これで、ScanSnap SV600とプリンターが常時使用可となった。
- ・2019年度前期に非常勤講師として北岡は水・金曜日、西村は月・木曜日、山下は金曜日に講義をする。
- ・オセミナー@関は、従前通り、火曜日に開催することにした。

議題1 地震発生確率値について：西村敬一客員研究員

議題2 「2019年度 地球科学概論Ⅱ」講義について：西村敬一客員研究員

○第84回ジオセミナー@関 議事録

日時：2019年5月7日（火）、13時から17時

参加者：北岡豪一、西村敬一、山下栄次

議題1 地震発生確率値についてⅡ：西村敬一客員研究員

議題2 「2019年度 地球科学概論Ⅱ」講義について：西村敬一客員研究員

○第85回ジオセミナー@関 議事録

日時：2019年5月28日（火）、13時から17時

参加者：岩井良輔、北岡豪一、西村敬一、佐藤康史、山下栄次

議題1 ブラウン運動Ⅰ：北岡豪一客員研究員

○第86回ジオセミナー@関 議事録

日時：2019年6月4日（火）、13時から17時

参加者：岩井良輔、北岡豪一、西村敬一、山下栄次

議題1 ブラウン運動Ⅱ：北岡豪一客員研究員

議題2 広島原爆「語り部」若年被爆者 松川隆君について：山下栄次客員研究員

○第87回ジオセミナー@関 議事録

日時：2019年6月11日（火）、13時から17時

参加者：岩井良輔、北岡豪一、西村敬一、山下栄次

議題1 ブラウン運動Ⅲ：北岡豪一客員研究員

○第88回ジオセミナー@関 議事録

日時：2019年6月18日（火）、13時から17時

参加者：北岡豪一、西村敬一、山下栄次

議題1 ポール 物理化学：北岡豪一客員研究員

○第89回ジオセミナー@関 議事録

日時：2019年6月18日（火）、13時から17時

参加者：北岡豪一、西村敬一、山下栄次

議題1 ポール 物理化学Ⅱ：北岡豪一客員研究員

議題2 岡山市 津波/洪水・土砂災害ハザードマップ等に関する若干の疑問：山下栄次客員研究員

○第90回ジオセミナー@関 議事録

日時：2019年7月2日（火）、13時から17時

参加者：北岡豪一、西村敬一、山下栄次

議題1 現在の高校の「環境教育」は？：山下栄次客員研究員

議題2 物理学通論,「熱学・統計力学の発展史のお話」:北岡豪一客員研究員

○第91回ジオセミナー@関 議事録

日時:2019年7月9日(火),13時から17時30分

参加者:岩井良輔,北岡豪一,西村敬一,山下栄次,畠山唯達.

議題1 考古地磁気学と考古岩石磁気学:情報処理センター,畠山唯達先生

○第92回ジオセミナー@関 議事録

日時:2019年7月23日(火),13時から17時30分

参加者:北岡豪一,西村敬一,山下栄次.,

議題1 「第20回科学であそぼう」に参加して:西村研究員.

議題2 岡山理科大学」での語り・松川隆氏報告,山下研究員,

議題3 岡山県太陽光発電設置の安全な導入を促進する条例について:西村研究員.

議題4 地方自治法,機関委任事務,法定受託事務について:山下研究員.

議題5 2019年7月13日に発生した奄美渡島北西沖地震について:西村研究員.

○第93回ジオセミナー@関 議事録

場所:岡山理科大学フロンティア理工学研究所関別館,講義室

日時:2019年7月30日(火),13時から17時30分

参加者:北岡豪一,西村敬一,山下栄次.

議題1 「進む「学会離れ」「ものづくり」からサービスへ 時代の変化に対応できず。」について:西村敬一研究員.

議題1 江西小学校区の災害危険度と防災・減災対応:西村敬一研究員.

議題2 水質汚濁について:山下栄次研究員,

付録1:フロンティア理工学研究所看板



図 旧技術科学研究所研究棟がフロンティア理工学研究所となった.

付録2：進む「学会離れ」の図1～2.



図1 学会の主な役割と意義

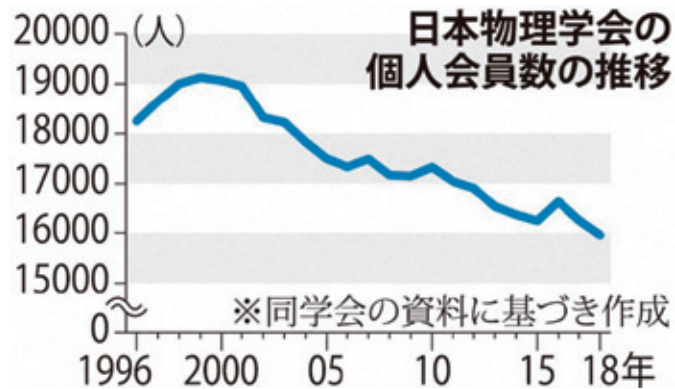


図2 日本物理学会の個人会員数の推移

○第94回ジオセミナー@関 議事録（修正版）

日時：2019年9月17日（火），13時から17時30分

参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次，岩井良輔，富谷卓矢.

議題1 夏休み中のメール配信による，ジオセミナー@関の活動報告：参加者

議題2 岡山県全域の地盤構造の推定：西村敬一研究員.

議題3 応用物理学科での自主物理勉強会：応用物理学科3年生富谷卓矢学生

付録写真：別館前庭



写真1 9/17の前庭の様子



写真2 前庭の資材「太陽電池モジュール」

○第95回ジオセミナー@関 議事録

日時：2019年10月1日（火），13時から17時30分

参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次.

議題1 地下水を「見える化」：山下栄次研究員

議題2 地域の防災について：西村敬一研究員.

議題3 応用物理学科での自主物理勉強会：応用物理学科3年生富谷卓矢学生

○第96回ジオセミナー@関 議事録

日時：2019年10月15日（火），13時から17時30分

参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次.

議題1 水害を考える：山下栄次研究員

議題2 大川小訴訟 市と県の上訴棄却，その他1件：西村敬一研究員

議題3 岡山理科大学，防火・防災・避難訓練マニュアルー2019版ー：北岡豪一研究員

○第97回ジオセミナー@関 議事録

日時：2019年10月29日（火）、13時から17時30分

参加者：北岡豪一、西村敬一、山下栄次、富谷卓矢。

議題1 2019年10月18日の岡山理科大学、防火・防災・避難訓練：北岡豪一研究員

議題2 なぜ日本の堤防はかくも簡単に決壊するのか？：西村敬一研究員

議題3 なぜ日本の堤防はかくも簡単に決壊するのか？ Part 2：北岡豪一研究員

○第98回ジオセミナー@関 議事録

日時：2019年11月19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、富谷卓矢。

議題1 「ダムが国を滅ぼす」を読む：西村敬一研究員

議題2 「砂川の流れ」の動画放映（約20分間）：西村敬一研究員

議題3 蜂の巣城紛争：北岡豪一研究員

議題4 洪水新マップ公表33%：山下栄次研究員

付録 高島正之氏企画映画講演会 西村敬一氏 理学博士 防災講演会 広告

日時 11月30日（土曜日）10時30分から15時 休憩あり

会場 岡山市立中央図書館2階 視聴覚ホール

主催 岡山市立視聴覚ライブラリー

共催 岡山市立岡輝公民館

問い合わせ先 岡山市立視聴覚ライブラリー 電話086-223-0097（www.city.okayama.jp）> ... >

○第99回ジオセミナー@関 議事録

日時：2019年11月19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、富谷卓矢。

議題1 「台風21号の高潮を船上から撮影」を映す：西村敬一研究員

議題2 続・「ダムが国を滅ぼす」を読む：西村敬一研究員

○第100回ジオセミナー@関 議事録

日時：2019年12月3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 2019/11/26瀬戸内海中部の地震について：西村敬一研究員

議題2 映像と講演と防災講演について：西村敬一研究員

付録1 山陽新聞 2019/12/1



山陽新聞 2019/12/1 巨大地震に備えを 岡山理科大学客員研究員 西村氏が講演

付録2 第100回ジオセミナー@関を記念写真



第100回ジオセミナー@関を記念して撮影 於：関別館 祝・G3・100回
(G3は、ジオセミナー@関設立者3名と爺3名の事です)

○第101回ジオセミナー@関 議事録

日時：2019年12月10日（火），13時00分から16時00分

参加者：北岡豪一，西村敬一，山下栄次.

議題1 日本人口の超長期推移：山下栄次研究員

議題2 地球温暖化の影響：北岡豪一研究員

付録写真



写真左：別館東壁に9基のPanasonic，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VBPC255C2が設置されていた。取説のp.4を見ると，電力会社とので売電・買電を行うことができるようですので，別館の電力を賄い，余った分を売ろうとするもののようです。

写真右：中型パワーコンディショナVBPC255C2の外観，本議事録メール配信資料2) 参照。



写真左：別館東壁の9基のVBPC255C2から別館前庭南まで，黒色ビニール管で塀沿いに，Boxに接続してある。

写真右：別館前庭南塀沿いBox付きの柱を建て，外部の電柱と接続できる構造。

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

専任研究員

- 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.
- Sawada, T. and **Akashi, H.** (2018) "Synthesis and Crystal Structure of Bis-tetra hydrofuranate- {(5,10,15,20-(tetrakis(pentafluorophenyl)porphyrinato)magnesium(II))} " *X-ray Structure Analysis Online*, 34(3), 9.
- Moriwaki, K., Sawada, T., Akiyama, M., Ikeda, A., Kikuchi, J., Matsumura, T., Yano, S., Kataoka, H., Inoue, M. and **Akashi*, H.** (2018). "Synthesis and Photophysical Properties of S-Mannosylated Chlorins and Its Effect on Photocytotoxicity in HeLa Cells" *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 91, 230-236
- 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，(共著)：高分子材料のトライボロジー制御 ―摩擦・摩耗メカニズム／材料設計／測定・評価法／開発・採用例―，第6章摩擦，摩耗特性の制御，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（14ページ），2020年 印刷中
- Kairi MURAMATSU, Takehiko SATO, Tomoki NAKAJIMA, Toshikatsu NAGASAWA, **Tatsuyuki NAKATANI** and Shigeru FUJIMURA, Sterilization in liquids by air plasma under intermittent discharge, *International journal of the Japan Society of Mechanical Engineers (JSME)*, (2019). (accepted)
- 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).
- ムハンマド アミヌル ヘルミ，國次真輔，清水一郎，岡野忠之，黒岩雅英，中谷達行，振動摩擦摩耗試験（SRV）によるta-C:H膜低摩擦現象に及ぼす摺動速度の依存性，岡山理科大学技術科学研究所年報，37，pp. 1-7（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).
- Takehiko Sato, Hideto Kamiyama, Tomoki Nakajima, Toshikatsu Nagasawa, Shigeru Fujimura, and **Tatsuyuki Nakatani**, Development of plasma sterilization device for contact lens, Journal of The Institute of Electrostatics Japan, Vol.42 (1), pp. 27-33, (2018).
- Susumu Takabayashia, Keishi Okamoto, **Tatsuyuki Nakatani**, Influence of post-annealing on a diamondlike carbon film analyzed by Raman spectroscopy, Surface and Interface Analysis, 50 pp. 441-447, (2018).
- Tatsuyuki Nakatani**, Yuichi Imai, Yasuhiro Fujii, Takashi Goyama, and Susumu Ozawa, Novel DLC Coating Technique on an Inner-wall of Extended Polytetrafluoroethylene Vascular Grafts Using Methane Plasma Produced by AC HV Discharge, Journal of Photopolymer Science and Technology, vol.31 (3), pp. 373-377, (2018).
- 福江紘幸, 中谷達行, 岡野忠之, 黒岩雅英, 大電力パルススパッタリング法を用いたDLC成膜におけるパルス放電条件の最適化, 岡山理科大学技術科学研究所年報, 36, pp. 1-9 (2018).
- 才崎菜都美, 三村純代, 中谷達行, 岡本圭司, 國次真輔, 熊谷宏, 田地豪, 二川浩樹, 水素量低減DLCコーティングチタンの骨芽細胞および破骨細胞分化制御に関する研究, 広島大学歯学雑誌, 50, pp.35-36 (2018).
- 市来龍大, 中谷達行, 金澤誠司, 大気圧プラズマ窒化処理への真空パージ法の導入, 岡山理科大学紀要 A, 自然科学 第53号, pp. 69-73, (2018).
- 中谷達行, 特集 1 医療分野におけるコーティング技術, DLCコーティング技術の医療分野への応用, 溶射技術, Vol. 37 (3), pp.32-36, (2018).
- Itaya, T., **Hyodo, H.**, **Imayama, T.** and Groppo, C. (2018) Laser step-heating $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ analyses of biotites from meta-granites in the UHP Brossasco-Isasca Unit of Dora-Maira Massif, Italy. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 113, 171-180.
- Imayama, T.**, Uehara, S., Sakai, H., Yagi, K., Ikawa, C., and Yi, K (in press). 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*.
- 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.
- Imayama, T.** (2018) The origin of the Oki metamorphic belt inferred from Nd-Sr isotopes: Investigation for the basement in Japan. *The Sanyo Broadcasting Foundation Report*.
- 今山武志 (2018) 石英地質温度計の高温変成岩への適用へ向けて, ウエスコ学術振興財団 平成29年度研究助成 研究成果報告書, p. 74-75.
- Imayama, T.**, and Hoshino, R. (2018) Inverted metamorphism in the Ilam Nappe, far-eastern Nepal. *Bull. Res. Inst. Nat. Sci., Okayama Univ. of Sci.*, v. 44, p. 15-18.
- Sawada, Y., Nakao, F., **Imayama, T.**, and Benino, Y. (2018) *Bull. Res. Inst. Nat. Sci., Okayama Univ. of Sci.*, v. 44, p. 51-54.
- 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).

