

令和 5 年 5 月 25 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H02504

研究課題名(和文) 界面活性剤不要の水/CO<sub>2</sub>界面制御によるナノ粒子合成・表面修飾・分離技術の開発研究課題名(英文) Nanoparticles synthesis, surface-modification and separation by manipulating water/CO<sub>2</sub> interface without the use of surfactants

研究代表者

鷺坂 将伸 (SAGISAKA, Masanobu)

弘前大学・理工学研究科・教授

研究者番号：60374815

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の物質溶解能力は、圧力によって大きく変化するため、圧力操作のみで脱溶媒が可能な省エネでシンプルな製造プロセスを達成できる。本研究では、汚染物となる界面活性剤を使用せずに、高压CO<sub>2</sub>流体中に分散させた無数のナノ水滴(W/C-ND)または、微細なCO<sub>2</sub>-in-water型泡(C/W泡)を発生させた。そして、W/C-NDを利用したナノ粒子の合成・表面処理技術とC/W泡を利用したナノ粒子の抽出・表面処理(ナノ粒子ヤヌス化)・分離・回収技術を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

界面活性剤不要のW/C-NDおよびW/C泡をナノ粒子製造・表面修飾へ応用する研究は世界初であり、大量の溶媒や鑄型材料等添加物、高価な特殊装置の利用、複雑な工程など従来法のような欠点を克服した技術になる。原油の枯渇が迫る中、石油化学製品の利用は最低限に抑えるべきであり、本技術のような省エネルギー・クリーン・効率的なプロセスは、化石資源依存から脱する持続性社会に向けた技術として、世界中で、特に化石資源の少ない日本で貢献する。本成果は、CO<sub>2</sub>に対して未踏のナノコロイド領域を開拓し、CO<sub>2</sub>の有効利用とエネルギー・環境問題の解決の一助となる有望な将来技術を導く重要な意義をもつ。

研究成果の概要(英文)：Solubility in CO<sub>2</sub> fluid increase with increasing pressure, and lowering pressure leads precipitation of materials dissolved. Then a solvent removal process in chemical industry using supercritical CO<sub>2</sub> easily achieved by operating pressure. Our research group recently succeeded formation of water-in-CO<sub>2</sub> nanodispersions (W/C-NDs) and CO<sub>2</sub>-in-water foams (C/W foams) without surfactant being a waste after use. This study developed new W/C-ND stabilizers without fluorine atoms and a typical surfactant architecture. techniques of nanoparticle synthesis/surface-modification in W/C-NDs with the stabilizer, and of Janus-type surface modification of extracted nanoparticles using C/W foams.

研究分野：界面化学、コロイド化学、超臨界流体工学

キーワード：二酸化炭素 泡 水 分散 ヤヌス粒子 分子集合体 表面修飾

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

ナノ粒子の合成、表面修飾、選択的抽出には、有機溶剤、保護剤(表面修飾剤、界面活性剤など)、鋳型やサイズ分別のためのナノ構造体、遠心分離など特殊装置、複雑な作業工程などを必要とするため大量生産に難があり、高コストになる傾向がある。そこで、最低限の成分からなるシンプルな系、単純な操作工程、大量生産可能なナノ粒子の合成や選択的抽出の技術が必要とされている。近年、CO<sub>2</sub>の高圧流体を有機溶媒の代替とした化学工業プロセスが開発されており、減圧操作のみで溶媒除去が達成できる大きな利点がある。また、CO<sub>2</sub>流体に親和性の高い低分子量かつ低極性物質に対してナノ粒子製造も可能になっているが、親和性の低い高分子量物質や極性物質(親水性ポリマーや無機物)には適用できない。一方で、鷲坂らは、界面活性剤ではないフッ素系低極性分子により、CO<sub>2</sub>流体中に無数のナノ水滴(W/C-ND, 図1)を形成させることに成功した。これは、CO<sub>2</sub>流体の無極性物質溶解力と、水の極性物質溶解力を併せ持った、揮発性有機溶媒(VOC)の環境負荷や火災事故のない、水とCO<sub>2</sub>からなる“環境調和型万能溶剤”として注目されている。一方で、このW/C-NDの閉じられた水ナノ空間は、親水性ポリマーや無機ナノ粒子のためのナノリアクターやナノセパ

