

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：13601

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K19022

研究課題名（和文）ジオファクトリー：人間主導型社会から地球主導型社会へ

研究課題名（英文）Geofactory for the sustainable world

研究代表者

二村 竜祐（Futamura, Ryusuke）

信州大学・学術研究院理学系・助教

研究者番号：90647223

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、地球地下内部に遍在する最適な1)温度、2)圧力、3)組成の条件を満たすホットスポットを見つけ出し『天然合成実験施設=ジオファクトリー』を実現する。そのために、素粒子物理学、岩石構造地質学、そしてナノ空間化学の異分野横断の研究チームを結成し、本萌芽的研究ではニューオン透過装置の開発、地質調査、そして地下条件を模した条件での、化学物質の振る舞いについての基礎研究を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、環境・エネルギー問題が深刻化する一方で、人間活動の地下資源への依存は依然として大きい。その解決策として、石油資源に代わるバイオマスや合成燃料などの代替燃料への注目が高まっている。ところがバイオマス合成や合成燃料の工業プロセスでは、『自然の移ろいやすさ』や『多大なインフラ費用』が問題となる。本研究では、地球内部に内在するホットスポットに着目し、化学合成の場として活用することで、地球が本来有している『モノづくり』の力を最大限に引き出すことを目指している。これにより、現代社会が直面する種々の問題解決の手段として、地球主導型社会への変革を提案する。

研究成果の概要（英文）：In this study, we aim to find out the hotspots which meet the optimal conditions of 1) temperature, 2) pressure, and 3) composition prevalent in the Earth's subsurface, and also to establish a "natural synthesis experimental facility = geofactory." To achieve this final goal, an interdisciplinary research team combining particle physics, structural geology, and nanospace chemistry was formed. In this exploratory research, we conducted foundational studies on the development of a muon transmission device, geological surveys, and the behavior of chemical substances under conditions mimicking underground settings.

研究分野：コロイド界面科学

キーワード：ジオファクトリー ミューオン透過装置 ドローン 燃料合成 ホットスポット 地質調査

1. 研究開始当初の背景

近年、環境・エネルギー問題が深刻化する一方で、人間活動の地下資源への依存は依然として大きい。その解決策として、石油資源に代わるバイオマスや合成燃料などの代替燃料への注目が高まっている。ところがバイオマス合成では、『自然の移ろいやすさ』が定常的な資源獲得での深刻な課題である。また、合成燃料の工業プロセス(Fischer Tropsch 法)では、大型設備での高圧(>20 気圧)・高温(~350 °C)条件における合成が必要となり、多大なインフラ費用が必要となる(M. Dry, *Catal. Today* 2002)。

地球内部は、一般に地下深部ほど高温・高圧条件となるが、日本列島のような地殻変動が活発な地域では、浅部であっても高温(時には高圧)状態や熱水循環環境が偏在する。これらの偏在空間の規模および内在するエネルギー量は人工設備に比べて圧倒的に大きく、電源を必要としない“天然合成実験施設”になり得る。さらに、地球内部は物質としても多種多様な岩石から構成され、大きな不均質性が存在する。この多様な組成の中には、資源合成を助ける多孔性材料などの触媒原料も含まれる。

つまり、地下空間に遍在する最適な 1) 温度, 2) 圧力, 3) 組成の条件を満たすホットスポットを見つけ出し活用することができれば、『天然合成実験施設=ジオファクトリー』が実現可能となる。我々は、この課題に対し信州大学理学系に所属する素粒子物理学(川出助教)、岩石構造地質学(森助教)、そしてナノ空間化学(二村助教)の3名から研究チームを組織した。異分野横断によるグローバルな視点を生かし、21世紀の地球が抱える問題に対し地球主導型のものづくりという解を提示する。

2. 研究の目的

本研究では、地球内部に内在する温度・圧力・化学組成における特異な反応場(ホットスポット)に着目し、1) ミューオン測定、そして2) 地質マッピングによりホットスポットを見つけ出す。さらにホットスポットを3) 化学合成の場として活用することで、地球が本来有している『モノづくり』のポテンシャルを最大限に引き出す、天然資源合成施設=“ジオファクトリー”の実現を目指している(図1)。これにより、現代社会が直面する種々の問題解決の手段として、人間主導型から地球主導型社会への変革を提案する。

