

令和 4 年 5 月 18 日現在

機関番号：10103

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K05117

研究課題名（和文）炭酸カルシウム系シングルソースマルチターゲット吸着剤の開発

研究課題名（英文）Development of calcium carbonate-based multi-target adsorbents

研究代表者

山中 真也（Yamanaka, Shinya）

室蘭工業大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：30596854

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、多孔性炭酸カルシウムの構造と吸着剤としての機能を検討した。まず、非晶質炭酸カルシウム（ACC：Amorphous Calcium Carbonate）を前駆体として、比表面積、多形の異なる様々なメソポーラス炭酸カルシウムの合成法を確立した。つづいて、合成した多孔性炭酸カルシウムのカドミウム、フェルラ酸に対する良好な吸着能を確認するとともに、カドミウムイオンやフェルラ酸の吸着メカニズムを検討して、合成した多孔性炭酸カルシウムの特徴を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

身近な物質「炭酸カルシウム」は結晶化した「結果」であり、その起源は「非晶質炭酸カルシウムACC」とされている。多くの研究者がこのACCの重要性を指摘している一方で、ACCは「水」への溶解・再結晶が速く秒単位の寿命しかないほど不安定である。即座に緻密な結晶となるため、構造を精緻に制御した炭酸カルシウムを合成しようとする、普通、テンプレート（鋳型）を使う。本研究で合成した「純粋で安定なACC」は、構造化の分岐点であり、生体鉱物の形成機構解明につながる可能性を秘めている。

研究成果の概要（英文）：In the present study, we demonstrated that the crystallographic differences in calcium carbonate affected the adsorption equilibrium and kinetics. Firstly, polymorphs of porous calcium carbonate with a wide range of specific surface areas were synthesized via amorphous calcium carbonate (ACC). The porous calcium carbonate particles exhibited high adsorbed capacity for cadmium ions and ferulic acids. The adsorptions show clear differences in our porous calcium carbonate particles.

研究分野：粉体工学

キーワード：アモルファス炭酸カルシウム メソポーラス炭酸カルシウム アパタイト 難溶性物質 重金属 構造と機能

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

多孔性材料には、シリカ、ゼオライト、活性炭など、すでに多くの物質が知られている。これらは“空間材料”とも呼ばれ、特定ガスの吸着、触媒の反応場としての利用など現代のナノテクノロジーのキーマテリアルとしての地位を獲得している。21世紀にはいつてからは多孔性金属錯体の発展がめざましく、従来の多孔性材料にはなかった化学的、物理的性質が発見され、物理、生物の分野も取り込みながら新たな学際領域を形成している。

多孔性材料に求められる第一条件は、吸着サイトの「量」である。分子の吸着、不均一触媒反応などは固体表面で起こるために、多孔性材料の機能の発現には表面の多さ、すなわち「量=大きな比表面積」が第一関門となる。前述の既存物質群の比表面積は数百から数千 m^2/g と非常に大きい。これをクリアすると次なる課題は、吸着サイトの構造と機能(吸着量や選択性など)を明らかにすることである。分子の吸着や反応性は、細孔空間の物理的および化学的性質により大きく左右されるため、前述の物質群を研究対象とした空間のサイズ、表面の化学的性質などの「空間構造と機能」に関する研究はホットピックである。多孔性材料に関する基礎研究と応用研究が深化・多様化する中で多孔性材料に共通する問いは、その材料にしかできないという、本質的な応用を見つけることである。

こうした中で申請者らは、地球上に普遍的な物質で生体鉱物としても知られる「炭酸カルシウム」に着目した。炭酸カルシウムの優位性は(安価であることも利点の一つであるが)、1.高い生体親和性と安全性を持ち、バイオメディカル分野への利用が期待できること、2.カルサイト、アラゴナイト、バテライトの3つの結晶多形があり、吸着質に対して特異な機能を発揮する可能性が高いことである。申請者はこれまでに独自の製法で多形(カルサイト、アラゴナイト、バテライト)を制御した多孔性炭酸カルシウム(比表面積:50~200 m^2/g)の合成に成功しており、多孔性炭酸カルシウムに特有の機能を探索可能なフェーズにあった。