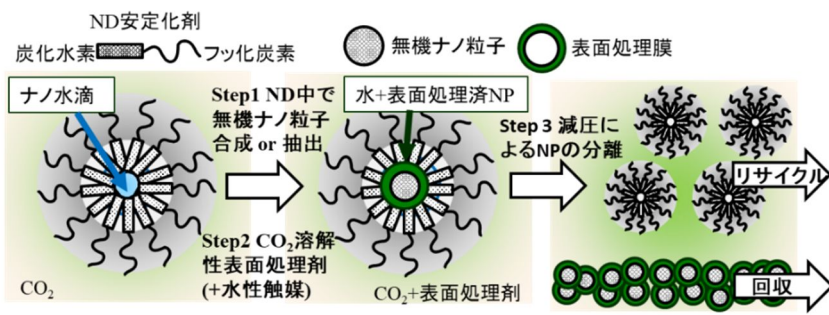


図1 W/C-NDの構造(左)とナノ粒子合成・表面処理・分離回収(中央,右)

レーターとして機能する。さらに鷲坂らは、シリカナノ粒子がCO<sub>2</sub>-in-water型の泡(C/W泡)を発生することを発見した。シリカ粒子サイズが大きくなると泡は劇的に不安定化したため、この泡はナノ粒子の選択的抽出(図2①③)に利用できる。また、シリカナノ粒子は泡中のCO<sub>2</sub>/水界面に同在し、その構造を安定化させていると考えられる。したがって、CO<sub>2</sub>流体に溶解する表面処理剤を添加することで、界面に存在するシリカナノ粒子のCO<sub>2</sub>側表面に対して、表面修飾(ナノ粒子ヤヌス化, 図2③④)が可能になるはずである。なお、ナノ粒子のヤヌス化技術はこれまでに確立されていないため、世界初の手法となる。特筆すべき点は、W/C-NDもC/W泡も、単純な無極性分子またはシリカナノ粒子のみで安定化できる点であり、使用後の目的物質の汚染を最小化できること、さらに、水は全体の10vol%以下であり、減圧時には水とCO<sub>2</sub>が相分離するため、目的物質の分離・回収・濃縮が容易に行える。すなわち、必要最低限の成分でシンプルな系、単純な操作工程、大量生産可能な、ナノ粒子の合成や選択的抽出の技術となりえる。

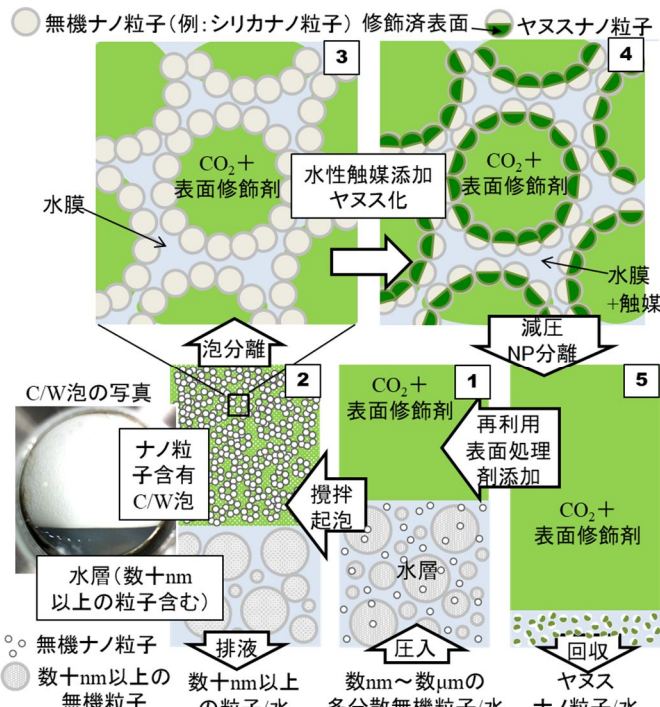


図2 C/W泡の発生(①②)と構造(③)、ナノ粒子のヤヌス化(③④)と分離・回収(④⑤)、CO<sub>2</sub>/修飾剤再利用(⑤①)

2. 研究の目的

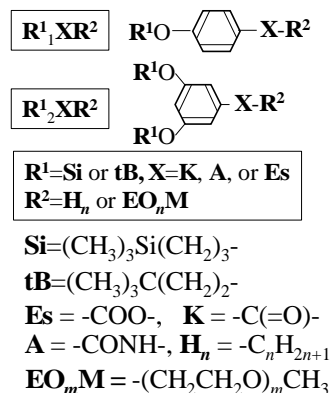
低コスト・省エネ・シンプル・大量生産可能な工程を実現する新規ナノリアクター & ナノセパレーターとして、W/C-NDとC/W泡が有効に機能することを実証した。詳細には□CO<sub>2</sub>流体中にナノ水滴を分散させる「非フッ素系」で「非界面活性剤」の汎用性 W/C-ND安定化剤の設計指針の解明と分子開発、□W/C-NDを用いたナノ粒子合成・表面処理・分離・回収技術(図1)の最適条件および最適材料の解明、□C/W泡の形成を利用したナノ粒子の選択的抽出・表面処理(ナノ粒子ヤヌス化)・分離・回収技術(図2)の最適条件および最適材料の解明を行った。