- 岩井良輔, 大梅有香, 小松大貴, 高木睦, 温度応答性両イオン性高分子を用いたマイクロキャリア表面での温度制御による酵素フリー細胞着脱の基礎的研究, 岡山理科大学技術科学研究所年報, 37, pp. 8-13 (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ーの開発: 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).
- Nakayama Y, Furukoshi M, Terazawa T, **Iwai R**, Development of long in vivo tissue-engineered “Biotube” vascular grafts., *Biomaterials*, 185:232-239 (2018).
- Takewa Y, Sumikura H, Kishimoto S, Naito N, Iizuka K, Akiyama D, **Iwai R**, Tatsumi E, Nakayama Y.: Implanted In-Body Tissue-Engineered Heart Valve Can Adapt the Histological Structure to the Environment., *ASAIO J.*, 64(3):395-405 (2018).
- Ishii D, Enmi J, **Iwai R**, Kurisu K, Tatsumi E, Nakayama Y.: One-year Rat Study of iBTA-induced “Microbiotube” Microvascular Grafts With an Ultra-Small Diameter of 0.6 mm., *Eur J Vasc Endovasc Surg.*, 55(6):882-887 (2018).
- 岩井良輔, 心筋再生医療のための自己組織化による生きた細胞立体構造物“セルカプセル”の開発と心筋への応用, 岡山理科大学技術科学研究所年報, 36, pp. 10-14 (2018).

客員研究員

- 北岡豪一, 西村敬一, 山下栄次, 2016年熊本地震が岡山の井戸水位の地球潮汐に与えた影響に関する考察, 岡山理科大学技術科学研究所年報第36号, pp.37-48 (2018).
- 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, 地震と常時微動のH/Vスペクトル比から推定した地盤のS波速度構造—岡山平野児島湾西方の干拓地の場合—, 岡山理科大学技術科学研究所年報, 第36号, pp.49-62 (2018).
- 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 (PCO₂) と海水中二酸化炭素 (pCO₂) 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, 西部太平洋 (東経140度線) におけるpCO₂の鉛直分布—「みらい」MR00-K04・MR01-K06-Leg.3・MR02-K05-Leg.3 航海—. 岡山理科大学技術科学研究所年報, No.36, p.15-36, 2018.

兼務研究員

- 青木翔吾 and 青木一勝 (2019) 年代標準試料を用いたLA-ICP-MSジルコンU-Pb年代測定, *Naturalistae*, 23–29
- Aoki, S., **Aoki, K.**, Tsuchiya, Y. and Kato, D. (2019) Constraint on the eclogite age of the Sanbagawa metamorphic rocks in central Shikoku, Japan. *International Geology Review*, DOI: 10.1080/00206814.2019.1581997.
- Aoki, K.**, Seo, Y., Sakata, S., Obayashi, H., Tsuchiya, Y., **Imayama, T.**, Yamamoto, S., and Hirata, T. (2019). U–Pb zircon dating of Sanbagawa metamorphic rocks in the Besshi–Asemi-gawa region, central Shikoku, Japan, and tectono-stratigraphic consequences. *Journal of Geological Society of Japan*, 125, 183-194.
- Aoki, S., **Aoki, K.**, **Chiba, K.**, Sakata, S., Tsuchiya, Y., and Kato, D. 2019. Origin of the Tonaru body in the Sanbagawa metamorphic belt, SW Japan. *Island Arc*, e12332.
- Kato D, **Aoki K.**, Komiya T., Yamamoto S, Sawaki Y., Asanuma H., Sato T., Tsuchiya Y., Shozugawa K., Matsuo M., and Windley B. F. (2018). Constraints on the P–T conditions of high-pressure metamorphic rocks from the Inyoni shear zone in the mid-Archean Barberton Greenstone Belt, South Africa. *Precambrian Research.*, 315, 1-18.
- 石垣忍 (2019) 恐竜博2019, p.87-89, Chapter3 最新研究から見てきた恐竜の一生, エッセイ モンゴルの巨大な恐竜足跡化石.
- 石垣忍, 高津翔平, 真加部智大, 田部智大, 上杉雄大, 西村龍太郎, 河島歩憂, 小平将大, 山本和雅, 能美洋介 (印刷中) 足跡化石記録手法の発展と3-D技術, 化石研究会会誌, 第52巻2号.
- Matsumoto, R., Tsogtbaatar, Kh, **Ishigaki, S.**, Tsogtbaatar, C., Enkhtaivan, Z., and Evans, S. E. (2019) Revealing body proportions of the enigmatic choristodere Khurendukhosaurus from Mongolia, *Acta Palaeontologica Polonica*, 64 (2),

- 363–377, doi: 10.4202/app.00561.2018.
- Lallensack, J. **Ishigaki, S.**, Lagnaoui, A., Buchwitz, M., and Wings, O. (2019) Forelimb orientation and locomotion of sauropod dinosaurs: insights from the Middle Jurassic Tafaytour Tracksite (Argana Basin, Morocco), *Journal of Vertebrate Paleontology*, 38, e1512501.
- Ishigaki, S.**, Tsogtbaatar, Kh., Toyoda, S., Mainbayar, B., Noumi, Y., **Takahashi, A.**, Buyantegsh, B., Byambaa, P., Zorig, E., Bayardorj, C., Ochirjantsan, E., Saneyoshi, M., **Hayashi, S.**, and **Chiba, K.** (2018) Report of the Okayama University of Science - Mongolian Institute of Paleontology and Geology Joint Expedition in 2018. *Bulletin of Research Institute of Natural Sciences of Okayama University of Science*, 44, 1-14.
- 石垣忍・林昭次・土屋健 (2018監修) 楽しい日本の恐竜案内. 平凡社.
- Ishigaki, S.**, Tsogtbaatar, Kh., Nishido, H., Toyoda, S., Mainbayar, B., Chinzorig, T., Noumi, Y., Takahashi, A., Ulzitseren, S., Zorig, E., Buyantegsh, B., Purevsuren, B., Enerel, G., Bayardorj, C., Ochirjanstsan, E., Saneyoshi, M., Aoki, K., and Hayashi S. (2017) Report of the Okayama University of Science – Mongolian Institute of Paleontology and Geology Joint Expedition in 2017. *The Bulletin of Research Institute of Natural Sciences, Okayama University of Science*, No.43, 25-39.
- Saneyoshi, M.**, Tsogtbaatar, Kh., Barsbold, R., Chinzorig, Ts, Mainbayar, B., Nishido, H., and **Ishigaki, S.** (in press) Dinosaur habitats from Upper Cretaceous eolian deposits in the Gobi desert, Mongolia. *Journal of Mongolian Paleontology*.
- Saneyoshi, M.**, Asai, H., Mainbayar, B., Tanabe, T., Ishigaki, S., and Tsogtbaatar, Kh (in press) Reconstruction of sedimentary environments in the Djadokhta Formation, Udyn Sayr, Gobi desert, Mongolia. *Journal of Mongolian Paleontology*.
- 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.
- Ichiro Shimizu**, Akira Wada and Makoto Sasaki, A Study on Designing Balloon Expandable Magnesium Alloy Stent for Optimization of Mechanical Characteristics, *Proceedings*, Vol. 2(8), 523; 7 pages. (2018).
- Ichiro Shimizu**, Biaxial Compressive Behavior and Tension-Compression Asymmetry on Plastic Deformation of Cast and Extruded AZ31 Magnesium Alloys, *Advanced Experimental Mechanics*, Vol. 3, pp. 141-146 (2018).
- 小松原 聡, 福田健一, 江木俊雄, 中島 剛, 清水一郎, 応力解析を活用した平板瓦の高強度化の検討島根県産業技術センター研究報告, Vol. 54 (2018), pp. 19~22.
- Takahashi A.**, Kusaka, A., and Kamezaki N. (2019) Skeletal remains of *Mauremys reevesii* (Testudines: Geoemydidae) from a Late medieval archeological site in Fukuyama City, Hiroshima Prefecture, western Japan. *Current Herpetology*, 38, 160-168.
- 池田忠広・高橋亮雄・真鍋真・長谷川善和 (2019) 沖縄島の更新世港川人遺跡から産出したヘビ類椎骨化石. 群馬県立自然史博物館研究報告, (23) : 21-34.
- Takahashi A.**, Hirayama R., and Otsuka H. (2018) Systematic revision of *Manouria oyamai* (Testudines, Testudinidae), based on new material from the Upper Pleistocene of Okinawajima Island, the Ryukyu Archipelago, Japan, and its paleogeographic implications. *Journal of Vertebrate Paleontology*, e1427594, 1-11.
- 高橋亮雄・池田忠広・真鍋真・長谷川善和 (2018) 沖縄島の更新世港川人遺跡から発見された淡水生および陸生カメ類化石. 群馬県立自然史博物館研究報告, (22) : 51-58.
- 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.
- 恐竜の教科書 ～最新研究で読み解く進化の謎. ダレン・ナイシュ, ポール・バレット 著. 小林 快次, 久保田 克博, 千葉 謙太郎, 田中 康平 監訳. 吉田三知世 訳. 2019. 創元社.
- 土屋健著, 黒丸絵, 松郷庵 甚五郎 二代目料理監修, 古生物食堂研究者チーム生物監修. 2019. 古生物食堂.

技術評論社.