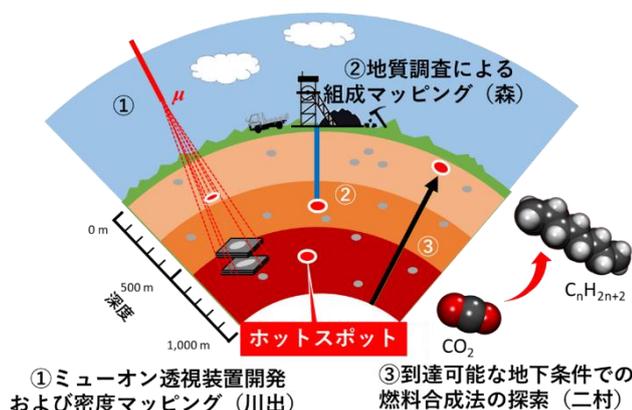


図1 研究概略図

特に、本研究期間ではジオファクトリーの建設・稼働を目指す長期構想(10~15 年計画: 図2 参照)の礎を築く萌芽的研究として下記の3項目の達成を目指した。

- 1) ミューオン透視装置開発および密度マッピング(物理学・川出担当)
- 2) 地質調査による組成マッピング(地質学・森担当)
- 3) 到達可能な地下条件での燃料合成法の開発(化学・二村担当)

3. 研究の方法

本研究では、最終目標として地下空間を利用した資源合成の達成を目指す『ジオファクトリーの建設』を掲げる。従来の地下空間探索に使用されてきた人工の地震波や電磁波による物理探査では、深部にかけて空間解像度が低下するとともに、波の発信器の長期間にわたる稼働が難しいため、地下での資源合成に不可欠な注目地点の常時観測に困難が伴った。

そこで、1) ピラミッドなどの空洞探索にも利用され、発信器を必要としないミューオン測定に着目し、地下空間の密度測定に利用することで3次元密度情報の常時観測を達成する(川出)。また、2) 密度測定と並行して地質調査による組成マッピングを行い、密度・組成という多次元の情報でホットスポットに迫る(森)。さらに、3) 密度・組成マッピングによる情報をもとに、天然の地下資源である多孔性材料を活用し、経済的に負荷の小さな条件(地下100~1000 m)での燃料合成を達成する(二村)。

長期的には、【STEP1】地表解析と室内実験、【STEP2】廃坑を利用した地下検証、【STEP3】日本列島を対象とした地点選定と建設・稼働という順で、分野間の連携を強化しつつ研究対象規模を拡張していくことで(図2)、着実な研究の進展を図る。

特に萌芽研究期間では、【STEP1】における個々の研究に注力し、かつ長期的な共同研

究の礎を築いた。

4. 研究成果

① ミューオン透視装置開発および密度マッピング

本研究では、宇宙線ミュウオンの高い貫通力を用いて、地形など大きな構造を透過する装置を開発し、三角測量等を用いて地形内の密度マッピング手法の確立が目的である。特に、広範囲の測定を迅速に行うため可搬性の高い検出器の開発が本研究の特徴であり、これは本研究を礎に申請者らが切り開こうとしているジオファクトリープロジェクトでは、網羅的な探索により高密度空間の発見を目標にしているからである。



図2 長期研究計画

1) 測定装置の開発

図3は、今回作成した検出器の概観である。全体の大きさは、50 cm×50 cm×100 cm程度、重さは32 kg程度であり、自動車などで簡単に運搬できる。

本研究期間では、荷電粒子通過で発光するシンチレータと半導体光センサ MPPC (①) を用いた32×32ピクセル分解能のモジュール2層からなる測定装置を開発した。MPPCを駆動する電源と信号読み出し回路(③)はコンパクトになるように設計されており、モバイルバッテリーを用いることで屋外での単独測定が可能である。小型PCラズベリーパイ(②)を用いて全体の制御とデータ記録をしているため、大幅な低電力化に貢献している。モジュール間距離を調整することで検出器の視野が調整可能であり、設置が簡単にできるように設計されている。すでに屋内試験と屋外試験による性能検証を始めている。