3. 研究の方法

3.1 非フッ素系で非界面活性剤の汎用性 W/C-ND安定化剤の設計

フッ化炭素の代わりに親CO<sub>2</sub>基R<sup>1</sup>として、トリメチルシリル(TMS)基またはt-ブチル(tB)基を導入した

種々の非フッ素系 W/C-ND 安定化剤(図 3)を合成した。なお、X は親水性連結基、R<sup>2</sup> は疎 CO<sub>2</sub> 基であり、図 3 のような配置にすることで疎 CO<sub>2</sub> 基を内側に親 CO<sub>2</sub> 基を外側に向けた図 1 のような分子集合体が形成し、内部にある親水性連結基が水の保持を担うと考えられる。図 4 の装置を利用した相挙動観察による安定化剤の CO<sub>2</sub> 中での溶解挙動と W/C-ND 形成挙動の確認、FT-IR スペクトル測定による水可溶化状態の確認、小角中性子散乱(SANS)測定(英国 Rutherford Appleton 研究所, SANS2D)による ND のナノ構造の評価を行い、最も効率の良い非フッ素系 W/CO<sub>2</sub>ND 安定化剤を探索した。



### 3.2 W/C-ND を用いたナノ粒子合成・表面処理・分離・回収

図 4 の装置を作製・利用して Ag NPs を、図 5 の装置を作製・利用して ZnS NPs と ZnS コア/SiO<sub>2</sub> シェルナノ粒子の合成を行った。Ag

図 3 W/C-ND 安定化剤の構造

NPs では、AgNO<sub>3</sub> を含む W/C-ND にとクエン酸水溶液を 6-port valve から添加することで、または AgNO<sub>3</sub> 含有 W/C-ND への紫外線照射により合成した。ZnS NPs の場合、Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> と Na<sub>2</sub>S をそれぞれ含む 2 つの W/C-ND を別々のセルで調製し、混合することで合成した。さらに、ZnS NPs 合成後の W/C-ND にテトラメトキシシラン(TMOS)を 6-port valve で添加し、W/C-ND 中の水と加水分解重縮合反応させ、ZnS NPs 表面にシリカ膜を調製し、ZnS コア/SiO<sub>2</sub> シェル型複合ナノ粒子を調製した。反応条件の詳細を以下に示す。

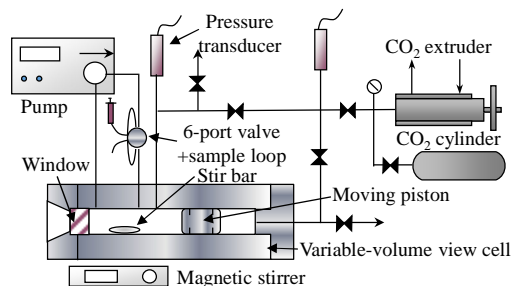


図 4 相挙動観察およびナノ粒子合成装置

[ Ag NPs 調製(クエン酸還元)] 160 mM SiKH5, 原料: 8 mM AgNO<sub>3</sub> 水溶液, 28mM クエン酸水溶液, 45 °C, 350bar, W<sub>0</sub> = 2.5, 反応時間: 12 時間

[ Ag NPs 調製(光照射)] 80mM SiKH5 または tBKHS, 0.3 M AgNO<sub>3</sub> 水溶液, 45 °C, 200bar, W<sub>0</sub> = 5, 光照射: 波長 365nm (光強度 23 mW/cm<sup>2</sup>), 反応時間: 3 時間

[ ZnS コア/シリカシェル複合ナノ粒子調製] 50 mM SiKH5, 原料: 200 mM Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 水溶液, 400 mM Na<sub>2</sub>S 水溶液, 45 °C, 350bar, W<sub>0</sub> = 5(水 90μL 分), TMOS 80 μL 反応時間: ZnS 合成 3 時間, シリカ合成 17 時間.