2. 研究の目的

本研究では、多孔性炭酸カルシウムの構造と吸着剤としての機能を明らかにして、実際の用途を提案することを目的とした(図1)。そのために、任意の結晶多形(カルサイト、アラゴナイト、バテライト)かつ大きな比表面積(50~200 m^2/g)を有する多孔性炭酸カルシウムを用いて、(1)多形と重金属(カドミウムイオン)の吸着能、(2)多形と難水溶性物質(フェルラ酸)の溶解性について調べることで、多孔性炭酸カルシウムの構造と機能の関係性を明らかにすることを目標にした。

3. 研究の方法

(1) 構造と重金属イオン吸着能

任意の比表面積、任意の結晶多形を持つ多孔性炭酸カルシウムを用いて、構造と機能の相関を調べ、環境浄化材への応用を検討した。まず比表面積、あるいは多形のどちらかを固定して多孔性炭酸カルシウムを合成した。合成した試料の比表面積は窒素吸着量測定から、吸着量は ICP を用いて、イオン交換の有無は XRD を用いて解析した。カドミウムイオンの吸着量について、濃度、pH、イオン強度、温度をパラメータにして、カドミウムイオンの吸着等温線を作成した。得られた結果を整理して、吸着前後の構造とカドミウムイオンの吸着能の関係を明らかにした。

(2) 構造と難水溶性物質溶解性

本研究項目では、比表面積および多形と難水溶性薬物(フェルラ酸)の溶解性改善能を調べ、バイオメディカル分野への応用を検討した。比表面積、あるいは多形のどちらかを固定して多孔性炭酸カルシウムを合成した。難水溶性薬物のモデル物質としてフェルラ酸の溶解性をパドル法により評価した。溶出前後の細孔分布測定、光学測定、XRD 測定をとおして、構造と機能性分子溶解性の関係を明らかにした。