- 京極恒友・豊田 新・藤原泰誠・西戸裕嗣 (2018) 重晶石に含まれるストロンチウム濃度が与えるk値への影響, ESR応用計測, 34, 4-7.
- 京極恒友・豊田 新・藤原泰誠・西戸裕嗣 (2018) 鉱物に記録された放射線誘起欠陥の定量評価－He⁺イオン照射実験による重晶石中のストロンチウム濃度が与えるk値への影響評価－, 平成29年度原子力機構共同研究成果報告書, 17013, 1-4.
- 猶原 順, チャオ 小葉, 中国, ミャンマーと日本の飲用水中元素濃度, 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.
- 猶原 順, 山下優人, ICP-MSによる中国産日本産茶の元素分析, 岡山理科大学紀要 (53A, 111-115) 2018.
- 猶原 順, 常 永臻, ICP-MSによる中国及び日本産タバコの葉中の元素分析, 岡山理科大学技術科学研究所年報 (36, 76-83) 2018.
- 小林祥一, 水口まりや, 一安采子, 北岡豪一, 猶原 順, 火山ガラス－酸性泉系相互作用に関する実験的研究, 温泉科学 (68, 84-98) 2018.
- 猶原 順 (分担執筆), 臭いの測定法と消臭・脱臭技術事例集, 技術情報協会, p.130-135, 2018.
- 猶原 順 (分担執筆), 猶原 順, 日本の環境研究室, 公益社団法人環境科学会, 2018.
- 蜂谷和明, 青木宏之: “摩擦係数の変動検出による潤滑油分子の金属板表面への吸着速度の測定”, 岡山理科大学技術科学研究所年報, Vol. 37, pp. 45-49, 2019.
- 蜂谷和明, 青木宏之: 水に添加した粘着性物質ポリ－N－ビニルアセトアミドおよびアラビアガムの超音波音速, 密度, 粘度および圧縮率の関係, 岡山理科大学技術科学研究所年報, Vol.36, pp.71-77, 2018.
- 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 Americana., 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 Potential 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 Inhibitory Effects of Curcuminoids on NF- κ B 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 Okayama, Manami Inoue, **Hiroki Hamada**, Daisuke Uesugi, Noriyoshi Masuoka, Nobuyoshi Nakajima, Microbial Production of Chiral Hydroxy Esters and 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 Resveratrols by *Phytolacca americana* glucosyltransferase expressed in *Escherichia coli*., *Natural Product Communications*, 14(7), 1-2 (2019).
- Keiki Ogino, Kenjiro Nagaoka, Tatsuo Ito, Kei Takemoto, Tomoaki Okuda, Shoji Nakayama, Noriyoshi Ogino, Yuka Seki, **Hiroki Hamada**, Shogo Takashiba and Yoshihisa Fujikura, Involvement of PM2.5-bound protein and metals in PM2.5-induced allergic airway inflammation in mice., *Inhalation Toxicology*, 30(13-14), 498-508 (2018).
- Apriliana Cahya Khayrani, Hafizah Mahmud, Aung Ko Ko Oo, Maram H. Zahra, Miharu Oza, Juan Du, Md Jahangir Alam, Said M. Afify, Hager A. Abu Quora, Tsukasa Shigehiro, Anna Sanchez Calle, Nobuhiro Okada, Akimasa Seno, Koki Fujita, **Hiroki Hamada**, Yuhki Seno, Tadakatsu Mandai, Masaharu Seno, Targeting Ovarian Cancer Cells Overexpressing CD44 with Immunoliposomes Encapsulating Glycosylated Paclitaxel., *International Journal of Molecular Sciences*, 19, 1042-1060 (2018).
- Yuya Fujitaka, Daisuke Uesugi, Hatsuyuki Hamada, **Hiroki Hamada**, Kei Shimoda, Masayoshi Yanagi, Manami Inoue, Application of Racemization Process to Dynamic Resolution of (RS)-Phenylephrine to (R)-Phenylephrine β -D-Glucoside by *Nicotiana tabacum* Glucosyltransferase., *Natural Product Communications*, 13(11)1465-1466 (2018).
- Jeongmin Park, Yingqing Chan, Min Zheng, Jinhyun Ryu, Gyeong Jae Cho, Young-Joon Surh, Daisuke Sato, **Hiroki Hamada**, Stefan W. Ryter, U.-H. Kim, Yeonsoo Joe and Hun Taeg Chung, Pterostilbene 4'- β -glucoside Attenuates LPS-induced Acute Lung Injury via Induction of Heme Oxygenase-1., *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* in 2747018 16 (2018).
- Hiroki Hamada**, Shouta Okada, Noriyoshi Masuoka, Yuya Fujitaka, Kei Shimoda, Shouta Doi and Katsuhiko Mikuni, Synthesis of Ester-linked Taxol-oligosaccharide Conjugate and Its Drug Delivery System Using Bio-nanocapsules and Hybrid-bio-nanocapsules., *Natural Product Communications*, 13(8)933-934 (2018).
- Hiroki Hamada**, Shouta Okada, Noriyoshi Masuoka, Hatsuyuki Hamada, Kei Shimoda and Katsuhiko Mikuni, Synthesis of Ester-linked Taxol-glycoside Conjugate and Its Application to Drug Delivery System Using Immunoliposome Targeted with Trastuzumab and Cetuximab., *Natural Product Communications*, 13(7)807-80 (2018).
- Hiroki Hamada**, Kei Shimoda, Yasukazu Saitoh, Shouta Doi, Yuya Fujitaka, Tsubasa Ono, Hatsuyuki Hamada and Minami Araki, Resveratrol Oligosaccharide Induces mRNA Expression for SIRT., *Natural Product Communications*, 13(4)455-456 (2018).
- Kei Shimoda, Naoji Kubota, **Hiroki Hamada**, Shouta Doi, Kohji Ishihara, Hatsuyuki Hamada, Yuya Fujitaka, Tsubasa Ono and Minami Araki, Ferulic Acid, Methyl Ferulate, and ferulic Acid Glucopyranosyl Ester Isolated from Cultured Cells of *Phytolacca Americana*., *Natural Product Communications*, 13(1) 67-68 (2018).
- Zhao, Q., Benton, M., **Hayashi, S.** and Xu, X. (2019). Ontogenetic stages in *Psittacosaurus lujiantunensis* (Dinosauria, Ceratopsia) from bone histology. *Acta Palaeontologica Polonica*, 64:323-334.
- 土屋健 (執筆), 古生物食堂研究者チーム (監修: 林昭次, 千葉健太郎ほか) 古生物食堂. 技術評論社. 2019.
- Sato, T., Hanai, T., **Hayashi, S.** and Nishimura, T. (2018). A Turonian polycotyloid plesiosaur (Reptilia; Sauropterygia) from Obira Town, Hokkaido, and its biostratigraphic and paleoecological significance. *Paleontological Research*, 22 (3): 265-278.
- Iijima, M., Momohara, A., Kobayashi, Y., **Hayashi, S.**, Ikeda, T., Taruno, H., Watanabe, K., Tanimoto, M. and Furui, S. (2018). *Toyotamaphimeia* cf. *machikanensis* (Crocodylia, Tomistominae) from the Middle Pleistocene of Osaka, Japan, and crocodylian survivorship through the Pliocene-Pleistocene climatic oscillations. *Palaeogeography Palaeoclimatology*

matology Palaeoecology, 496: 346-360.

Evans, D., **Hayashi, S.**, **Chiba, K.**, Watabe, M. Ryan, J. M., Lee, Y., Currie, J. P., Tsogtbaatar, K. and Barsbold, R. (2018). Morphology and osteohistology of new specimens of Pachycephalosauridae (Dinosauria: Ornithischia) from the Nemegt Formation, Mongolia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology*, 494: 121-134.

原巧輔・金澤芳廣・林昭次・佐藤たまき (2018)「香川県さぬき市に分布する和泉層群引田累層 (カンパニアン) から産出した爬虫類・板鰐類化石」. 大阪市立自然史博物館紀要, 72 : 61-79.

Yoichiro Yagi, Takatomo Kimura, Makoto Kamezawa, Yoshinobu Naoshima, "Biomolecular Chemical Simulations toward Elucidation of the Enantioselectivity and Reactivity of Lipases in Organic Synthesis", CBI Journal, 18, 21-31 (2018).

矢城陽一郎, 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

専任研究員

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 fluorochlorin 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.

Akashi, H. and Yasuhara, S. "Novel niobium(V) complexes of fluoroporphyrin and fluorochlorin derivatives", 43rd International Conference on Coordination Chemistry, S35, Sendai (Japan), July 31st– August 4th, 2018.

Fujii, N., Sawada, T., Murata, M., and **Akashi, H.** "Epoxidation of olefins with titanium complex of fluorochlorin as catalyst", 43rd International Conference on Coordination Chemistry, S35-P20, Sendai (Japan), July 31st– August 4th, 2018.

藤井なり美・安原昌輝・澤田拓也・赤司治夫 "フッ素化クロリン誘導体を配位子とする銀錯体の合成と性質", 錯体化学会第68回討論会, 1PA-040, 仙台国際センター (宮城県), 2018年7月28日–7月30日.

Yuichi Imai, 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.

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 Bio-compatible 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 Conference 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, Hydrophilic Functional 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回プラズマプロセッシング研究会/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回プラズマプロセッシング研究会/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 アミスル 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回プラズマプロセッシング研究会/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) 技術を用い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用い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 アミスル 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-like 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, 米澤健, 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
- Hiroyuki Fukue, **Tatsuyuki Nakatani**, Tadayuki Okano and Masahide Kuroiwa, Micro-arcng rate of DLC films using bipolar HiPIMS method, 10th Anniversary International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials 11th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2018/IC-PLANTS2018), 05P06, March 4-8, Nagoya, Japan, (2018).
- Yuichi Imai, Kazuhiro Kanda, Yoko Katoh, Teppei Horikawawa, **Tatsuyuki Nakatani**, Clinical application of DLC thin film to denture by inverter power supply type plasma CVD method, 10th Anniversary International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials 11th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2018/IC-PLANTS2018), 05P17, March 4-8, Nagoya, Japan, (2018).
- Hiroki Oota, Kiyomi Takahashi, Jun-Seok Oh, Kazunori Koga, **Tatsuyuki Nakatani**, Masafumi Ito, Masaharu Shiratani, and Ken Yonezawa, Pressure Gradient Sputtering to Achieve High Deposition Rate for Metal Thin Film, 10th Anniver-

- sary International Symposium on Advanced Plasma Science and its Applications for Nitrides and Nanomaterials 11th International Conference on Plasma-Nano Technology & Science (ISPlasma2018/IC-PLANTS2018), 05P87, March 4-8, Nagoya, Japan, (2018).
- 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 process of fine bubbles by plasma in water, 53rd International symposium on Application of High-voltage, Plasma & Micro/Nano Bubble (Fine Bubble) to Agriculture and Aquaculture (3rd ISHPMNB), Invited lecture 5, 9th – 12th May, Iwate University, Japan, (2018).
- Tatsuyuki Nakatani**, Yuichi Imai, Yasuhiro Fujii, Takashi Goyama, and Susumu Ozawa, Novel DLC Coating Technique on an Inner-wall of Extended Polytetrafluoroethylene Vascular Grafts Using Methane Plasma Produced by AC HV Discharge, The 35th International Conference of Photopolymer Science and Technology (ICPST-35) / Materials & Processes for Advanced Microlithography, Nanotechnology and Phototechnology, B2-06, June 25-28, 2018, International Conference Hall Makuhari Messe, Chiba, Japan, (2018).
- Hiroki Oota, Kiyomi Takahashi, Jun-Seok Oh, Kazunori Koga, **Tatsuyuki Nakatani**, Masafumi Ito, Masaharu Shiratani, Ken Yonezawa, Investigation of a pressure gradient Ar plasma sputtering for metal thin film deposition, 16th International Conference on Plasma Surface Engineering (PSE 2018), PO4009, September 17 - 21, 2018, in Garmisch-Partenkirchen, Germany, (2018).
- Yasuhiro Fujii, Takashi Goyama, Genya Muraoka, Daiki Ousaka, **Tatsuyuki Nakatani**, Haruhito A. Uchida, Susumu Oozawa, Effects of diamond-like-carbon coating for ePTFE artificial vascular graft as arteriovenous graft, ESVS (The European Society for Vascular Surgery) 32nd Annual Meeting 2018, P-052, 25-28 September 2018, Valencia, Spain (2018) **【Best ePoster Award】**
- Kazunori Koga, S.H. Hwang, K. Kamataki, N. Itagaki, **T. Nakatani**, Synthesis of Hydrogenated Amorphous Carbon Nanoparticles using High-Pressure CH₄+Ar Plasmas and Their Deposition, AVS 65th International Symposium and Exhibition (AVS 65), Plasma Science and Technology Division, PS+EM+NS+SS-TuA8, October 21, CA, (2018).
- Hiroyuki Fukue, Tadayuki Okano, Masahide Kuroiwa, **Tatsuyuki Nakatani**, Discharge Characteristics of DLC Films using HF-HiPIMS Method, 14th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures (ACSIN-14) / 26th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy (ICSPM26), 22P129, Abstract p.90, October 21 - 25, 2018, Sendai International Center, Sendai, Japan, (2018).
- Muhammad Aminurul Helmy, Shinsuke Kunitsugu, Teruo Hashimoto, Koji Hirai, **Ichiro Shimizu**, **Tatsuyuki Nakatani**, Development in Tribological Characteristics of ta-C:H film: Dependence on the Presence of Nitrogen and Oxygen gases, 14th International Conference on Atomically Controlled Surfaces, Interfaces and Nanostructures (ACSIN-14) / 26th International Colloquium on Scanning Probe Microscopy (ICSPM26), 22P131, Abstract p.91, October 21 - 25, 2018, Sendai International Center, Sendai, Japan, (2018).
- H. Fukue, T. Okano, M. Kuroiwa, S. Kunitsugu and **T. Nakatani**, Development of DLC Deposition Technology using HF-HiPIMS Power Supply System, 28th Annual Meeting of MRS-J, C-3:Frontier of Nano-Materials Based on Advanced Plasma Technologies, C3-P18-016, December 18-20, Kitakyushu, Japan (2018).
- M. A. Helmy, S. Kunitsugu, T. Okano, M. Kuroiwa and **T. Nakatani**, Influence of Gas Presence under Frequency Change on the Friction Abrasion Characteristics of ta-C:H Film Deposited by Cathodic Vacuum Arc Deposition Method, 28th Annual Meeting of MRS-J, C-3:Frontier of Nano-Materials Based on Advanced Plasma Technologies, C3-P18-015, December 18-20, Kitakyushu, Japan (2018).
- J-S. Oh, O. Oota, K. TakahashiK, K. Koga, **T. Nakatani**, M. Ito, M. Shiratani, T. Shirafuji, and K. Yonezawa, Spectroscopic Investigation of Pressure Gradient Sputtering System, 28th Annual Meeting of MRS-J, C-3:Frontier of Nano-Materials Based on Advanced Plasma Technologies, C3-P18-017, December 18-20, Kitakyushu, Japan (2018).
- T. Sato, R. Kumagai, T. Miyahara, M. Oizumi, **T. Nakatani**, S. Ochiai, T. Miyazaki, H. Fujita, S. Kanazawa, K. Ohtani, A. Komiya, T. Kaneko, T. Nakajima, M. Tinguely and M. Farhat, Generation of Fine Bubbles by Plasma for Life Science Applications, 28th Annual Meeting of MRS-J, C-3:Frontier of Nano-Materials Based on Advanced Plasma Technologies, C2-I19-008, December 18-20, Kitakyushu, Japan (2018).
- 中谷達行, プラズマプロセスによる医療用DLC膜の開発, ミクロものづくり大学「平成29年度第2回PVDコー