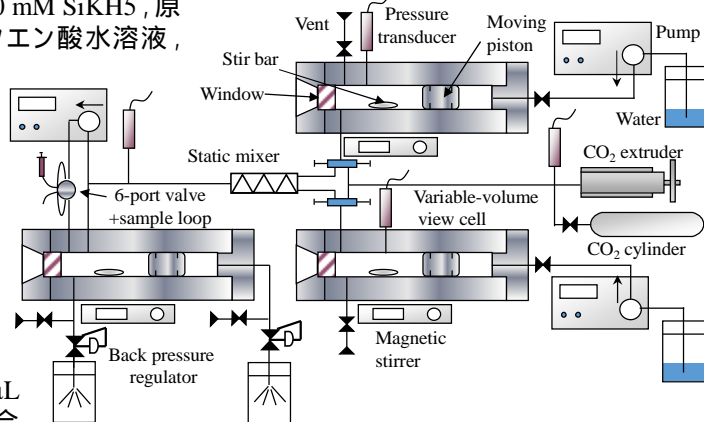


図 5 コア/シェル型ナノ粒子合成装置

### 3.3 C/W 泡の形成を利用したナノ粒子の選択的抽出・表面処理(ナノ粒子ヤヌス化)・分離・回収

図 6 の装置を用い、C/W 泡の形成・観察を行った。材料はシリカゾル、親水基および疎水基導入用シランカップリング剤、乳酸 1.2wt%, 塩酸(pH1.5 に調整用)を組み合わせて用いた。上記材料を混合した水溶液を装置内のセルに容量の半量ほど入れて封入、35 °C で圧力 150bar になるまで CO<sub>2</sub> を圧入した。その後、1400rpm で攪拌しながら合計 1 時間泡の形成挙動を観察した。その後、生成した C/W 泡を 35 °C で 18 時間静置してさらに反応させた。シリンダー後部に水を 2.5mL/min で圧入し、圧力を 200bar に維持したまま排圧弁から、最初の 10mL 分の C/W 泡を回収した。回収した粒子を水酸化ナトリウムで pH7 に調製後、10000rpm で 10 分間遠心分離し、デカンテーションを行いエタノールで洗浄した。さらに同様の手順で遠心分離し、デカンテーションを行い純水で洗浄(下線部は 2 回実行)することで界面活性シリカナノ粒子を得た。なお、得られた粒子は水分散液の状態では保存した。親水基導入シランカップリング剤には 3-Glycidyloxypropyltrimethoxysilane (GPS), 3-Aminopropyltrimethoxysilane(APTMS), 3-Aminopropyltriethoxysilane(APTES), 疎水基導入シランカップリング剤には、Phenyltrimethoxysilane (PTMS), Trimethoxy(alkyl)silane(炭化水素数別に C1, C3, C8, C12, C16)を用いた。

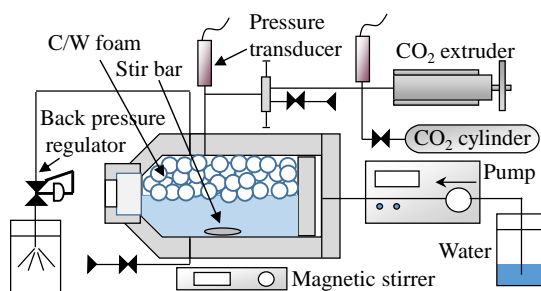


図 6 C/W 泡形成と表面修飾・分離回収装置

#### 4. 研究成果

##### 4.1 新規非フッ素系 W/C-ND 安定化剤の W/C-ND 形成とナノ構造

開発したいくつかの TMS 基および親 CO<sub>2</sub> 基とした非フッ素系 W/C-ND 安定化剤は、35 ~ 75 のどの温度でも 200 気圧以上で水/CO<sub>2</sub> 混合物の透明な一液相を形成した。この透明な一液相は、光を散乱しないほど小さな粒子(ナノサイズの粒子)として水滴が分散した W/C-ND と考えられる。これらの系では赤外吸収スペクトル上に水素結合した水の OH 伸縮由来の 3000 ~ 3500cm<sup>-1</sup> のブロードな吸収が確認された。これは、水が単に分子として CO<sub>2</sub> に溶解しているわけではなく、集団として存在することを意味し、W/C-ND の形成を支持する。W/C-ND 安定化剤に対する水のモル比  $W_0$  を増加させるとその吸収は増大し、ナノ水滴が成長する様子も確認された。

上述の W/C-ND と思われる系について、SANS 測定を行ったところ、図 7 のようなデータを得た。分子内に 2 つの TMS 基を導入した TMS<sub>2</sub>EsEO<sub>2</sub>M の  $W_0=15$  の場合(図 7 上図)では、円筒状粒子の存在を示す  $Q^{-1}$  の傾きが表れ、半径 1.6nm 長さ 45nm 程度の円筒状粒子の理論曲線(実線)とよく一致し、その粒子の存在を明らかにした。一方で、1 つの TMS 基をもつ TMS<sub>1</sub>KH<sub>5</sub> の  $W_0=2.5 \sim 7.5$  の条件(図 7 下図)では、厚さ 4.6 ~ 5.5 nm、半径 7 ~ 69nm 程度の円盤状粒子の理論曲線とよく一致した。以上のように親 CO<sub>2</sub> 基の TMS 基数の増加によって、より曲率の大きな W/C-ND(円盤棒状)を形成することがわかった。また、TMS<sub>1</sub>KH<sub>5</sub> の TMS 基を t-butyl 基に変更した tBKH<sub>5</sub> でも同様に相挙動観察、赤外スペクトル測定、SANS 測定から W/C-ND の形成が確認され、TMS 基よりは効果が弱い t-butyl 基が親 CO<sub>2</sub> 基として機能し、ND 安定化剤の開発に利用できることが分かった。