4. 研究成果

合成した多孔性炭酸カルシウムを用いて、機能性分子(フェルラ酸)吸着・徐放性に関する研究、カドミウムイオン吸着に関する研究をそれぞれ実施した(図2)。

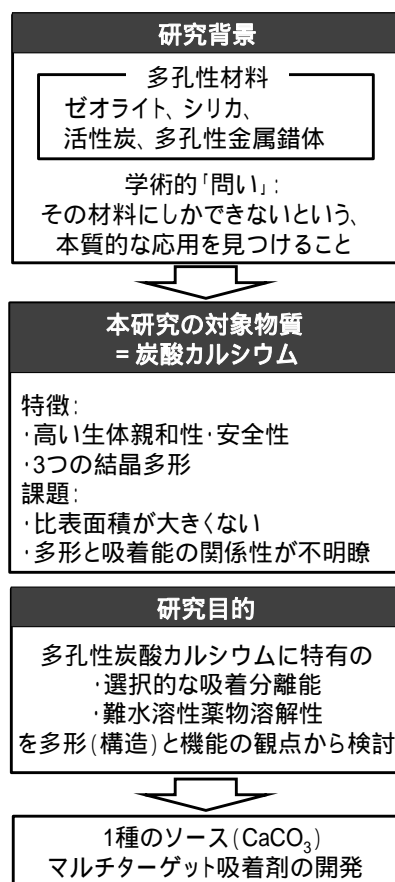


図1 本研究のねらい

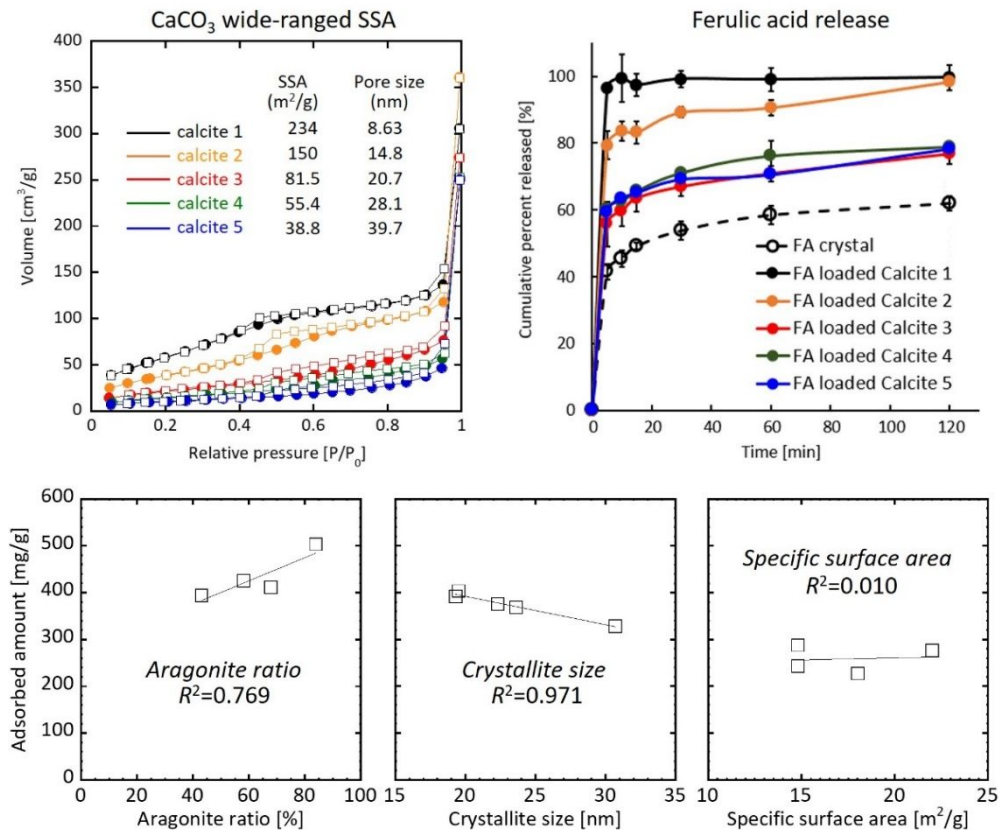


図2. 比表面積が高いほど、機能性物質（フェルラ酸）の放出量が多い（上段：Ref. [1]）。一方で、カドミウムイオン吸着に対するキーファクターは多形割合と結晶性（結晶子サイズ）であり、比表面積はこの範囲においては影響しない（下段：Ref. [2]）。

炭酸カルシウムへのカドミウムイオンの吸着形態は、化学反応をともなう化学吸着であることはよく知られている。しかしながら、過去一連の研究において使われた炭酸カルシウムの比表面積は、数～十数 m²/g であり、多孔質材料としての第一条件である吸着サイトの「量」が決定的に不足していた。比表面積や結晶多形の制御不足が、それら粒子構造と吸着質との反応性・吸着能に及ぼす影響を十分に議論できていない原因の一つと考える。すなわち、同じ比表面積で多形の異なる炭酸カルシウムと、同じ多形で比表面積の異なる炭酸カルシウムを準備できないために、各種吸着質に対して吸着能の異なる理由が、（単に）比表面積によるものなのか、多形によるものなのか判然としていない。そもそも、数～十数 m²/g の炭酸カルシウムでは、莫大な比表面積を有する他の多孔質材料（数百～数千 m²/g）に代わるほどの根拠を見つけることが難しい。

本研究では、同一比表面積で多形（カルサイト、バテライト）の異なる多孔性炭酸カルシウム、同一多形で比表面積の異なる多孔性炭酸カルシウムを合成して以下の点を明らかにした。

- ◆ バテライトでは化学量論に達するまでカドミウムは吸着した。
- ◆ カルサイトでは表面反応（細孔表面も含む）で吸着が完了した。
- ◆ カルサイトは反応速度定数がバテライトに比して 100 倍以上大きかった。

カルサイトと炭酸カドミウムの格子整合性は高いため、カルサイト表面を炭酸カドミウムが鎧のように覆い表面で反応が完結する。一方バテライトは格子整合性が低いいため、炭酸カドミウムの生成→剥離→生成が繰り返され、ほぼすべてのバテライトが炭酸カドミウムにかわる。結果、バテライトは比表面積の影響を受けないこと、カルサイトは比表面積の影響を大きく受けることを明らかにした。