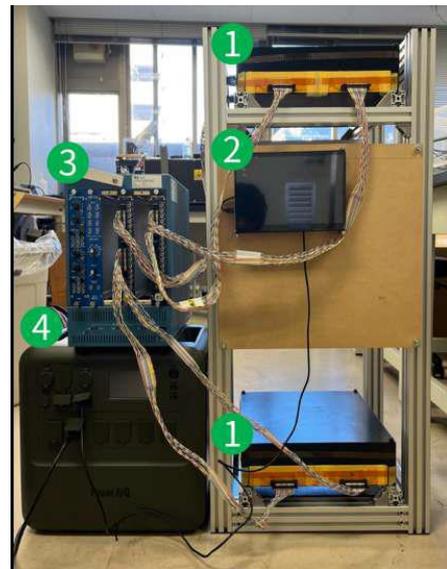


図3 検出器の概観

2) 実地試験

検出器の性能の検証のため、屋内で建物によるミュウオン遮蔽の効果を測定した。図4は検出器と建物の配置を示している。図5は建物のありなしでのミュウオン到来頻度の変化を示しており、ミュウオンの遮蔽効果をよく捉えている。これをコンピューター上で再現したモンテカルロ・シミュレーションを行うことで建物の構造を正確に決定できる。今回は建物の設計図を下に再現したシミュレーションと実験データの良好な一致を確認した。今のところ屋内での長時間測定が課題となっている。

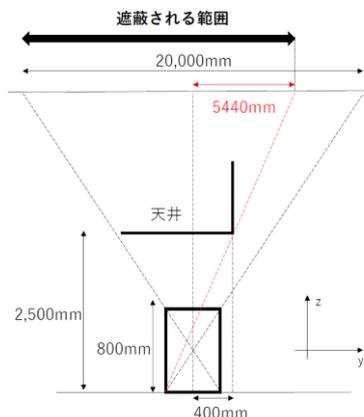


図4 検出器と建物の配置

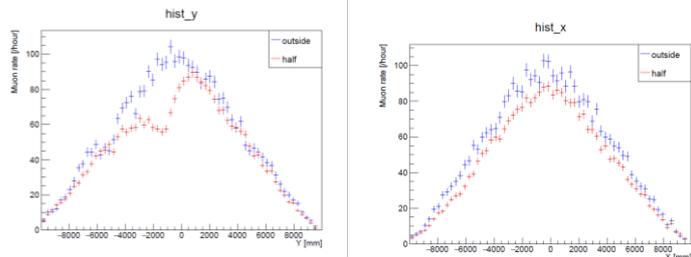


図5 建物のありなしでのミュウオン到来頻度の変化

② 地質調査による組成マッピング

本研究では、研究メンバーの活動拠点からアクセスが容易な中部地方の複数のミュウオン観測候補地質を対象として、基礎的な岩石組成マッピングを実施するとともに、多

孔性を有する炭質物の特性評価、およびドローン写真測量による地形・地質構造解析を行った。また、研究対象としては、10 m スケールの規模で中央構造線 (MTL) が露出する溝口露頭、および、貫入マグマの熱影響を km スケールで記録した接触変成域を中心に研究を進めた。

1) 多孔性を有する炭質物の特性評価

溝口露頭においては、日本陸上最大の断層である MTL が露出するとともに、その両側に多孔質性を有する炭質物を多く含んだ岩石が露出する。本研究では、MTL を横断した cm~m スケール間隔の連続的な岩石採取を行い、顕微鏡下での岩相変化の追跡とともに、それら岩石に含まれる炭質物のラマン分光分析を行い、結晶化度 (石墨化度) の詳細を検討した。その結果、MTL に近づくにつれての石墨化度の系統変化とともに、同一試料での高い不均質性を検出した (図 6)。これら不均質性をもった試料については、顕微鏡下での微細組織との比較より、脆性剪断の影響を強く被った鉱物粒間に存在する炭質物の方が、鉱物中の包有物として存在する炭質物よりも石墨化度が明瞭に低下することを発見し、不均質性の原因が二次的な断層運動時の脆性剪断に起因することを明らかにした。また、貫入マグマの熱影響を被った接触変成域では、数十 m~数百 m スケール間隔での試料採取と溝口露頭と同様な解析を行った。その結果、熱源となった貫入岩体に近づくにつれての系統的な石墨化度の上昇を検出した。また、マグマ貫入時の温度構造を再現した熱モデリングとの比較より、詳細な温度構造と石墨化度の空間的關係性を明らかにした。これら、石墨化度の変化は多孔性にも関連しており、本研究結果は、将来的な資源合成場の地点選定に関係する新たな知見と言える。さらに現在、③の合成実験とのリンクに向けて、ラマン分光分析を行った天然岩石から炭質物を濃集し、ナノスケールの多孔性を評価する実験の準備を進めているところである。