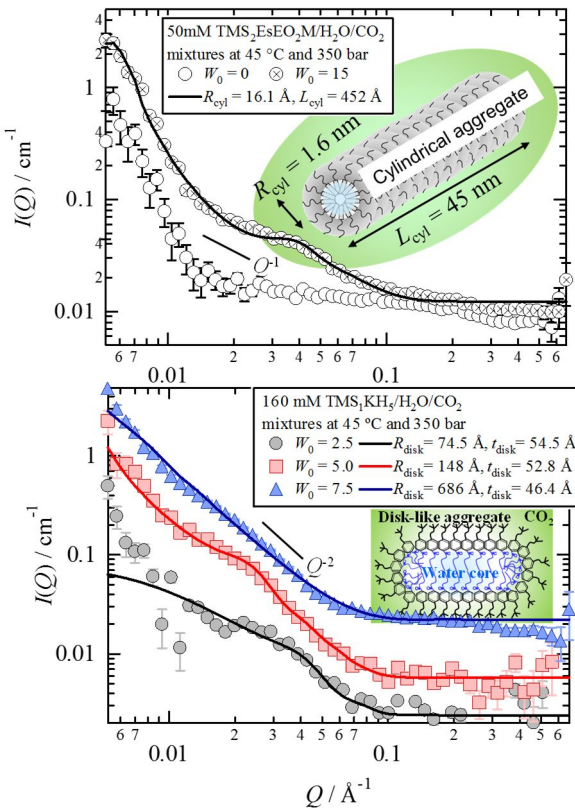


図 7 開発した非フッ素系 W/C-ND 安定化剤を加えた 45、350bar の H<sub>2</sub>O/CO<sub>2</sub> 混合物の SANS 測定データ(プロット)とフィッティングした円筒状および円盤状粒子の理論曲線(実線)  $L_{cyl}$ : 円筒長、 $R_{cyl}$ : 円筒半径、 $R_{disk}$ : 円盤半径、 $t_{disk}$ : 円盤の厚さ)

##### 4.2 W/C-ND を用いたナノ粒子合成・表面処理・分離・回収技術の開発

Ag ナノ粒子の調製について、硝酸銀水溶液を含む W/C-ND を利用して行った。まず、還元剤としてクエン酸水溶液を添加して行った場合(3.2 の条件)の得られた銀ナノ粒子の SEM 画像を図 8 の上図に示す。サブミクロンサイズの凝集体内部に数十 nm サイズの銀粒子の存在が確認された。また、紫外可視吸収スペクトル測定により 428nm をピークとする光吸収と、動的光散乱測定によりモード径 69nm が観測された。一方で、光照射による銀ナノ粒子の合成の場合(3.2 の条件)では、SiKH5 を用いた場合 424 nm、tBKH5 を用いた場合では 441 nm を中心としたピークが紫外可視吸収スペクトルに表れた。これらの光吸収特性から、それぞれ 49 nm と 84 nm の粒子径をもつ銀ナノ粒子が存在することが文献から推定された<sup>1)</sup>。SiKH5 に比べて tBKH5 ではより大きな銀ナノ粒子が形成したことについて、TMS 基に比べて t-butyl 基の親 CO<sub>2</sub> 性が弱く、分子間および液滴間の凝集力が強くは働き、より大きな W/C-ND を形成していたためと考えられる。

次に、ZnS コア/シリカシェル複合ナノ粒子を 3.2 の条件の SiKH5 の W/C-ND 中で合成した。複合粒子の紫外可視吸収スペクトル測定では ZnS ナノ粒子由来と思われる 320nm を中心とした吸収ピークが観測された。この複合粒子の SEM 観察結果を図 8 の下図に示す。数十 ~ 数百 nm のキューブ状の粒子が確認された。このキューブ形状は、シリカシェル形成後も ZnS ナノ粒子の形状が最表面のシリカシェルの形状にも影響を残したためと考えられる<sup>2)</sup>。なお、EDS 分析により粒子表面にはシリカ成分(Si と O)が多く検出されたことからシリカシェルの存在が確かめられた。DLS 測定においては、モード径 50nm の粒子が検出された。以上のことから W/C-ND を利用して、ナノ粒子だけでなくシェルの形成のような表面修飾も可能であることが確認された。また、排圧弁から取り出すことで CO<sub>2</sub> が気化、除去され、粒子を