- ティング技術講習会～プラズマプロセス制御によるDLC膜の新展開～, 岡山県工業技術センター, 講演テキストpp.1-4, 2018年2月8日, 招待講演
- 泉谷健一郎, 中谷達行, 藤井泰宏, 大澤晋, 今井裕一, 交流高電圧バーストプラズマCVD法を用いたePTFE製人工血管内壁へのDLC膜の成膜法の開発, 日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部第40回若手フォーラム, 講演番号2nd.Session No.7, 岡山, 2018年2月17日
- 福江紘幸, 中谷達行, 岡野忠之, 黒岩雅英, HiPIMS法を用いた医療用金属へのDLC表面改質法の開発, 日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部第40回若手フォーラム, 講演番号2nd.Session No.6, 岡山, 2018年2月17日
- 原聡史, 中谷達行, 清水一郎, 和田晃, DLC被覆AZ31マグネシウム合金の生理食塩水中における酸化還元反応挙動, 日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部第40回若手フォーラム, 講演番号1st.Session No.7, 岡山, 2018年2月17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, 平井広治, 橋本輝夫, 医療用機器向けのta-C:H膜を被覆した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40回若手フォーラム, 講演番号1st.Session No.6, 岡山, 2018年2月17日
- 北川陽菜, 清水一郎, 和田晃, 中谷達行, バルーン拡張型ステント留置時におけるステント形状が血管壁に及ぼす影響, 日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部第40回若手フォーラム, 講演番号3rd.Session No.5, 岡山, 2018年2月17日
- 中谷達行, 先端医療機器の生体適合化コーティング技術の開発, 第23回OUS技術セミナー「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－, 講演要旨集pp.6-9, 岡山理科大学, 2018年2月23日
- 原聡史, 中谷達行, 清水一郎, 和田晃, 延藤裕之, DLCコーティング生体吸収性ステントの開発, 第23回OUS技術セミナー「サステナブルライフのための技術」, 講演要旨集p.38, 岡山理科大学, 2018年2月23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, 平井広治, 橋本輝夫, 超低摩擦な医療用DLC膜の開発, 第23回OUS技術セミナー「サステナブルライフのための技術」, 講演要旨集p.39, 岡山理科大学, 2018年2月23日
- 福江紘幸, 中谷達行, 岡野忠之, 黒岩雅英, HiPIMS法を用いたインプラント用DLC成膜技術の開発, 第23回OUS技術セミナー「サステナブルライフのための技術」, 講演要旨集p.40, 岡山理科大学, 2018年2月23日
- 泉谷健一郎, 中谷達行, 藤井泰宏, 大澤晋, DLCコーティング人工血管の開発, 第23回OUS技術セミナー「サステナブルライフのための技術」, 講演要旨集p.41, 岡山理科大学, 2018年2月23日
- 中谷達行, 医療用チューブ内面へのDLCコーティング技術の開発, 第22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.10, テクノサポート岡山, 2018年2月28日
- 原聡史, 中谷達行, 清水一郎, 和田晃, 延藤裕之, サイクリックボルタンメトリー法を用いたDLC被覆AZ31マグネシウム合金の生理食塩水中における腐食挙動の調査, 日本機械学会中国四国支部第56期総会・講演会, 徳島大学, 徳島, 講演番号105, 2018年3月7日
- ムハンマド アミヌル ヘルミ, 國次真輔, 中谷達行, 平井広治, 橋本輝夫, CVA法で成膜したta-C:H膜の各種N₂/O₂混合ガス比流通下におけるトライボロジー特性, 日本機械学会中国四国支部第56期総会・講演会, 徳島大学, 徳島, 講演番号512, 2018年3月7日
- 北川陽菜, 清水一郎, 和田晃, 中谷達行, 有限要素法解析によるステント留置に伴う冠動脈内部変形状態の検討, 日本機械学会中国四国支部第56期総会・講演会, 徳島大学, 徳島, 講演番号104, 2018年3月7日
- 福江紘幸, 中谷達行, 岡野忠之, 黒岩雅英, 反応性HiPIMS法を用いたDLC成膜における基板電流密度に及ぼすバイアス電圧の影響, 表面技術協会第137回講演大会, 芝浦工業大学豊洲キャンパス, P-02, p.3-4, 2018年3月13日
- 國次真輔, ムハンマド アミヌル ヘルミ, 中谷達行, 清水一郎, DLC膜の超低摩擦現象発現に及ぼす雰囲気の影響, 表面技術協会第137回講演大会, 芝浦工業大学豊洲キャンパス, 講演番号13B-23, p.197, 2018年3月13日

- 中谷達行, 医療分野におけるDLCコーティングの先端技術, 2018国際ウエルディングショー・コーティングフォーラム (FCMP2018), 東京ビッグサイト, pp.7-10, 2018年4月27日, 招待講演
- 及川港基, 佐藤岳彦, 中嶋智樹, 長沢敏勝, 藤村茂, 中谷達行, 酸素プラズマ中の微量窒素酸化物による芽胞菌の不活化作用, No.18-10 第28回環境工学総合シンポジウム2018, 早稲田大学西早稲田キャンパス, 講演番号324, 2018年7月11日-12日.
- 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, ta-C:H 膜のトライボロジー特性にストロークおよび周波数が及ぼす影響, 日本実験力学会2018年度年次講演会, 講演論文集No.18 p.187-188, 山梨大学, 2018年8月27日~29日
- 北川陽菜, 清水一郎, 和田晃, 中谷達行, ステンツ留置時の冠動脈変形に及ぼすストラット断面形状の影響に関する解析的検討, 日本実験力学会2018年度年次講演会, 講演論文集No.18 p.97-98, 山梨大学, 2018年8月27日-29日
- 中谷達行, 藤井泰宏, 大澤晋, 詰まりにくい細い人工血管を実現するチューブ内壁へのプラズマコーティング技術, 科学技術振興機構イノベーション・ジャパン2018大学見本市, W-36, 東京ビッグサイト, 2018年8月30日-31日
- 福江紘幸, 中谷達行, 岡野忠之, 黒岩雅英, 反応性HiPIMS法を用いたDLC成膜におけるCH₄添加によるアーキング低減効果, 電気学会平成30年基礎・材料・共通部門大会, 講演番号4-P-15, pp.233, イーグレひめじ (兵庫県), 2018年9月4-5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, 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DLC被覆樹脂の機械的特性評価, 表面技術協会第138回講演大会, 北海道科学大学, 講演番号13B-04, p.28-29, 2018年9月13日-14日
- 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成膜における基板電流密度に及ぼす負バイアス電圧とTS間距離の影響, 表面技術協会第138回講演大会, 北海道科学大学, 講演番号14C-22, p.100, 2018年9月13日-14日
- 國次真輔, 中西亮太, 中谷達行, ICPプラズマ支援パルスツタリング法によるCDLC膜の形成, 表面技術協会第138回講演大会, 北海道科学大学, 講演番号13B-01, p.25, 2018年9月13日-14日
- Muhammad Aminurul Helmy, Shinsuke Kunitsugu, Ichiro Shimizu, **Tatsuyuki Nakatani**, Impact of slide condition factor on friction and wear characteristics of ta-C:H film deposited by CVA method through SRV test, 表面技術協会第138回講演大会, 北海道科学大学, 講演番号13B-05, p.30, 2018年9月13日-14日
- 村松海里, 佐藤岳彦, 中嶋智樹, 長沢敏勝, 藤村茂, 中谷達行, プラズマ滅菌装置における放電電極の性能評価, 日本機械学会2018年度年次大会, 講演番号S0520105, 関西大学, 2018年9月9日-12日
- 中谷達行, DLC薄膜コーティング技術とバイオ医療への産業応用ー人工血管へのDLCの適用ー, 表面技術協会 関東支部 第94回講演会「表面・材料技術の医療・産業応用」, 東京医科歯科大学湯島キャンパス M&Dタワー, 2018年10月10日, 招待講演
- 國竹真司, 今井裕一, 福江紘幸, 大澤晋, 藤井泰宏, 中谷達行, 交流高電圧プラズマCVD法を用いたチューブ内面へのDLC成膜におけるガス温度特性, 平成30年度 (第69回) 電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集 (Web版), 講演番号R18-01-05, 広島市立大学, 2018年10月20日, 【電気学会中国支部奨励賞】
- 福江紘幸, 岡野忠之, 黒岩雅英, 中谷達行, HiPIMS放電を用いたDLC成膜におけるガス温度特性, 平成30年度 (第69回) 電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集 (Web版), 講演番号R18-01-06, 広島市立大学, 2018年10月20日
- 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放電を用いたDLC成膜におけるプラズマの発光分光診断, 平成30年度 (第69回) 電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集 (Web版), 講演番号R18-01-07, 広島市立大学, 2018年10月20日, 【電気学会中国支部奨励賞】
- 黒岩雅英, 岡野忠之, 福江紘幸, 中谷達行, ターゲットの物理的組成が及ぼすHiPIMSの平均電力密度特性, 2018年日本表面真空学会学術講演会講演要旨集, p.188, 神戸国際会議場, 2018年11月19日~21日
- 福江紘幸, 岡野忠之, 黒岩雅英, 中谷達行, HiPIMS法を用いたDLC成膜におけるターゲットの物理的特性が及ぼすアーキング低減効果, 2018年日本表面真空学会学術講演会講演要旨集, p.106, 神戸国際会議場, 2018年11月19日~21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, 陰極真空アークプラズマを用いた医療用の新規ta-C:H膜の摩擦摩耗特性, OUSフォーラム2018アブストラクト集, p.5, 岡山プラザホテル, 2018年11月26日
- 清水一郎, 北川陽菜, 石田貴也, 中谷達行, 日本医療機器技研, ステンツ留置における冠動脈内部変形状態の解析的検討, OUSフォーラム2018アブストラクト集, p.28, 岡山プラザホテル, 2018年11月26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, 反応性バイポーラHiPIMSプラズマによる医療用DLCコーティング技術, OUSフォーラム2018アブストラクト集, p.93, 岡山プラザホテル, 2018年11月26日
- 久保光星, 中谷達行, 清水一郎, 國次真輔, 今井裕一, ムハンマド アミヌル ヘルミ, DLC薄膜による樹脂材料の表面機能化, OUSフォーラム2018アブストラクト集, p.94, 岡山プラザホテル, 2018年11月26日【奨励賞】
- 國竹真司, 中谷達行, 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, 交流高電圧プラズマを用いた人工血管の内壁へのDLCコーティング技術, OUSフォーラム2018アブストラクト集, p.95, 岡山プラザホテル, 2018年11月26日
- 中谷達行,『プラズマ合成機能性カーボン材料技術の基礎と応用』～DLCのバイオ応用の現状と将来展望～, 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 プラズマ材料科学スクール資料, pp.67-75, 名城大学天白キャンパス, 平成30年11月29日(木)招待講演
- 太田裕己, 高橋希世美, 米澤健, 中谷達行, 呉準席, 古閑一憲, 白谷正治, 伊藤昌文, 圧力勾配式スパッタによる透明CNx膜のガス分圧依存性, 第35回 プラズマ・核融合学会年会, 3P44, 大阪大学吹田キャンパス内 コンベンションセンター, 2018.12.3-12.6
- 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, スパッタリングおよびプラズマプロセス技術部会(SP部会)第161回定例研究会・第15回技術交流会, 機械振興会館, 2018年12月10日
- 石田貴也, 清水一郎, 北川陽菜, 和田晃, 中谷達行, ステンツの単軸引張り時における変形挙動の観察, 日本塑性加工学会中国・四国支部 第19回学生研究発表会, 2018年12月14日(金)
- Hyodo, H.** and Zwingmann, H.: Argon diffusion in rocks - classical approach in view of heating and relaxation. 2019JpGU 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.
- Hyodo, H.:** Closure Temperature and Ar Diffusion within Mineral and Surrounding: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ study. 韓国地質鉱物学研究所(KIGAM) 2018年9月.
- 兵藤博信: 拡散過程から見た閉止温度, 日本地質学会第125年学術大会 札幌, 2018年9月. (地震のためキャンセルされたが講演要旨はJ-Stage上に公開).
- Itaya, T., **Hyodo, H.**, **Imayama, T.** and Groppo, C.: Laser step-heating $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ analyses of biotites from meta-granites in the UHP Brossasco-Isasca Unit of Dora-Maira Massif, Italy. 地球惑星科学連合大会, 幕張メッセ, 2018年5月.
- 兵藤博信: 開放温度と形状因子, 2018年地球惑星科学連合大会 幕張, 2018年5月.
- 川端凌市・今山武志・Narayan Bose・Yi Keewook・瀨瀬佑衣: 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 meta-