引用文献

- [1] K. Kadota, T. Ibe, Y. Sugawara, H. Takano, Y. A. Yusof, H. Uchiyama, Y. Tozuka, S. Yamanaka*, "Water-assisted synthesis of mesoporous calcium carbonate with a controlled specific surface area and its potential to ferulic acid release", RSC Adv., 10(47), 28019-28025 (2020).
- [2] S. Nakajima, S. Araki, Y. Kanda, S. Yamanaka, "Key particle properties of shells for cadmium chemisorption", Chemosphere, 287(3), 132257 (2022).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Matsuzaki Shinji, Azuma Kento, Lin Xuguang, Kuragano Masahiro, Uwai Koji, Yamanaka Shinya, Tokuraku Kiyotaka	4. 巻 11
2. 論文標題 Farm use of calcium hydroxide as an effective barrier against pathogens	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 7941
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-86796-w	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 -
1. 著者名 Sawada Michika, Sridhar Kandi, Kanda Yasuharu, Yamanaka Shinya	4. 巻 11
2. 論文標題 Pure hydroxyapatite synthesis originating from amorphous calcium carbonate	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 11546
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-91064-y	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
1. 著者名 Saito Kazuki, Hirabayashi Yasushi, Yamanaka Shinya	4. 巻 11
2. 論文標題 Reduction of formaldehyde emission from urea-formaldehyde resin with a small quantity of graphene oxide	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 32830 ~ 32836
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1RA06717F	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 -
1. 著者名 Nakajima Suguru, Araki Shuntaro, Sasamoto Ryo, Kanda Yasuharu, Yamanaka Shinya	4. 巻 287
2. 論文標題 Key particle properties of shells for cadmium chemisorption	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemosphere	6. 最初と最後の頁 132257 ~ 132257
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemosphere.2021.132257	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 -

1. 著者名 Sasamoto Ryo, Kanda Yasuharu, Yamanaka Shinya	4. 巻 297
2. 論文標題 Difference in cadmium chemisorption on calcite and vaterite porous particles	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemosphere	6. 最初と最後の頁 134057 ~ 134057
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemosphere.2022.134057	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 -

1. 著者名 山中真也, 上井幸司, 徳樂清孝	4. 巻 603
2. 論文標題 家畜衛生用消石灰に関する研究開発 ~ 研究背景と粒状化技術 ~	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 LIME	6. 最初と最後の頁 11 ~ 15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 山中真也	4. 巻 14
2. 論文標題 消石灰をめぐるパトシリレー	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 粉体技術	6. 最初と最後の頁 37 ~ 41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Yamanaka Shinya, Hirano Shuya, Uwai Koji, Tokuraku Kiyotaka	4. 巻 2
2. 論文標題 Design of calcium hydroxide-based granules for livestock sanitation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Case Studies in Chemical and Environmental Engineering	6. 最初と最後の頁 100005 ~ 100005
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cscee.2020.100005	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 -

1. 著者名 Kadota Kazunori, Ibe Toi, Sugawara Yuto, Takano Hitomi, Yusof Yus Aniza, Uchiyama Hiromasa, Tozuka Yuichi, Yamanaka Shinya	4. 巻 10
2. 論文標題 Water-assisted synthesis of mesoporous calcium carbonate with a controlled specific surface area and its potential to ferulic acid release	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 28019 ~ 28025
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0RA05542E	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

1. 著者名 Mizuno Rei, Tsuchihashi Reina, Furukawa Shingo, Takano Hitomi, Takase Mai, Kuga Yoshikazu, Yamanaka Shinya	4. 巻 98
2. 論文標題 Preparation of concentrated multilayer graphene dispersions and TiO ₂ -graphene composites for enhanced hydrogen production	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Diamond and Related Materials	6. 最初と最後の頁 107516 ~ 107516
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.diamond.2019.107516	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 Yamanaka Shinya, Urushido Yuki, Kanda Yasuharu	4. 巻 56
2. 論文標題 Production Mechanism of Fine Particles with High Specific Surface Area through Water Addition to the Ground Products	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Society of Powder Technology, Japan	6. 最初と最後の頁 501 ~ 504
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4164/sptj.56.501	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 Kouzu Masato, Satoh Ryosuke, Yamanaka Shinya	4. 巻 57
2. 論文標題 Embedding Fe ₃ O ₄ Nano-particles in Mesoporous Silica SBA15 and Catalytic Application of the Prepared Composite	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Society of Powder Technology, Japan	6. 最初と最後の頁 80 ~ 87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4164/sptj.57.80	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 -