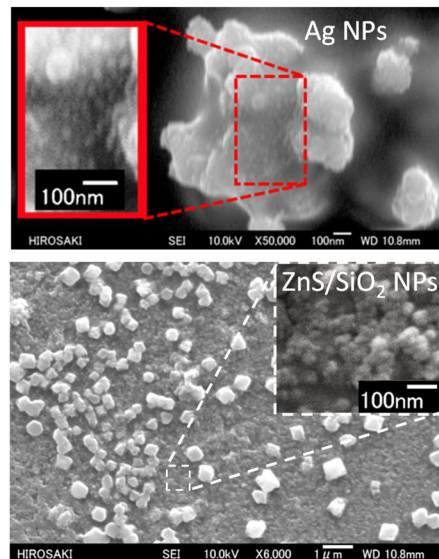


図 8 W/C-ND 中で合成された Ag NPs(クエン酸還元)と ZnS/SiO<sub>2</sub> NPs の SEM 観察像

分析により粒子表面にはシリカ成分(Si と O)が多く検出されたことからシリカシェルの存在が確かめられた。DLS 測定においては、モード径 50nm の粒子が検出された。以上のことから W/C-ND を利用して、ナノ粒子だけでなくシェルの形成のような表面修飾も可能であることが確認された。また、排圧弁から取り出すことで CO<sub>2</sub> が気化、除去され、粒子を

簡単に回収でき効率的であることも実証された。

#### 4.3 C/W 泡の形成を利用したナノ粒子の選択的抽出・表面処理(ナノ粒子ヤヌス化)・分離・回収

C/W 泡を反応場として用いたヤヌス型シリカナノ粒子の調製に最適な条件を探索するため、様々な粒子サイズのシリカ粒子を利用し、その濃度や pH, 温度, 圧力条件, キャッピング剤の有無, 様々なシランカップリング剤を試験した。より粒子径が小さく酸性条件で安定な ST-OXS(粒子径 5nm)1wt%, 親水基導入カップリング剤としてノニオン性の GPS, 疎水基導入カップリング剤として最も泡形成が可能な PTMS, キャッピング剤として乳酸を用い、反応性を良くするための塩酸による pH 調整(pH1.5)を行うのが最適だった。この最適条件で調製された粒子(Janus(G1.0 P0.5))のゼータ電位は、未修飾粒子と比較して上昇しており、表面修飾反応の進行を明示した。

Janus(G1.0 P0.5)が実際にヤヌス化しているかを間接的に証明するため、油/水界面に吸着・配向した粒子膜を固定化し、膜表裏面の水接触角を測定した(図9)。固定化にはパラフィンと光硬化樹脂 TMPTA に光重合開始剤 Irgacure907 を用いた。これにより、ヤヌス粒子の場合は、親水面と疎水面それぞれを露出した場合の水接触角を調査した。なお、ヤヌス粒子との比較のため、Janus(G1.0 P0.5)の材料を均一溶液中でランダムに表面修飾した Random(G1.0 P0.5)も調製した。Random(G1.0 P0.5)では親水面(89.2°)と疎水面(89.1°)の接触角に差はほとんど見られないが、Janus(G1.0 P0.5)は親水面(86.8°)よりも疎水基配向面(104.9°)でより高い水接触角を示した。これは、Janus(G1.0 P0.5)の表面選択的な疎水基・親水基修飾(ヤヌス化)の実現を示唆している。また、パラフィンに吸着させた際に各粒子の吸着率を計算すると、Random(G1.0 P0.5)は 34.4%, Janus(G1.0 P0.5)は 66.5%となり、Janus(G1.0 P0.5)の界面吸着能力の高さが実証された。

さらに、Janus(G1.0 P0.5)のピッカリングエマルジョン用乳化剤としての応用を考え、エマルジョン安定化能力の評価を行った。様々な pH や油相、塩濃度条件で評価を行ったが、Janus(G1.0 P0.5)はほぼ全ての条件においてエ

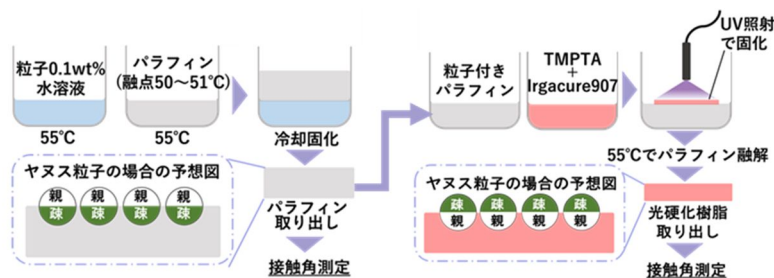


図9 ヤヌス粒子の親水性面および疎水性面の配向膜の作成手順

マルジョン量の経時変化が少なく、エマルジョンの安定化能力に優れていた。これは、様々な条件においてヤヌス型粒子は、高い界面吸着能力を発揮し、エマルジョンの安定性を高い状態で維持できることを示唆している。