- morphism caused the fluid-present melting along Bhagirathi River in the Uttaraganti area, NW India. 34th Himalaya-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.
- 川端凌市・今山武志・Narayan Bose・Yi Keewook: 北西インドヒマラヤBhagirathi川沿いの変成温度圧力条件と変成年代について. 「衝突山脈ヒマラヤの形成モデルの構築」研究集会, 京都大学, 2018年12月.
- Imayama, T.**, Arita, K. Fukuyama, M. Yi, K., and Kawabata, R.: 1.74 Ga crustal melting after rifting at the northern Indian margin: Investigation of mylonitic orthogneisses in the Kathmandu area, central Nepal. 33rd Himalaya-Karakorum-Tibet workshop, Lausanne, Switzerland, 2018年 9 月.
- Imayama, T.**, Arita, K. Fukuyama, M. Yi, K., and Kawabata, R.: 1.74 Ga felsic magmatism formed via crustal melting: Investigation of mylonitic orthogneisses in the frontal zone of the Kathmandu Complex, central Nepal. 15th Asia Oceania Geosciences Society meeting, Honolulu, 2018年 6 月.
- Imayama, T.**, Arita, K. Fukuyama, M. Yi, K., and Kawabata, R.: 1.74 Ga felsic magmatism formed via crustal melting: Investigation of mylonitic orthogneisses in the frontal zone of the Kathmandu Complex, central Nepal. 地球惑星科学連合大会, 幕張メッセ, 2018年 5 月.
- Kawabata, R., **Imayama, T.**, and Kato, K.: Estimation of the Metamorphic P-T Condition and Age of the Oki Gneisses: Implication for the Paleoproterozoic High-Temperature Metamorphism. 地球惑星科学連合大会, 幕張メッセ, 2018年 5 月.
- Koh, Y., **Imayama, T.**, Aoki, K., Saneyoshi, M., Yagi, K., Ikawa, C., Sawada, Y., Ishigaki, S., Toyoda, S., Tsogtbaatar, K., and Mainbayar, B.: The whole rock composition and the K-Ar dating of the Bayshin Tsav volcanic rocks in the Gobi in Mongolia. 地球惑星科学連合大会, 幕張メッセ, 2018年 5 月.
- Naoyuki Kusaka, Shingo Hashimoto, Natsuki Abe, Kohei Suzuki, Yoshiomi Hiroi, Taito Nishino, Ryosuke Iwai, Development 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.

岩井良輔, 次世代の創薬試験培養系のための細胞の自動3D組織化技術の開発, 第23回OUS技術セミナー, 岡山理科大学 (岡山), 2018年2月23日.

浅見優月, 岩井良輔, 安部菜月, 広井佳臣, 西野泰斗, 細胞の自己集合化誘導剤を用いた細胞凝集塊の大量

- 作製と評価, 第23回OUS技術セミナー, 岡山理科大学 (岡山), 2018年2月23日.
- 大梅有香, 小松大貴, 岩井良輔, 温度制御による細胞脱着を可能とする微粒子培養担体の開発, 第23回OUS技術セミナー, 岡山理科大学 (岡山), 2018年2月23日.
- 長島諒, 岩井良輔, Organ on a Chipの開発に向けた細胞の2D-3D連結構造体の作製, 第23回OUS技術セミナー, 岡山理科大学 (岡山), 2018年2月23日.
- 長島諒, 岩井良輔, 細胞の自己集合化誘導剤を用いた3次元腫瘍モデルの作製検討, 第23回OUS技術セミナー, 岡山理科大学 (岡山), 2018年2月23日.
- 岩井良輔, 浅見優月, 安部菜月, 広井佳臣, 西野泰斗, 細胞の自己集合化誘導剤を用いた細胞凝集塊の大量作製法の開発と評価, 第17回日本再生医療学会総会, 仙台国際会議場 (仙台), 2018年3月21日.
- 岩井良輔, 接着性細胞の自己凝集化誘導技術の開発とMSC凝集塊の形成について, 第111回幹細胞研究会, 広島大学医学部付属病院 (広島), 2018年3月27日, 招待講演.
- 岩井良輔, 長島諒, 接着細胞単層の自動凝集3D化技術の開発とOrgans-on-a-chipへの応用検討, 化学とマイクロ・ナノシステム学会第37回研究会 (CHEMINAS37), 産業技術総合研究所つくばセンター (つくば), 2018年5月22日.
- 小松大貴, 大梅有香, 高木睦, 岩井良輔, 温度制御による細胞脱着が可能な動物細胞の大量培養用マイクロキャリアの開発～温度応答性両イオン性高分子の凍結乾燥によるコーティング法検討と評価～, 日本農芸化学会中四国支部 第51回講演会, 山口大学 (山口), 2018年6月16日.
- 草加直幸, 浅見優月, 安部菜月, 広井佳臣, 西野泰斗, 岩井良輔, 接着細胞の自己集合化技術を用いた再生医療用3次元細胞凝集塊の新規作製法の開発と評価, 日本農芸化学会中四国支部 第51回講演会, 山口大学 (山口), 2018年6月16日.
- 岩井良輔, 培養皿上で人体の組織を再現 (生) する～培養細胞から古いへの挑戦状～, 油化学シンポジウム in 岡山, 岡山理科大学 (岡山), 2018年6月23日, 招待講演
- 岩井良輔, 接着細胞の自己凝集化技術を用いたOrgans on a Chip作製のための組織作製法の開発, 第6回細胞凝集研究会, ホテルリッチ&ガーデン酒田 (酒田), 2018年7月27日.
- 岩井良輔, 動物細胞の自己凝集化誘導技術の開発と医療応用に向けた取り組み, 次世代アニマルセルインダストリー研究部会 設立記念シンポジウム～生物工学若手研究者が考える, 今後の動物細胞培養産業・技術～, 名古屋大学 (名古屋), 2018年8月27日, 基調講演.
- 草加直幸, 浅見優月, 安部菜月, 広井佳臣, 西野泰斗, 岩井良輔, 接着細胞の自己集合化誘導剤を用いた幹細胞凝集塊の新規作製法の開発と評価, 第70回日本生物工学会大会, 関西大学 (吹田), 2018年9月5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, 接着細胞の自己集合化誘導剤を用いた新規スフェロイド作製法の開発と評価, 第56回日本人工臓器学会大会, ヒルトン東京お台場 (東京), 2018年11月2日.
- 岩井良輔, 大梅有香, 小松大貴, 高木睦, マイクロキャリア培養担体への凍結乾燥法による温度応答性細胞着脱剤のコーティングと評価, 第56回日本人工臓器学会大会, ヒルトン東京お台場 (東京), 2018年11月2日.
- 草加直幸, 橋本慎吾, 太田風輝, 長島諒, 滝澤昇, 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の開発と薬物評価用3D細胞組織体作製への応用, 日本動物実験代替法学会第31回大会, 崇城大学 (熊本), 2018年11月24日.
- 福島竜弥, 岩井良輔, 神吉けい太, 細胞二段階凝集法による肝小葉模倣組織作製の可能性, 日本動物実験代替法学会第31回大会, 崇城大学 (熊本), 2018年11月24日.
- 長島諒, 岩井良輔, 生体内組織形成術を用いて作製した再生医療用生体組織片の脱細胞化と評価, OUSフォーラム2018アブストラクト集, p.104, 岡山プラザホテル (岡山), 2018年11月26日.
- 大梅有香, 小松大貴, 岩井良輔, 温度制御による細胞脱着が可能な動物細胞の大量培養用ビーズの開発, OUSフォーラム2018アブストラクト集, p.105, 岡山プラザホテル (岡山), 2018年11月26日.
- 草加直幸, 橋本真悟, 岩井良輔, 細胞の自己集合化誘導剤とバイオプリンタを用いた新規3D細胞凝集塊作製法の開発, OUSフォーラム2018アブストラクト集, p.106, 岡山プラザホテル (岡山), 2018年11月26日.

客員研究員

北岡豪一, 西村敬一, 山下栄次, 地震による地盤の水理特性の変化とその回復について, 陸水物理研究会 2018年度石垣大会, 2018年11月16~18日.

畝岡歩・小松正直・大島光貴・竹中博士・西村敬一・川瀬 博, 岡山県内の震度観測網, K-NET, KiK-netの観測点におけるサイト増幅特性の抽出, 2018年日本地球惑星科学連合大会, 2018年5月20日-24日, 千葉県幕張メッセ.

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年度秋季大会, 2019年9月16-18日, 京都大学吉田キャンパス.

畝岡歩, 小松正直, 竹中博士, 大島光貴, 西村敬一, 川瀬 博, スペクトル・インバージョンに基づく岡山県内の強震動観測点におけるサイト増幅特性, 日本地震学会2018年度秋季大会, 2018年10月9日-11日, 福島県郡山市 ビッグパレットふくしま.