〔学会発表〕 計46件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 坂脇大地, 山中真也
2. 発表標題 莫大な比表面積を有する多孔性炭酸カルシウムの合成
3. 学会等名 2021年度粉体操作に伴う諸現象に関する勉強会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 笹本諒, 山中真也
2. 発表標題 多孔性炭酸カルシウムのカドミウムイオン吸着機構
3. 学会等名 2021年度粉体操作に伴う諸現象に関する勉強会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Yamanaka, K. Sridhar, K. Kadota, H. Uchiyama, Y. Tozuka, Y. Yusof
2. 発表標題 Preparation of mesoporous calcium carbonate by crystallization processing
3. 学会等名 21st International Symposium on Industrial Crystallization (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山中真也, 澤田未智花, Kandi Sridhar, 神田康晴
2. 発表標題 アモルファス炭酸カルシウムを出発源とするヒドロキシアパタイトの合成
3. 学会等名 第58回粉体に関する討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡部湧也, 山中真也
2. 発表標題 ゼオライト含有粒状消石灰のpH持続性に関する検討
3. 学会等名 第31回化学工学・粉体工学研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 笹本諒, 遠藤愛美, 北野沙也佳, 秋本結輝, 神田康晴, 山中真也
2. 発表標題 多孔性炭酸カルシウムのCd ²⁺ 吸着メカニズムの追求
3. 学会等名 第31回化学工学・粉体工学研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坂脇大地, 北野沙也佳, 遠藤愛美, 秋本結輝, 山中真也
2. 発表標題 超高比表面積炭酸カルシウムの合成
3. 学会等名 日本海水学会若手会第13回学生研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 戸田柚那, 大磯孝弘, 秋本結輝, 山中真也
2. 発表標題 非晶質炭酸カルシウムを用いるヒドロキシアパタイトの合成
3. 学会等名 日本海水学会若手会第13回学生研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山中真也
2. 発表標題 みんなで一緒にゼロカーボン~いぶりから世界へ、室蘭工業大学の役割
3. 学会等名 TEAM「ゼロカーボンいぶり」キックオフ・セミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山中真也
2. 発表標題 多機能粒状消石灰の実用化に向けた取り組み
3. 学会等名 令和3年度飼養衛生管理講習会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山中真也，上井幸司，徳樂清孝，中野浩幸，中野誠一，西川雄亮，野村孝義，澁谷直樹，矢嶋健太，山田雄大，片山貴志
2. 発表標題 消毒効果が見える！まきやすい！長持ちする！粒状消石灰
3. 学会等名 アグリビジネス創出フェア
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山中真也，上井幸司，徳樂清孝，中野浩幸，中野誠一，西川雄亮，野村孝義，澁谷直樹，矢嶋健太，山田雄大，片山貴志
2. 発表標題 鳥インフルエンザ等家畜伝染病防疫のための多機能粒状消石灰の実用化
3. 学会等名 「知」の集積と活用の場 産学官連携協議会「令和2年度ポスターセッション」
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 澤田未智花, 大磯孝弘, 秋本結輝, 山中真也
2. 発表標題 非晶質炭酸カルシウムを出発源とするアパタイトの合成
3. 学会等名 第30回化学工学・粉体工学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊邇冬威, 大磯孝弘, 秋本結輝, 山中真也
2. 発表標題 炭酸カルシウム顔料の隠蔽性向上に関する検討
3. 学会等名 第30回化学工学・粉体工学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 水嶋雪乃, 大磯孝弘, 秋山結輝, 山中真也
2. 発表標題 粉碎貝殻を原料とするアパタイト合成
3. 学会等名 日本海水学会若手会第12回学生研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 笹本諒, 北野沙也佳, 遠藤愛美, 秋山結輝, 神田康晴, 山中真也
2. 発表標題 多孔性炭酸カルシウムのカドミウムイオン吸着機構
3. 学会等名 日本海水学会若手会第12回学生研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂脇大地, 北野沙也佳, 遠藤愛美, 秋山結輝, 山中真也
2. 発表標題 多孔性炭酸カルシウムの合成におけるクエン酸の添加効果
3. 学会等名 第23回化学工学会学生発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋亮, 馬渡康輝, 高瀬舞, 神田康晴, 山中真也, 田畑昌祥
2. 発表標題 一置換芳香族アセチレンの重合反応による液体有機ハイドライド中の水素貯蔵量の可視化