また、形成したデカン/水エマルジョンに対して加速試験として遠心分離を行うと、Random(G1.0 P0.5)に比べて Janus (G1.0 P0.5)は遠心回転速度が高くなってもエマルジョン状態を維持できることがわかった(図10)。このような高いピッカリングエマルジョンの安定性はヤヌス粒子の界面吸着量の多さと界面吸着力の強さにより、エマルジョンの液滴間の凝集・合一を抑制させるためと考えられる。言い換えれば、ヤヌス型構造が、その強い界面吸着力を生み出し、エマルジョンの安定性を高めることが示唆された。

以上のように界面活性およびエマルジョン安定化能力の高いナノサイズのヤヌス粒子を、C/W 泡を反応場として利用し、簡易に合成、分離、回収する技術を開発することに成功した。

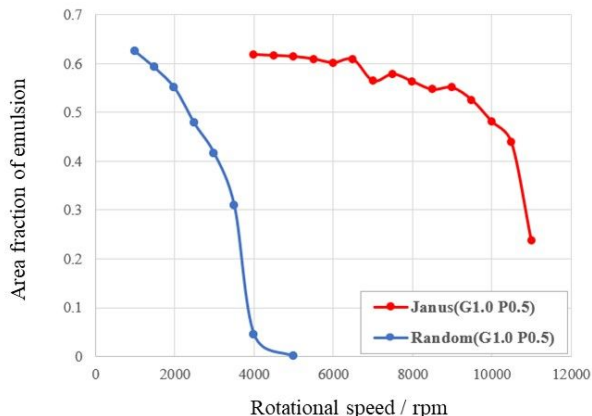


図10 O/W エマルジョン(デカン:水=1:1)について遠心力を付与した後のエマルジョンの面積分率と回転速度の関係(pH7, シリカ粒子濃度 0.1wt%)

#### 参考文献

- (1) J. Liang, S. Shen, S. Ye, L. Ye, *Radiation Physics and Chemistry*, 144, 5-11 (2015).
- (2) A. S. Barnard, C. A. Feigl and S. P. Russo, *Nanoscale*, 2, 2294-2301 (2010).

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 17件／うち国際共著 14件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 ARDYANI Tretya, MOHAMED Azmi, ABU Bakar Suriani, SAGISAKA Masanobu, HAFLIZ Mamat Mohamad, KHAIRUL Ahmad Mohd, IBRAHIM Sofian, ABDUL Khalil H.P.S., KING Stephen M., ROGERS Sarah E., EASTOE Julian	4. 巻 620
2. 論文標題 A guide to designing graphene-philic surfactants	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Colloid and Interface Science	6. 最初と最後の頁 346 ~ 355
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcis.2022.03.145	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 該当する
1. 著者名 ALEXANDER Shirin, BARRON Andrew R., DENKOV Nikolai, GRASSIA Paul, KIANI Sajad, SAGISAKA Masanobu, SHOJAEI Mohammad Javad, SHOKRI Nima	4. 巻 61
2. 論文標題 Foam Generation and Stability: Role of the Surfactant Structure and Asphaltene Aggregates	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Industrial & Engineering Chemistry Research	6. 最初と最後の頁 372 ~ 381
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.iecr.1c03450	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 該当する
1. 著者名 SAGISAKA Masanobu, ENDO Takumi, FUJITA Kazuki, UMETSU Yasushi, OSAKI Suzuna, NARUMI Tsuyoshi, YOSHIZAWA Atsushi, MOHAMED Azmi, GUITTARD Frederic, HILL Christopher, EASTOE Julian	4. 巻 631
2. 論文標題 Very low surface tensions with “Hedgehog” surfactants	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects	6. 最初と最後の頁 127690 ~ 127690
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.colsurfa.2021.127690	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 該当する
1. 著者名 JAMALUDDIN Nur Amirah, MOHAMED Azmi, BAKAR Suriani Abu, ARDYANI Tretya, SAGISAKA Masanobu, SAITO Haruka, MAMAT Mohamad Hafiz, AHMAD Mohd Khairul, ABDUL Khalil H. P. S., KING Stephen M., ROGERS Sarah E., EASTOE Julian	4. 巻 23
2. 論文標題 Fabrication and application of composite adsorbents made by one-pot electrochemical exfoliation of graphite in surfactant ionic liquid/nanocellulose mixtures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 19313 ~ 19328
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CP02206G	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 該当する