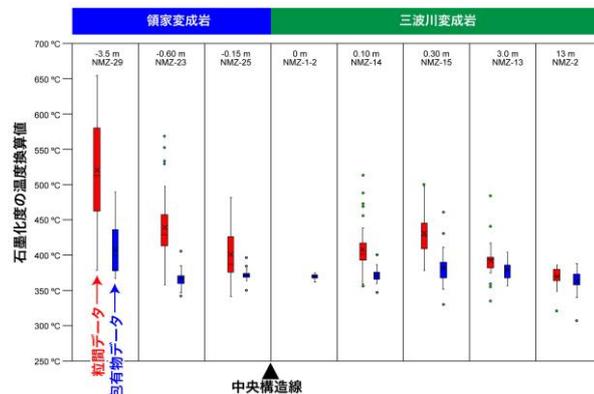


図 6 溝口露頭における試料ごと・組織ごとの石墨化度を温度換算した箱ひげ図

2) ドローン写真測量による地形・地質構造解析

通常、植生の影響などにより、野外において地質が観察できる領域は限られており、このことが三次元的な地質マッピングの障壁となっている。また、ドローン観測・解析において、地形情報は重要な入力パラメータであるが、既存の公開地形データでは不十分な状況であった。これらの問題解決を目指し、ミュオン観測の最有力候補地でもある溝口露頭において、ドローン写真測量による上空からの三次元的な地形・地質構造解析を実施した。その結果、mm スケールでの地形変化および岩相境界の抽出に成功した (図 7)。

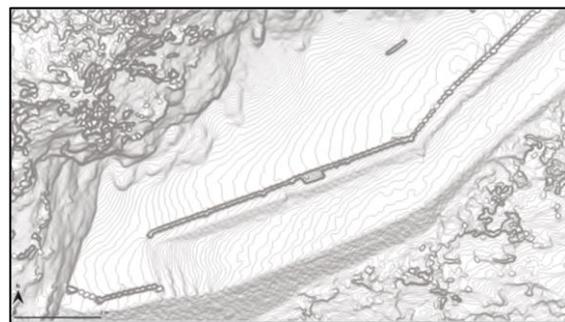


図 7 ドローン写真測量により作成した溝口露頭における 5 cm 間隔の等高線図

加えて、このドローン写真測量の際には、川出・森・二村の三者による溝口露頭および周辺域の合同現地調査を実施し、ミュオン装置の設置環境や合成実験用の試料選定などを現場で検討して、今後に向けた連携強化を進めた。

③ 到達可能な地下条件での燃料合成法の開発

本研究では、地球の地下に存在する、高温、高压のホットスポットを利用した資源合成を目指し、多孔性材料の有するナノ空間を触媒とした高压条件での分子集団の振る舞いについて検討を行った。本研究は合成燃料に限らず、地下の高压条件と多孔性材料の有するナノ空間を利用することで水素やメタンガスの高密度貯蔵の可能性を提案する。

1) 多孔性材料の有するナノ空間中での水の異なる相挙動

1 nm 程度の細孔を有する活性炭細孔中における水の相挙動について *in-situ* X 線散乱測定から検討を行った。我々はこれまでに、X 線散乱測定を用いて、多孔性材料が有するナノ空間中に閉じ込められた分子集団の相挙動の特異性について検討する手法を確立している (R. Futamura *et al.*, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **2012**)。本手法を用いて、活性炭細孔中に吸着した水の相挙動の細孔径依存性について検討を行った (Y. Sugiyama, R. Futamura *et al.*, *Chem. Lett.* **2022**)。

図 8 は、水蒸気を吸着させた細孔径 (w) が 0.7 nm である活性炭の小角 X 線散乱プロファイルである。温度の増加に対して小角散乱プロファイルにほとんど変化が見られず、水の構造が変化していないことが分かる。さらに共連続相構造の散乱理論である Debye-Bueche 式を用い、吸着した水の密度の温度依存性を決定した (図 9)。

細孔径が 0.7 nm の活性炭細孔に吸着した水の密度は、温度の増加に対し減少するという 1 nm よりも大きな細孔中とは逆の傾向を示した。さらに密度の絶対値自体も非常に小さく (0.72-0.75 g cm⁻³)、室温でも疎な状態であることが分かった。つまり、1 nm よりも小さな細孔径を有する活性炭細孔中で水は、室温ですでに発達した氷様の水素結合ネットワークを形成しているといえる。