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永山綾乃, 伊邊冬威, 藤森美季, 内山博雅, 門田和紀, 山中真也, 戸塚裕一
2. 発表標題 炭酸カルシウムの結晶形がフェルラ酸の溶出挙動に及ぼす影響
3. 学会等名 日本海水学会第70年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤徳寿, 古川慎悟, 中島克, 上野錬, 高瀬舞, 山中真也, 神田康晴
2. 発表標題 TiO ₂ 担持CoMo系脱硫触媒の活性に対する調製法の影響
3. 学会等名 日本化学会北海道支部2019年夏季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山中真也
2. 発表標題 海洋資源を活かす。ホタテ貝殻からヒントを得て
3. 学会等名 第90回バイオメテイクス市民セミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤和希, 山中真也
2. 発表標題 合板用接着剤のフィラーに適した炭素系微粒子の設計
3. 学会等名 2019年度粉体操作に伴う諸現象に関する勉強会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 二川目直輝, 山中真也
2. 発表標題 マグネタイトナノシートの合成と機能探索
3. 学会等名 2019年度粉体操作に伴う諸現象に関する勉強会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Yamanaka
2. 発表標題 Preparation and Characterization of Mesoporous Calcium Carbonate by Crystallization Processing
3. 学会等名 International Symposium on Materiome Research 2019（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島克, 神田康晴, 山中真也
2. 発表標題 貝殻粉体の粒子特性がカドミウムイオンの吸着特性に及ぼす影響
3. 学会等名 粉体工学会第54回技術討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山中真也, 漆戸勇貴, 神田康晴
2. 発表標題 溶媒添加による粉碎物の高比表面積化
3. 学会等名 粉体工学会第54回技術討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤本敏行, 山中真也, 空閑良壽
2. 発表標題 大きさの等しいエアロゾル粒子の凝集速度定数のLangevin動力学法による計算
3. 学会等名 第36回エアロゾル科学・技術研究討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 李永俊, 藤本敏行, 山中真也, 空閑良壽
2. 発表標題 噴霧熱分解法によるAu担持ZnO粒子の生成を評価
3. 学会等名 第36回エアロゾル科学・技術研究討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松崎慎史, 上井幸司, 山中真也, 徳樂清孝
2. 発表標題 粉末消石灰の「待ち受け消毒」条件下における消毒効果の評価
3. 学会等名 第71回日本生物工学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Fujimoto, S. Yamanaka, Y. Kuga
2. 発表標題 Langevin Dynamics Calculation of Brownian Coagulation Coefficient for Spherical Equal-size Aerosol Particles in Transient Regime
3. 学会等名 18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress (APCCHE 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y.-J. Lee, T. Fujimoto, S. Yamanaka, Y. Kuga
2. 発表標題 Formation and Evaluation of Au/ZnO Particles by Spray Pyrolysis Method
3. 学会等名 18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress (APCCHE 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山中真也
2. 発表標題 ホタテ貝殻の粉碎、再資源化に関する研究と
3. 学会等名 2019年度合同分科会 (第2回輸送分科会, 第2回分級ふるい分け分科会) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山中真也, 上井幸司, 徳樂清孝
2. 発表標題 消石灰粉体の粒状化、可視化、延命化を紹介します！
3. 学会等名 APPIE産学官連携フェア2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤徳寿, 中島克, 上野錬, 高瀬舞, 山中真也, 神田康晴
2. 発表標題 CoMo/TiO ₂ 触媒の脱硫特性に対する金属 - 担体相互作用の影響
3. 学会等名 石油学会山形大会 (第49回石油・石油化学討論会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Abe, S. Yamanaka, M. Osada
2. 発表標題 Isotropic and anisotropic crystalline growth of magnetite nanostructures in polyols