兼務研究員

土屋裕太・青木一勝・小木曾哲・青木翔吾・西戸裕嗣: 変成作用におけるジルコンのカソードルミネッセンス特性 2019日本地質学会 (山口)

青木翔吾・車田悠人・青木一勝・實吉玄貴・Khishigjav TSOGTBAATAR・石垣忍: モンゴル, 東ゴビ白亜紀含恐竜化石層の詳細堆積年代: LA-ICP-MSカルサイトU-Pb年代分析 2019日本地質学会 (山口)

松本拓海, 青木翔吾, 福山繭子, 青木一勝: 四国南西部足摺岬火成複合岩体の成因: LA-ICP-MSジルコン年代および微量元素分析からの制約 2019日本地質学会 (山口)

田中佑樹, 小椋康光, 川股亮太, 高垣裕子, 小平将大, 青木一勝, 平田岳史: 安定同位体メタロミクス—生体試料中のカルシウム安定同位体組成分析を通じた元素代謝評価— 2019地球化学会 (東京)

Tsujimori, T., Morita, I., Boniface, N., Aoki, S., **Aoki, K.**: Timescale of eclogite-to-granulite transition in continental collision zones 13th International Eclogite Conference (Russia)

Aoki, K., Aoki, S., Kato, D. and Tsuchiya Y.: Time constraints on subduction of the Cretaceous Sanbagawa HP rocks in SW Japan: zircon U-Pb age and geochemistry by LA-ICP-MS, GSA2019 (USA)

土屋裕太・青木一勝・西戸裕嗣: 碎屑性ジルコンのカソードルミネッセンスを用いた変成作用評価の試み: 三波川変成岩を例に, 日本地質学会第125年学術大会, 札幌, 2018年9月.

加藤大地・青木一勝・土屋裕太・小宮 剛: 南アフリカ, パーバートン地域Inyoni Shear Zoneに記録された太古代の変成作用とテクトニクス, 日本地質学会第125年学術大会, 札幌, 2018年9月.

青木翔吾・青木一勝・土屋裕太・加藤大地・田中大翼: 四国三波川変成帯・瀬場エクログャイト中の泥質片岩に含まれるジルコンのU-Pb年代, 日本地質学会第125年学術大会, 札幌, 2018年9月.

辻森 樹・青木一勝・青木翔吾: 大佐山ひすい輝石岩の熱水性ジルコンのリチウム濃度累帯構造: 沈み込み帯流体の実像を探る, 日本鉱物科学会年会, 山形, 2018年9月.

寺田智也・Khishigjav Tsogtbaatar・坂田周平・青木一勝・実吉玄貴: モンゴル・ゴビ砂漠東部, 上部白亜系Bayanshiree層の岩相層序とジルコン年代測定, 地球惑星科学連合大会, 幕張メッセ, 2018年5月.

田部智大, 石垣忍: 鳥脚類の足先が内旋する原因, 日本古生物学会第168回例会, 2019年1月25-27日, 神奈川県立生命の星・地球博物館, 神奈川.

衣笠哲也, 石垣忍, 伊東和輝, 藤本大樹, 林良太, 吉田浩治: 巡回する四脚歩行動物の行跡に見る軌道差と動力学モデル解析, 日本古生物学会第168回例会, 2019年1月25-27日, 神奈川県立生命の星・地球博物館, 神奈川.

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.

Kinugasa, T., Ito, K., **Ishigaki, S.**, Fujimoto, D., Hayashi, R., Yoshida, K.: Mechanics of "Off-tracking" in the Turning Sauro-pod Trackway and Numerical Simulation using Dynamic Model, The 4th International Symposium on Asian Dino-

- saurs 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.
- Ishigaki, S.**, Tanabe, T., Mainbayar, B., Tsogtbaatar, Kh.: Why ornithopod feet rotate inward, 3rd International Conference of Continental Ichnology (ICCI2019), Sep. 23-29, 2019, Halle (Saale), Germany.
- Ito, K., Kinugasa, T., **Ishigaki, S.**, Fujimoto, D., Hayashi, R., Yoshida, K.: Analysis of "Off-Tracking" in the turning tetrapod trackway, The 79th annual meeting of Society of Vertebrate Paleontology (SVP2019), Oct.9-12, 2019, Brisbane, Australia.
- 衣笠哲也, 吉田浩治, 林良太, 伊東和輝, 古見英樹, 石垣忍: 四足歩行生物の旋回に関する力学的考察, OUSフォーラム2019, 2019年11月25日, 岡山理科大学, 岡山.
- 石垣忍, 奥田ゆう, 藤原清, 多田忠美, 島崎始, 太田義晃, 加藤祐之助, 西岡伊織: 組立・分解が容易な大型恐竜交連骨格の製作, OUSフォーラム2019, 2019年11月25日, 岡山理科大学, 岡山.
- 衣笠哲也・吉田浩治・林良太・石垣忍・伊東和樹 (p) 大型竜脚類の旋回特性の解明, OUSフォーラム2018, 2018年11月26日, 岡山理科大学, 岡山.
- 石垣忍・奥田ゆう・實吉玄貴・林昭次・高橋亮雄 (p) 実際に稼働中の研究現場を展示する-岡山理科大学恐竜学博物館の試み-, OUSフォーラム2018, 2018年11月26日, 岡山理科大学, 岡山.
- 石垣忍 (o) 恐竜足跡研究と3D技術, 化石研究会第150回例会, 2018年11月10-11日, 鹿児島大学理学部, 鹿児島.
- 石垣忍 (o) 大学という場を活かした博物館活動, 日本ミュージアム・マネジメント学会 中・四国支部会 見学会・研修会, 「大学博物館にできること」, 2018年10月27, 28日, 岡山理科大学, 岡山.
- Ishigaki, S.**, Mainbayar, B., Tsogtbaatar, Kh., Nishimura, R., Tsutanaga, S., **Hayashi, S.**, **Saneyoshi, M.**: First giant sauropod trackway with meter-sized footprints from the upper cretaceous of the Gobi Desert, Mongolia, The 78th Annual Meeting of the Society of Vertebrate Paleontology, Oct. 17-20, 2018, Albuquerque, New Mexico, U.S.A.
- 能美洋介・石垣忍・西村龍太郎 (p) 3Dレーザースキャナーによる微小地形の点群データ, 第29回日本情報地質学会総会・講演会, 2018年6月28-29日, 奈良大学総合研究棟多目的ホール, 奈良.
- 石垣忍, B. Mainbayar, Kh. Tsogtbaatar, 西村龍太郎, 蔦永早也香, 林昭次, 實吉玄貴 (o) モンゴル国南ゴビ県Khavirgiin Dzoの上部白亜系から産出した大型竜脚類の行跡, 日本古生物学会2018年年会, 2018年6月22-24日, 東北大学青葉山北キャンパス, 宮城.
- 石垣忍 (o) 大学らしい博物館のあり方とは?, 第21回大学博物館等協議会・第13回日本博物科学会, 2018年6月21-22日, 香川大学幸町キャンパス, 香川.
- Saneyoshi, M.**, Buyantegsh, B., Terada, T., **Toyoda, S.**, Mainbayar, B., Chinzorig, T., **Ishigaki, S.**, Tsogtbaatar, Kh.: The Geology of fossiliferous localities (Bayanshiree and Nemegt formations, Upper Cretaceous, southeastern Gobi desert, Mongolia), The 4th International Symposium on Asian Dinosaurs in Mongolia 2019 (ISAD2019), July 24-29, 2019, Ulaanbaatar, Mongolia.
- 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, Paper No. FL374 (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, Abstract No. A067 (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, 講演番号3-3 (2019年1月11日), 29-30.
- 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回プラズマプロセッシング研究会/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) (2019年1月15日), 180-181.
- 久保光星・今井裕一・清水一郎・中谷達行・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, (2019年2月16日), 1st poster session No. 14.
- 本田祐之輔・清水一郎・松田好史・江木俊雄, 「粘土瓦試験片における釉薬層の力学的性質評価法の検討」, 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16日), 1st poster session No. 15.
- 新見 鍊・清水一郎, 「ソフトマテリアル用二軸圧縮試験機の開発」, 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16日), 1st poster session No. 16.
- 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, (2019年2月16日), 2nd poster session No. 12.
- 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, (2019年2月16日), 2nd poster session No. 13.
- 後 公大・清水一郎・趙 薪茗・和田 晃, 「有限要素法を用いたAZ31マグネシウム合金円筒容器多段成形工程の検討」, 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16日), 2nd poster session No. 14.
- 三島崇寛・清水一郎, 「ピアシングによる金属薄板への微細穴加工に関する基礎的検討」, 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16日), 2nd poster session No. 15.
- 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, (2019年2月16日), 3rd poster session No. 12.
- 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, (2019年2月16日), 3rd poster session No. 15.
- 北川陽菜・清水一郎・和田 晃・石田貴也・中谷達行, 「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, (2019年2月23日).
- 新見 鍊・清水一郎, 「ゴム材料に適した二軸圧縮試験装置の開発」, 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6日), 講演番号201, 2 pages in CD-ROM.
- 後 公大・清水一郎・趙 薪茗・和田 晃, 「マグネシウム合金の円筒深容器製造多段絞りしごき加工の有限要素法解析」, 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6日), 講演番号301, 2 pages in CD-ROM.
- 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 (2019年3月7日), 2 pages in CD-ROM.
- 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 (2019年3月7日), 2 pages in CD-ROM.
- 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 (2019年3月7日), 2 pages in CD-ROM.
- 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 (2019年3月7日), 2 pages in CD-ROM.
- 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 (2019年3月7日), 2 pages in CD-ROM.
- 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 (2019年3月7日), 2 pages in CD-ROM.
- 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 (2019年8月3日), p. 6.
- 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 (2019年8月3日), p. 6.
- 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 (2019年9月2日), 2 pages in CD-ROM.
- 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 (2019年9月3日), 2 pages in CD-ROM.
- 後 公大・清水一郎・趙 薪茗・和田 晃, 「軸対称有限要素法解析を用いたAZ31マグネシウム合金円筒絞りしごき工程の検討」, 日本金属学会中国四国支部第45回若手フォーラム, (2019年11月29日), 講演番号5.
- 趙 薪茗・清水一郎・後 公大・和田 晃, 「変形双晶の発現によるAZ31マグネシウム合金薄肉円管の機械的性質変化」, 日本金属学会中国四国支部第45回若手フォーラム, (2019年11月29日), 講演番号7.
- 田村 昂・清水一郎・北川陽菜・和田 晃, 「生体吸収性ステントにおけるマーカー設置方法の解析的検討」, 第20回日本塑性加工学会中国四国支部学生研究発表会, (2019年12月13日), No. 10.
- Yoshifumi Matsuda, **Ichiro Shimizu**, Toshio Egi and Yunosuke Honda, Influence of Glaze Layer on Bending Fracture Strength of Clay Roof Tile Specimen, Proceedings of the 13th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, Paper No. F05046. (2018)
- Xinming Zhao, **Ichiro Shimizu** and Akira Wada, Experimental Study on Mechanical Property Control in Local Area of AZ31 Magnesium Alloy Thin-Walled Circular Tube, Proceedings of the 13th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, Paper No. F05055. (2018)
- Haruna Kitagawa, **Ichiro Shimizu** and Akira Wada, Finite Element Study on Effect of Cross-Sectional Shape of Stent Strut on Internal Deformation of Coronary Artery, Proceedings of the 13th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, Paper No. F07028. (2018)
- 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, 「医療機器向けのta-C:H膜を被覆した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40回若手フォーラム, (2018年2月17日), 講演番号A6.
- 原 聡史・中谷達行・清水一郎・和田 晃, 「DLC被覆AZ31マグネシウム合金の生理食塩水中における酸化還元反応挙動」, 日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部第40回若手フォーラム, (2018年2月17日), 講演番号A7.
- 荒川駿太・清水一郎, 「ゴム素材の単軸および二軸圧縮変形に伴う力学的特性の評価」, 日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部第40回若手フォーラム, (2018年2月17日), 講演番号B16.
- 北川陽菜・清水一郎・和田 晃・中谷達行, 「バルーン拡張型ステント留置時におけるステント形状が血管壁に及ぼす影響」, 日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部第40回若手フォーラム, (2018年2月17日), 講演番号C5.
- 武田祐一郎・清水一郎・川内谷瞬・荒金敬雅, 「熱処理条件がSUS304Lステンレス鋼円筒容器の成形性に及ぼす影響に関する有限要素法解析」, 日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部第40回若手フォーラム, (2018年2月17日), 講演番号C6.
- 森 佳太・清水一郎・趙 薪茗・和田 晃, 「AZ31マグネシウム合金の局所領域における組織制御方法に関する検討」, 日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部第40回若手フォーラム, (2018年2月17日), 講演番号C7.
- 荒川駿太・清水一郎・近土山仁・大西裕樹・三宅章義, 「単軸および二軸圧縮応力下における繰返し変形に伴うゴムの力学的挙動」, 日本機械学会中国四国学生会第48回学生員卒業研究発表講演会, (2018年3月6日), 講演番号212, 2 Pages.
- 武田祐一郎・清水一郎・川内谷瞬・荒金敬雅, 「SUS304ステンレス鋼製薄肉円筒深容器成形に対する前熱処理条件の影響の解析的検討」, 日本機械学会中国四国学生会第48回学生員卒業研究発表講演会, (2018年3月6日), 講演番号307, 2 Pages.