2) ナノ空間中の水の超高压下での相挙動

高压条件における活性炭細孔中での水の相転移挙動の検討のために、7 GPa までの高压状態における *in-situ* X 線散乱測定が可能なダイヤモンドアンビルセルを購入し (図 10)、安定した高輝度 X 線測定が可能な放射光施設フオトンファクトリー (PF) の高压ビームライン BL18C にて X 線散乱測定を行った。

図 11 は水を吸着した活性炭の広角 X 線散乱プロファイルの圧力依存性である。 $q = 18.7 \text{ nm}^{-1}$ に見られるブロードな水の散乱ピークはバルクの水と同様に圧力の印加によって高角側にシフトしたが、バルクでは結晶状態である 7 GPa の圧力でも結晶化を示す回折ピークは現れなかった。このことは、活性炭細孔中での水が超高压下でも結晶化しない非常に特異な状態であることを示している。また求めた細孔中の水の圧縮率から、活性炭細孔中の水の圧縮率はバルクの水と比べ小さく、むしろ氷 VI や VII に近い値となった。これらのことより、活性炭細孔中の水は、超高压下でも結晶化しないアモルファス氷様の構造を形成していることが示唆された。

ガスハイドレートは、水分子が籠状のケージ構造を形成することで疎水性ガス分子の周りを取り囲んだ包接化合物であり、高密度なガス貯蔵の応用に期待できる。近年、多孔性材料の有しているナノ空間中では、メタンハイドレートなどのガスハイドレート形成がバルクと比べマイルドな条件にて起こることが報告されている (M. E. Casco *et al.*, *Nature Commun.* **2015**)。本研究のさらなる進展によりナノ空間中での水分子の振る舞いが解明されることで、地下空間と多孔性材料を利用した、メタンハイドレート形成によるメタンの高密度貯蔵が期待される。また、高压下での CO₂ ガスの振る舞いに対する同様の検討から、地下のホットスポットを利用した燃料合成へと展開することが期待できる。