3. 学会等名 International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2019 (ICMaSS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島克, 神田康晴, 山中真也
2. 発表標題 粉碎操作と貝殻の多形がカドミウムイオンの吸着に及ぼす影響
3. 学会等名 第6回海水・生活・化学連携シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山中真也, 上井幸司, 徳樂清孝
2. 発表標題 工学的な視点に基づく家畜伝染病の予防
3. 学会等名 第6回海水・生活・化学連携シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋藤和希, 山中真也, 平林靖
2. 発表標題 炭素系微粒子を用いたコリア樹脂中のホルムアルデヒドの吸着
3. 学会等名 第6回海水・生活・化学連携シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 二川目直輝, 山中真也
2. 発表標題 マグネタイト微粒子の形状制御と電気伝導特性
3. 学会等名 第6回海水・生活・化学連携シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 澤田未智花, 山中真也
2. 発表標題 非晶質炭酸カルシウムを出発源としたリン酸系カルシウム化合物の合成
3. 学会等名 第6回海水・生活・化学連携シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山中真也, 土橋礼奈, 水野黎, 神田康晴, 高瀬舞, 空閑良壽
2. 発表標題 天然黒鉛を原料とするグラフェン・多層グラフェン分散液の新規調製法
3. 学会等名 第57回粉体に関する討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山中真也, 平野秀弥, 松崎慎史, 上井幸司, 徳樂清孝, 中野浩幸, 中野誠一, 西川雄亮, 野村孝義
2. 発表標題 伝染性疾病の予防に使用する粒状消石灰の設計
3. 学会等名 第29回化学工学・粉体工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 李永俊, 川島遼平, 藤本敏行, 山中真也, 空閑良壽
2. 発表標題 有機廃液処理を目的としたAu担持酸化亜鉛粒子の生成と光分解特性
3. 学会等名 第29回化学工学・粉体工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Matsuzaki, K. Azuma, X. Lin, M. Kuragano, K. Uwai, S. Yamanaka, K. Tokuraku
2. 発表標題 Biological evaluation of disinfecting effect of slaked lime under the situation of “standby disinfection”
3. 学会等名 Joint Seminar on Environmental Science and Disaster Prevention Research 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 渡部湧也, 平野秀弥, 山中真也
2. 発表標題 造粒条件が粒状消石灰の硬さに及ぼす影響
3. 学会等名 日本海水学会若手会第11回学生研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 笹本諒, 中島克, 神田康晴, 山中真也
2. 発表標題 多孔性炭酸カルシウムのカドミウムイオン吸着能
3. 学会等名 日本海水学会若手会第11回学生研究発表会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 可視化剤、これを用いた消毒剤の有効性判定方法及び炭酸化の検出方法	発明者 中野浩幸, 中野誠一, 徳樂清孝, 山中真也, 上井幸司	権利者 株式会社コア, 国立大学法人室 蘭工業大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-44879	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 可視化剤、これを用いた消毒剤の有効性判定方法及び炭酸化の検出方法	発明者 中野浩幸, 中野誠一, 徳樂清孝, 山中真也, 上井幸司	権利者 株式会社コア, 国立大学法人室 蘭工業大学
産業財産権の種類、番号 特許、特許第6820575号	取得年 2021年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

室蘭工業大学研究者データベース https://rdsoran.muroran-it.ac.jp/html/100000163_ja.html
--

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	門田 和紀 (KADOTA Kazunori) (50709516)	大阪医科薬科大学・薬学部・准教授 (34401)	

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			
マレーシア	Universiti Putra Malaysia			
インドネシア	National Research and Innovation Agency			
その他の国・地域	Fu Jen Catholic University			
インドネシア	Indonesian Oil Palm Research Institute			