- 北川陽菜・清水一郎・和田 晃・中谷達行,「有限要素法解析によるステント留置に伴う冠動脈内部変形状態の検討」, 日本機械学会中国四国支部第56期総会・講演会, 講演番号104 (2018年3月7日), 2 pages.
- 原 聡史・中谷達行・清水一郎・和田 晃・延藤裕之,「サイクリックボルタンメトリー法を用いたDLC被覆AZ31マグネシウム合金の生理食塩水中における腐食挙動の調査」, 日本機械学会中国四国支部第56期総会・講演会, 講演番号105 (2018年3月7日), 2 pages.
- 趙 薪茗・清水一郎・和田 晃・森 佳太,「局所領域に張出し変形を与えたAZ31マグネシウム合金薄肉円管の組織と力学的性質」, 日本機械学会中国四国支部第56期総会・講演会, 講演番号204 (2018年3月7日), 2 pages.
- 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,「CVA法で成膜したTa-C:H膜の各種N₂/O₂混合ガス比流通下におけるトライボロジー特性」, 日本機械学会中国四国支部第56期総会・講演会, 講演番号512 (2018年3月7日), 2 pages.
- 趙 薪茗・清水一郎・和田 晃,「変形双晶を援用したAZ31マグネシウム合金円管局所領域の力学的特性制御の試み」, 日本実験力学会2018年度年次講演会, 講演番号B104 (2018年8月27日), pp. 41-42.
- 北川陽菜・清水一郎・和田 晃・中谷達行,「ステント留置時の冠動脈変形に及ぼすストラット断面形状の影響に関する解析的検討」, 日本実験力学会2018年度年次講演会, 講演番号C114 (2018年8月27日), pp. 97-98.
- 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,「Ta-C:H膜のトライボロジー特性にストロークおよび周波数が及ぼす影響」, 日本実験力学会2018年度年次講演会, 講演番号B304 (2018年8月29日), pp. 187-188.
- 清水一郎・趙 薪茗・和田 晃,「生体吸収性ステント用マグネシウム合金円管材の局所力学的性質制御に関する基礎的検討」, 日本機械学会2018年度年次大会, 講演番号S0310003 (2018年9月10日), 1 pages.
- 久保光星・中谷達行・清水一郎・國次真輔・今井裕一・ムハンマド アミヌル ヘルミ,「DLC薄膜による樹脂材料の表面機能化」, OUSフォーラム (2018年11月26日), アブストラクト集P. 5.
- 橋本拓実・關 正憲・清水一郎,「デフ機構を用いた減速装置の開発」, OUSフォーラム (2018年11月26日), アブストラクト集P. 22.
- 清水一郎・趙 薪茗・後 公大,「変形双晶を援用したマグネシウム合金長尺材の局所力学的性質制御技術」, OUSフォーラム (2018年11月26日), アブストラクト集P. 27.
- 清水一郎・北川陽菜・石田貴也・中谷達行,「ステント留置における冠動脈内部変形状態の解析的検討」, OUSフォーラム (2018年11月26日), アブストラクト集P. 28.
- ムハンマド アミヌル ヘルミ・中谷達行・清水一郎・國次真輔,「陰極真空アークプラズマを用いた医療用の新規ta-C:H膜の摩擦摩耗特性」, OUSフォーラム (2018年11月26日), アブストラクト集P. 94.
- 石田貴也・清水一郎・北川陽菜・和田 晃・中谷達行,「ステントの単軸引張り時における変形挙動の観察」, 平成30年度第19回日本塑性加工学会中国四国支部学生研究発表会, (2018年12月14日), No. 5.
- 山根百佳・岡本泰典・高橋亮雄 (2019) 百間川原尾島遺跡より大量出土した中世後期のトノサマガエル属骨遺骸の分類学的帰属とその意義. 日本爬虫両棲類学会第58回大会 (2019年11月23日, 岡山理科大学).
- Danilov, I., **Takahashi, A.**, Mainbayar, B., and Tsogtbaatar, K. (2019) Cretaceous Soft-Shelled Turtles of Mongolia: insights from new materials. International Symposium on Asian Dinosaurs in Mongolia. 24-29, July, 2019, Ilaanbaatar and Omnogovi, Mongolia, Program and Abstracts, pp. 58-59.
- Takahashi, A.**, Byambaa, P., Danilov, I., Mainbayar, B., **Saneyoshi, M.**, **Ishigaki, S.**, and Tsogtbaatar, K. (2019) New material of the genus Lindholmemys (Testudines: Lindholmemydidae) from the Baynshire locality (Late Cretaceous), Eastern Gobi, Mongolia. International Symposium on Asian Dinosaurs in Mongolia. 24-29, July, 2019, Ilaanbaatar and Omnogovi, Mongolia, Program and Abstracts, pp. 128-129.
- 高橋亮雄・中西 希・波木基真・仲座久宣・伊澤雅子・太田英利 (2019) 石垣島白保竿根田原洞穴遺跡より発見されたネコ類化石の分類学的位置づけとその動物地理学的意義. 日本古生物学会第168回例会 (1月, 神奈川県立生命の星・地球博物館)
- 高橋亮雄・エリック＝セティヤブディ・イワン＝クルニアワン・ウングル＝P.＝ウィボウォ・イヴァン＝Y.P.＝

- スハルヨギ・ガート=D.=ヴァンデンベルグ (2018b) ジャワ島の前期更新世カメ類およびワニ類に関する新知見とその古動物地理学的意義. 日本爬虫両棲類学会第57回相模原大会 (11月, 麻布大学).
- 高橋亮雄・エリック=セティヤブディ・イワン=クルニアワン・ウンゲル=P.=ウィボウォ・イヴァン=Y.P.=スハルヨギ・ガート=D.=ヴァンデンベルグ (2018a) ジャワ島中部の下部更新統より発見された淡水生および陸生カメ類の化石について. 日本古生物学会2018年年会 (6月, 東北大学).
- 戸高安曇, 豊田新, 村橋美香, 夏堀雅宏, 伊東節郎, 岡田啓司 福島第一原子力発電所事故に伴う牛の被曝-歯を用いたESR線量計測: 歯の位置による線量の差異 第36回ESR応用計測研究会・2019年度ルミネッセンス年代測定研究会・第44回日本フィッシュン・トラック研究会研究発表会 2019年11月27日-29日 セラトピア土岐, 土岐
- 網本真奈, 豊田新, 實吉玄貴, 石垣忍, 寺田智也, Khishigjav Tsogtbaatar モンゴルゴビ砂漠南部Bugin Tsav周辺の砂岩の石英のESR信号の特徴 第36回ESR応用計測研究会・2019年度ルミネッセンス年代測定研究会・第44回日本フィッシュン・トラック研究会研究発表会 2019年11月27日-29日 セラトピア土岐, 土岐
- 舘萌々子, 豊田新, 山口一郎, 井上一彦, 岡壽崇, 島崎達也, 谷篤史, 保田浩志, 廣田誠子, 星正治, 三宅実, 吉井裕 人の歯を用いたESR線量計測の研究室間相互比較 第36回ESR応用計測研究会・2019年度ルミネッセンス年代測定研究会・第44回日本フィッシュン・トラック研究会研究発表会 2019年11月27日-29日 セラトピア土岐, 土岐
- 原之園大一, 豊田新, 長井謙治, 成瀬敏郎 辻田遺跡堆積物層中のレスの検出と石器の被熱測定 第36回ESR応用計測研究会・2019年度ルミネッセンス年代測定研究会・第44回日本フィッシュン・トラック研究会研究発表会 2019年11月27日-29日 セラトピア土岐, 土岐
- 塚本成, 石橋純一郎, 岡崎裕典, 豊田新, 藤原泰誠, 小畑直也, 後藤隆嗣, 郷津知太郎 沖縄トラフごんどうサイトから採取された堆積物の年代測定 InterRidge-Japan研究集会 2019年11月25日-26日 東京大学大気海洋研究所 柏
- Ishibashi, J., Tsukamoto, N., Nakai, S., Fujiwara, T., Obata, N., Goto, T., Gouzu, C., Uchida, A., **Toyoda, S.**: Applications of dating techniques to hydrothermal mineral deposits collected from active seafloor hydrothermal fields, GSA 2019, Sep. 22-25, 2019, Phoenix Convention Center, Arizona, USA
- 戸高安曇, 豊田新, 夏堀雅弘, 岡田啓司: 福島第一原子力発電所事故に伴う環境汚染による牛の被曝のESR線量計測: 歯の位置による線量の差異 放射線影響学会第62回大会 2019年11月15日-17日 京都大学
- Toyoda, S.**, Heating, natural radiation, and provenance – the El' center in quartz, Dating, Isotopes, and Human Evolution, Sep. 25-27, 2019, Ship Inn, Brisbane, Australia.
- Todaka, A., **Toyoda, S.**, Murahashi, M., Natsuhori, M., Okada, K., Ito, S.: Retrospective Radiation Doses to Cattle by Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant Accident: ESR Tooth Enamel Dosimetry, 19th International Conference on Solid State Dosimetry, Sep. 15-19, 2019, Hiroshima International Conference Hall.
- Toyoda, S.**, Murahashi, M., Ivannikov, A.: A New Standard Sample to be Used in ESR (EPR) Tooth Enamel Retrospective Dosimetry 19th International Conference on Solid State Dosimetry, Sep. 15-19, 2019, Hiroshima International Conference Hall.
- 戸高安曇, 豊田新, 夏堀雅宏, 岡田啓司, 伊東節郎: 牛の歯に記録された福島第一原子力発電所事故の汚染に伴う放射線による被曝 (2) 牧場による差異と環境の線量 生物影響勉強会 2019年8月1日 東京大学
- Toyoda, S.**, Aoki, K., Aoki, S., Saneyoshi, M., Terada, T., Asai, H., Amimoto, M., Nitta, Y.: Gendenjamts Baatar, Shinobu Ishigaki, Khishigjav Tsogtbaatar, Geochemical analysis on the fluvial sediments of fossiliferous localities (Bayanshire and Nemegt formations, Upper Cretaceous, southeastern Gobi desert, Mongolia), The 4th International Symposium on Asian Dinosaurs, July, 24-29, 2019, Institute of Paleontology and Geology, Ulaanbaatar, Mongolia
- 戸高安曇, 豊田新, 村橋美香, 夏堀雅宏, 伊藤節郎: 福島第一原子力発電所事故による哺乳動物の被曝: 歯を用いたESR線量計測, アイソトープ放射線研究発表会 2019年7月3日-5日 東京大学
- 石橋純一郎, 塚本成, 堤映日, 宮本亮, 戸塚修平, 島田和彦, 岡崎裕典, 米津幸太郎, 小畑直也, 藤原泰誠,