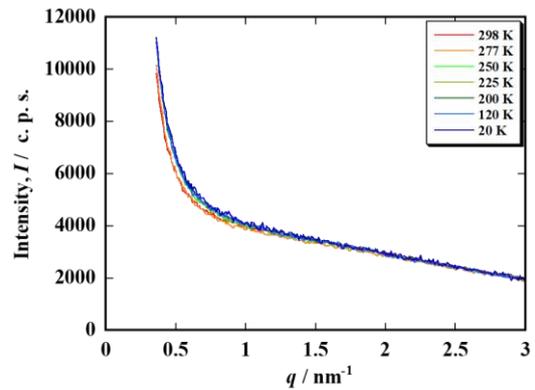


図 8 水を吸着した活性炭の小角 X 線散乱プロファイルの温度依存性

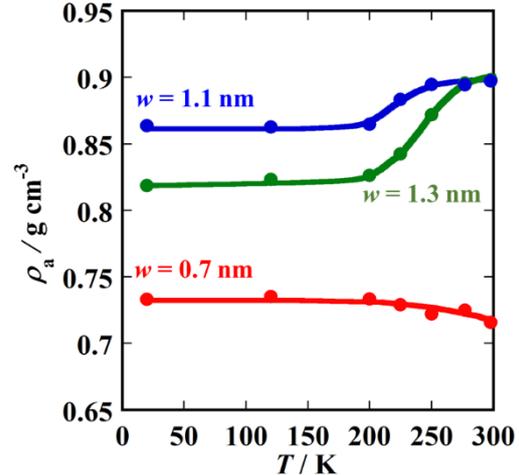


図 9 活性炭細孔中に吸着した水の密度の温度依存性



図 10 ダイヤモンドアンビルセル

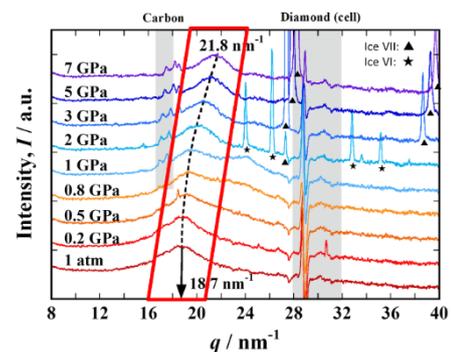


図 11 水を吸着した細孔径が 0.9 nm の活性炭の X 線散乱プロファイルの圧力依存性

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Sugiyama Yasuhiro, Futamura Ryusuke, Iiyama Taku | 4. 巻 51 |
| 2. 論文標題 Ice-like Structure of Water Confined in Hydrophobic Sub-nanometer Spaces at Room Temperature | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Chemistry Letters | 6. 最初と最後の頁 760 ~ 764 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.220203 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Cons Bacilla Ana Carolina, Futamura Ryusuke, Sugiyama Yasuhiro, Ueda Takahiro, Iiyama Taku | 4. 巻 193 |
| 2. 論文標題 Formation of amorphous and quasi-two-dimensional microcrystalline structures of CO2 in activated carbon pores at low temperatures | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Carbon | 6. 最初と最後の頁 88 ~ 97 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbon.2022.02.061 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Bacilla Ana Carolina Cons, Futamura Ryusuke, Iiyama Taku | 4. 巻 51 |
| 2. 論文標題 Effect of Quadrupole of Nitrogen, as a Probe Molecule for Surface Area Estimation: XRD and HRMC Investigation | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Chemistry Letters | 6. 最初と最後の頁 338 ~ 341 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.210728 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|---------------------|
| 1. 著者名 MORI Hiroshi, TOKIWA Tetsuya, MIZUMURA Hiroki, YOSHIKAWA Kohei, NOBE Yuki, KOUKETSU Yui | 4. 巻 118 |
| 2. 論文標題 Protolith age and metamorphic temperature of the Yokokawagawa metamorphic rocks in Nagano Prefecture, central Japan, and comparison with the Sanbagawa metamorphic rocks | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Mineralogical and Petrological Sciences | 6. 最初と最後の頁 1 ~ 6 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2465/jmps.221215 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|--------------------|
| 1. 著者名 Futamura Ryusuke, Iiyama Taku, Ueda Takahiro, Bonnaud Patrick A., Coudert F.-X., Furuse Ayumi, Tanaka Hideki, Pellenq Roland J. -M., Kaneko Katsumi | 4. 巻 15 |
| 2. 論文標題 Staggered structural dynamic-mediated selective adsorption of H ₂ O/D ₂ O on flexible graphene oxide nanosheets | 5. 発行年 2024年 |
| 3. 雑誌名 Nature Communications | 6. 最初と最後の頁 3585 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-024-47838-9 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) | 国際共著 該当する |

[学会発表] 計21件(うち招待講演 1件/うち国際学会 0件)

| |
|-------------------------------|
| 1. 発表者名 杉山 泰啓、〇二村 竜祐、飯山 拓 |
| 2. 発表標題 サブナノメートルサイズでの水の特異性 |
| 3. 学会等名 第73回コロナおよび界面化学討論会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 〇岩月 倫、二村 竜祐、飯山 拓 |
| 2. 発表標題 活性炭-水系における吸着等温線の精密測定による等量吸着熱の検討 |
| 3. 学会等名 第35回日本吸着学会研究発表会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 〇横山 昶、松田 優花、二村 竜祐、飯山 拓 |
| 2. 発表標題 微小空間溶液の吸着等温線測定による物性解明 |
| 3. 学会等名 第35回日本吸着学会研究発表会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 ○杉山 泰啓、二村 竜祐、柴崎 裕樹、若林 大佑、船守 展正、飯山 拓 |
| 2. 発表標題 超高压でも結晶化しない疎水性ナノ空間中の水 |
| 3. 学会等名 第35回日本吸着学会研究発表会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 ○楢原 樹、二村 竜祐、飯山 拓 |
| 2. 発表標題 小角X線散乱法の液相吸着への適用による分子吸着状態の解明 |
| 3. 学会等名 第35回日本吸着学会研究発表会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 ○杉山 泰啓、二村 竜祐、飯山 拓 |
| 2. 発表標題 多孔性カーボンの持つサブナノメートル細孔中で形成される室温でも融けない氷様構造 |
| 3. 学会等名 第49回炭素材料学会年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 ○杉山 泰啓、二村 竜祐、若林 大佑、柴崎 裕樹、船守 展正、中野 智康、清水 弘和、飯山 拓 |
| 2. 発表標題 ナノ空間中では結晶化しない超高压下の水 |
| 3. 学会等名 日本化学会第103春季年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 木村陽介, 森宏, 永冶方敬 |
| 2. 発表標題 紀伊半島中央部・中央構造線近傍における領家マイロナイトの岩石学的特徴とその空間変化 |
| 3. 学会等名 日本地質学会第129年学術大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 森宏, 友岡洋介, 野部勇貴, 山岡健, 常盤哲也, 瀧澤佑衣 |
| 2. 発表標題 紀伊半島中央部・中央構造線近傍における領家マイロナイトの岩石学的特徴とその空間変化 |
| 3. 学会等名 日本地質学会第129年学術大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 森 宏, 野部 勇貴, 水村 裕紀, 山岡 健, 瀧澤 佑衣, 常盤 哲也 |
| 2. 発表標題 西南日本外帯基盤岩の変成温度解析にもとづく甲斐駒ヶ岳花崗岩体の貫入熱影響評価と赤石山地における中新世テクトニクスの復元 |
| 3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会2022年大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 森宏, 水村裕紀, 常盤哲也, 吉川晃平, 野部勇貴, 瀧澤佑衣 |
| 2. 発表標題 横河川変成岩類の碎屑性ジルコンU-Pb年代と変成温度構造 |
| 3. 学会等名 日本鉱物科学会2022年年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 杉山 泰啓、二村 竜祐、飯山 拓 |
| 2. 発表標題 疎水性表面に囲まれた極微小水集団の室温でも融けない氷様構造 |
| 3. 学会等名 日本化学会第102春季年会(2022) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 河又 悠真、二村 竜祐、飯山 拓 |
| 2. 発表標題 吸着速度とX線散乱の精密測定による水吸着機構の検討 |
| 3. 学会等名 日本化学会第102春季年会(2022) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 二村 竜祐 |
| 2. 発表標題 キャパシタ電極中におけるイオン液体の特異な構造とキャパシタ特性への影響 |
| 3. 学会等名 電気化学会第89回大会(招待講演) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 野部勇貴, 森宏, 水村裕紀, 山岡健, 瀧澤佑衣, 常盤哲也 |
| 2. 発表標題 赤石山地北部・西南日本外帯基盤岩の変成温度解析および熱モデリングによる甲斐駒ヶ岳花崗岩体の貫入熱影響評価 |
| 3. 学会等名 日本地質学会第128年学術大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Hiroshi Mori, Yuki Nobe, Ken Yamaoka, Yosuke Tomooka, Yui Kouketsu, Tetsuya Tokiwa |
| 2. 発表標題 Detailed characteristics of Raman spectra of carbonaceous materials in fault rocks nearby the Median Tectonic Line |
| 3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会2021年大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 二村 竜祐、飯山 拓、上田 貴洋、田中 秀樹、金子 克美 |
| 2. 発表標題 ラフェンオキサイド層間における水の動的・静的特異性 |
| 3. 学会等名 第34回日本吸着学会研究発表会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Ana Carolina Bacilla、二村 竜祐、飯山 拓 |
| 2. 発表標題 微小空間中の二酸化炭素の特異な結晶・非晶質構造形成 |
| 3. 学会等名 第34回日本吸着学会研究発表会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 杉山 泰啓、二村 竜祐、飯山 拓 |
| 2. 発表標題 サブナノメートル空間中で水が形成する室温でも融けない氷様構造 |
| 3. 学会等名 第72回コロイドおよび界面化学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 松田 優花、二村 竜祐、飯山 拓 |
| 2. 発表標題 光刺激応答性物質および紫外光照射によるシリカ細孔内メニスカスの崩壊 |
| 3. 学会等名 第34回日本吸着学会研究発表会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 河又 悠真、二村 竜祐、飯山 拓 |
| 2. 発表標題 吸着速度と X 線散乱の精密測定による水吸着機構の検討 |
| 3. 学会等名 第34回日本吸着学会研究発表会 |
| 4. 発表年 2021年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|--|-------------------------------------|----|
| 研究分担者 | 森 宏 (Mori Hiroshi) (80788183) | 信州大学・学術研究院理学系・助教 (13601) | |
| 研究分担者 | 川出 健太郎 (Kawade Kentaro) (90749243) | 信州大学・学術研究院理学系・助教 (13601) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|