- 後藤隆嗣, 郷津知太郎, 豊田新, 佐藤永太郎, 天谷宇志: 沖縄トラフごんどうサイト熱水域から採取された掘削コア試料の年代決定 資源地質学会第69回年会学術講演会 2019年6月26日-28日 東京大学小柴ホール
- 仁田祐輔・豊田新・實吉玄貴・石垣忍, 浅井瞳, 蔦永早也香, Tsogtbaatar, K.: モンゴル南東ゴビ砂漠の白亜紀堆積岩中の石英のESR信号の特徴, 第34回ESR応用計測研究会・2017年度ルミネッセンス年代測定研究会・第42回フィッシュン・トラック研究会 合同研究発表会, 2018年2月10-12日, 国立極地研究所, 立川, 東京.
- Toyoda, S.**, Ivannikov, A. and Murahashi, M.: A new standard for EPR (ESR) retrospective radiation dosimetry with tooth enamel: standardization of the method, 2018 Health Physics Society Midyear Meeting & Exhibition, Feb. 4-7, 2018, Denver Marriott City Center, Colorado, U.S.A.
- Harshman, A., **Toyoda, S.** and Johnson, T.: Suitability of tooth enamel from Japanese wild boar for use as a dosimeter with electron spin resonance dosimetry, 2018 Health Physics Society Midyear Meeting & Exhibition, Feb. 4-7, 2018, Denver Marriott City Center, Colorado, U.S.A.
- Murahashi, M., **Toyoda, S.**, Hoshi, M., Ohtaki, M., Fujimoto, N., Miyazawa, C., Yamada, Y. and Natsuhori, M.: ESR (EPR) dosimetry with human deciduous, rat, and cattle teeth, 2018 Health Physics Society Midyear Meeting & Exhibition, Feb. 4-7, 2018, Denver Marriott City Center, Colorado, U.S.A.
- 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
- 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
- Nishii T, Kobayashi S, **Naohara J**, Kusachi I, Takaechi I: Boron isotope of calcium borate minerals in the CaO-B₂O₃-H₂O system at the Fuka mine, Okayama Prefecture, Japan., XXII Meeting of the international mineralogical association, Melbourne Australia, 13-17 August (2018).
- 猶原 順, 陸 鑫藝, 浦上逸男, エンドトキシン測定による飲用水中グラム陰性菌による汚染の履歴, OUSフォーラム2018, 岡山, 2018年11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フォーラム2018, 岡山, 2018年11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フォーラム2018, 岡山, 2018年11月
- 高橋果鈴, 松林 誠, 大橋悠樹央, 猶原 順, 浦上逸男, 笹井和美, 金子 明, 寺本 勲, UV-LEDによるクリプトスポリジウムに対する不活化効果とin vivo定量評価系の構築, 日本防菌防黴学会第45回年次大会, 東京, 2018年11月
- 高橋果鈴, 松林 誠, 大橋悠樹央, 猶原 順, 浦上逸男, 笹井和美, 金子 明, 寺本 勲, クリプトスポリジウムに対するUV-LEDによる不活化効果とin vivo定量評価系の構築, 日本獣医学会学術集会, つくば, 2018年9月
- Kazuaki Hachiya**, Measurement of Contact Angle, Adsorption Rate and Friction Coefficient on Metal Plate in Mixed Solution of Polyethylene Glycol and Ethylene Glycol, International Tribology Conference Sendai 2019, (Sendai, Japan)

(2019).

蜂谷和明, 摩擦係数変動の検出による金属板表面への潤滑油の速い初期吸着速度の測定, トライボロジー会議2019春東京, 2019年5月.

蜂谷和明, 金属板表面上でのポリエチレングリコールモノメチルエーテル (PEGME) の摩擦係数, 圧縮率, 接触角の関係, トライボロジー会議2018秋伊勢, 2018年11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, 川上倅輝, 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

濱田博喜, 下田恵, 小崎紳一, 中山亨, 井上豪, 植物培養細胞による物質変換に関する研究, 第98回日本化学会春季年会 (神奈川), 2018年3月20~23日

濱田博喜, 藤高侑也, 井上豪, 小崎紳一, 下田恵, ヨウシュヤマゴボウ培養細胞による配糖化反応と配糖化酵素, 第36回日本植物細胞分子生物学会 (石川), 2018年8月26~28日

濱田博喜, 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配糖化, 第62回テルペンおよび精油化学に関する討論会 (長崎), 2018年10月13~15日

濱田博喜, 井上真奈美, 柳正義, 上杉大介, 藤高侑也, 下田恵, 小崎紳一, 植物培養細胞による水酸化反応, 第51回酸化反応討論会2018 (福岡), 2018年11月1~2日

皆木大生, 林昭次, 澤村寛, 安藤達郎: 成長に伴う *Paleoparadoxia* の骨内部構造の変化. 日本古生物学会. 静岡大学, 2019年6月.

Hayashi, S., Burns, M., Arbour, V., Nyamkhisig, T., Sano, Y., Tsogtbaatar, K. and Carpenter, K.: Ontogenetic patterns of thyreophoran dinosaurs suggest functional variations of their osteoderms. The 4th international symposium on Asian dinosaurs in Mongolia. Ulaanbaatar, 2019年7月.

Kodaira, S., **Hayashi, S.**, Chinzorig, T., Stein, K. and Tsogtbaatar, K.: Long bone histology and medullary bone in ornithomimids from the Upper Cretaceous Nemegt Formation of Mongolia. The 4th international symposium on Asian dinosaurs in Mongolia. Ulaanbaatar, 2019年7月.

中原多聞, 林昭次, 奥田ゆう, 皆木大生, 小平将大, 知花宇晃, 亀崎直樹, 立川利幸, 進藤英朗, 久志本鉄平, 上原正太郎, 村上翔輝, 恩田紀代子, 石川恵, 伊東隆臣, 毛塚千穂, 樋口友香, 安藤達郎: 骨内部構造から考察するペンギン類の水棲適応. 日本鳥学会. 帝京科学大学, 2019年9月

Hayashi, S., Nakajima, Y., Sato, T., Houssyae, A., Wintrich, T., Hikida, Y., and Sander, P. M.: Microanatomical shift in plesiosaur vertebra: evolutionary and ecological significance. The 79th annual meeting of Society of Vertebrate Paleontology. Brisbane, 2019年10月.

Nakajima, Y., Matsumoto, R., Sander, P. M., Sasaki, O., Kano, H., **Hayashi, S.** and Evans, E.S.: Mineralized notochord-associated tissues preserved in fossil centra suggests a unique developmental pattern in the axial skeleton of choristodera. The 79th annual meeting of Society of Vertebrate Paleontology. Brisbane, 2019年10月.

Suzuki, H., Kobayashi, Y., Kano, M., Karasawa, T., **Hayashi, S.**, Ota, A. and Miyaji, T.: A theropod remain from the Upper Cretaceous Yezo Group, Haborogawa Formation in Ashibetsu city, Hokkaido Prefecture, Japan. The 79th annual meeting of Society of Vertebrate Paleontology. Brisbane, 2019年10月.

児玉龍之介, 林昭次, Tsogtbaatar, K.: モンゴル国Bugin Tsav上部白亜系ネメグト層産出の獣脚類恐竜化石. 建設コンサルタンツ協会近畿支部第52回研究発表会. 大阪科学技術センター, 2019年10月.

春木信二, 林昭次, 宮崎宗一郎, 佐野祐介, 山崎慎: チュウゴクワニトカゲの皮骨の形成時期と機能. 爬虫

- 類両生類学会. 岡山理科大学, 2019年11月.
- 宮崎俊喜, 林昭次, 奥切侑也, 鈴木大輔: シャムワニの骨格内における成長記録のバリエーションについて. 爬虫類両生類学会. 岡山理科大学, 2019年11月.
- 疋田努・太田英利・亀崎直樹・林昭次. カメの背甲は内骨格由来か?. 爬虫類両生類学会. 麻生大学, 2018年11月.
- 小平将大, 林昭次, Chinzorig Tsogtbaatar, Koen Stein, Khishigjav Tsogtbaatar. 骨髓骨を用いたオルニトミモサウルス類の性成熟期の検討. 日本古生物学会. 東北大学, 2018年6月.
- 矢城陽一郎, 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, 秋田大学 (秋田), 2019年9月28-30日.
- 矢城陽一郎, 木村崇知, 亀澤 誠, 「甘味タンパク質の全電子量子化学計算: 電子状態と甘味度の関係」, 第62回香料・テルペンおよび精油化学に関する討論会, 長崎大学 (長崎), 2018年10月13-15日.
- Yoichiro Yagi**, Takatomo Kimura, Chiduru Watanabe, Hirotomo Moriwaki, Yoshio Okiyama, Shigenori Tanaka, Teruki Honma, Kaori Fukuzawa, "Comprehensive Protein-Ligand Interaction Analysis: FMO Calculation on the complexes of a Human Protease Renin and its Inhibitors", Chem-Bio Informatics Society (CBI) Annual Meeting 2018, Funabori, Tokyo, JAPAN, Oct 9-11 (2018). (査読有)

特許

専任研究員

Yuichi IMAI, **Tatsuyuki NAKATANI**, Susumu OZAWA, Yasuhiro FUJII, Haruhito UCHIDA, FILM FORMATION METHOD, U.S. Patent Application No. 16/491,684, September 6, 2019

藤井泰宏, 大澤晋, 中谷達行, 今井裕一, 人工血管, PCT/JP2019/034997, 2019年9月5日

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, 2019年4月5日

岡野忠之, 津布久卓美, 菊池拓也, 黒岩雅英, 中谷達行, パルス電源装置, 特許第6467075号, 2019年1月18日

藤井泰宏, 大澤晋, 中谷達行, 今井裕一, 人工血管, 特願2018-165849, 2018年9月5日

古閑一憲, 白谷正治, 黄成和, 米澤健, 太田裕己, 高橋希世美, 中谷達行, 呉準席, 伊藤昌文, カーボンナノ粒子の製造方法, 特願2018-158138, 2018年8月27日

二川浩樹, 峯裕一, 中谷達行, 岡本圭司, 原伸太郎, インプラント及びその製造方法, 特許第6371611号, 2018年7月20日

中谷達行, 藤井泰宏, 大澤晋, 内田治仁, 今井裕一, 成膜方法, 台湾107107408, 2018年3月6日

中谷達行, 藤井泰宏, 大澤晋, 内田治仁, 今井裕一, 成膜方法, PCT/JP2018/8442, 2018年3月6日

米澤健, 高橋希世美, 太田裕己, 呉準席, 伊藤昌文, 古閑一憲, 白谷正治, 中谷達行, スパッタ装置用カソードユニット, 特願2018-27964, 2018年2月20日

岡本圭司, 中谷達行, 摺動部材及びその製造方法, 特許第6290525号, 2018年2月16日

岡野忠之, 津布久卓美, 菊池拓也, 黒岩雅英, 中谷達行, パルス電源装置, 特願2018-007823, 2018年1月22日

兼務研究員

清水一郎, 和田 晃, 佐々木 誠, 生体吸収性ステント, 特許: 第6628263号, 2019年12月13日

受賞

専任研究員

- 【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).
- 【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
- 【OUSフォーラム奨励賞】 久保光星, 中谷達行, 清水一郎, 國次真輔, 今井裕一, ムハンマド アミヌル ヘルミ, DLC薄膜による樹脂材料の表面機能化, OUSフォーラム2018アブストラクト集, p.94, 岡山プラザホテル, 2018年11月26日
- 【電気学会中国支部奨励賞】 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放電を用いたDLC成膜におけるプラズマの発光分光診断, 平成30年度（第69回）電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集（Web版）, 講演番号R18-01-07, 広島市立大学, 2018年10月20日
- 【電気学会中国支部奨励賞】 國竹真司, 今井裕一, 福江紘幸, 大澤晋, 藤井泰宏, 中谷達行, 交流高電圧プラズマCVD法を用いたチューブ内面へのDLC成膜におけるガス温度特性, 平成30年度（第69回）電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集（Web版）, 講演番号R18-01-05, 広島市立大学, 2018年10月20日
- 【Best ePoster Award】 Yasuhiro Fujii, Takashi Goyama, Genya Muraoka, Daiki Ousaka, **Tatsuyuki Nakatani**, Haruhito A. Uchida, Susumu Oozawa, Effects of diamond-like-carbon coating for ePTFE artificial vascular graft as arteriovenous graft, ESVS (The European Society for Vascular Surgery) 32nd Annual Meeting 2018, P-052, 25-28 September 2018, Valencia, Spain (2018)
- 【日本組織培養学会 第92回大会 Graduate 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 Graduate 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
- 【OUSフォーラム2018奨励賞】, 長島諒, 岩井良輔, 生体内組織形成術を用いて作製した再生医療用生体組織片の脱細胞化と評価, OUSフォーラム2018アブストラクト集, p.104, 岡山プラザホテル, 2018年11月26日

兼務研究員

- 【平成29年度におけるHPCI利用研究課題優秀成果賞】, 福澤 薫（課題代表者, 星薬科大学）, 矢城陽一郎（課題参加者）, 「HPCIを活用したFMO創薬プラットフォームの構築」〔課題番号：hp170183〕, 一般財団法人高度情報科学技術研究機構, 2018年11月

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。

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

2019年12月20日 印刷

2019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

平 野 博 之

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