1. 著者名 JAMALUDDIN Nur Amirah, MOHAMED Azmi, ABU Bakar Suriani, ARDYANI Tretya, SAGISAKA Masanobu, SUHARA Shota, HAFIZ Mamat Mohamad, AHMAD Mohd Khairul, KING Stephen M., ROGERS Sarah E., EASTOE Julian	4. 巻 22
2. 論文標題 Highly branched triple-chain surfactant-mediated electrochemical exfoliation of graphite to obtain graphene oxide: colloidal behaviour and application in water treatment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 12732 ~ 12744
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CP01243B	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 該当する

1. 著者名 SAGISAKA Masanobu, SAITO Tatsuya, ABE Masashi, YOSHIKAWA Atsushi, BLESIC Marijana, ROGERS Sarah E., ALEXANDER Shirin, GUITTARD Fredric, HILL Christopher, EASTOE Julian	4. 巻 36
2. 論文標題 Water-in-CO <sub>2</sub> Microemulsions Stabilized by an Efficient Catanionic Surfactant	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 7418 ~ 7426
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.0c00970	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 該当する

1. 著者名 HILL Christopher, UMETSU Yasushi, FUJITA Kazuki, ENDO Takumi, SATO Kodai, YOSHIKAWA Atsushi, ROGERS Sarah E., EASTOE Julian, SAGISAKA Masanobu	4. 巻 36
2. 論文標題 Design of Surfactant Tails for Effective Surface Tension Reduction and Micellization in Water and/or Supercritical CO <sub>2</sub>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 14829 ~ 14840
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.0c02835	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 該当する

1. 著者名 SAGISAKA Masanobu, ENICK Robert M., EASTOE Julian	4. 巻 4
2. 論文標題 Design criteria for rod-like reverse micelles as viscosifiers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Accounts of Materials & Surface Research	6. 最初と最後の頁 50 ~ 60
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 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 SAGISAKA Masanobu	4. 巻 93
2. 論文標題 Surfactants for Supercritical Carbon Dioxide Dispersions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Japan Society of Colour Material	6. 最初と最後の頁 78 ~ 83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4011/shikizai.93.78	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 ARDYANI Tretya, MOHAMED Azmi, BAKAR Suriani Abu, SAGISAKA Masanobu, UMETSU Yasushi, MAMAT Mohamad Hafiz, AHMAD Mohd Khairul, KHALIL H.P.S. Abdul, KING Stephen, ROGERS Sarah E., EASTOE Julian	4. 巻 545
2. 論文標題 Surfactants with aromatic headgroups for optimizing properties of graphene/natural rubber latex composites (NRL): Surfactants with aromatic amine polar heads	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Colloid and Interface Science	6. 最初と最後の頁 184 ~ 194
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcis.2019.03.012	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 該当する

1. 著者名 KOVALCHUK Nina, SAGISAKA Masanobu, STEPONAVICIUS Kasparas, VIGOLO Daniele, SIMMONS Mark	4. 巻 23
2. 論文標題 Drop formation in microfluidic cross-junction: jetting to dripping to jetting transition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Microfluidics and Nanofluidics	6. 最初と最後の頁 103 ~ 103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10404-019-2269-z	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 ARDYANI Tretya, MOHAMED Azmi, ABU Bakar Suriani, SAGISAKA Masanobu, UMETSU Yasushi, HAFIZ Mamat Mohamad, KHAIRUL Ahmad Mohd, ABDUL Khalil H.P.S., KING Stephen M., ROGERS Sarah E., EASTOE Julian	4. 巻 228
2. 論文標題 Electrochemical exfoliation of graphite in nanofibrillated kenaf cellulose (NFC)/surfactant mixture for the development of conductive paper	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Carbohydrate Polymers	6. 最初と最後の頁 115376 ~ 115376
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbpol.2019.115376	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 該当する



1. 著者名 KOVALCHUK Nina M., SAGISAKA Masanobu, OSAKI Suzuna, SIMMONS Mark J. H.	4. 巻 604
2. 論文標題 Superspreading performance of branched ionic trimethylsilyl surfactant Mg(AOTSiC) <sub>2</sub>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Colloids and Surfaces A	6. 最初と最後の頁 125277
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.colsurfa.2020.125277	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 該当する

〔学会発表〕 計49件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 19件)

1. 発表者名 Kosuke Sato, Atsushi Yshizawa, Shirin Alexander, Julian Eastoe, Masanobu Sagisaka
2. 発表標題 Aggregation behavior and thickening ability of nonionic low molecular amphiphiles having CO <sub>2</sub> -philic trimethylsilyl and CO <sub>2</sub> -phobic hydrocarbon groups in supercritical CO <sub>2</sub>
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 齋藤晴香, 吉澤篤, Julian Eastoe, 鷺坂将伸
2. 発表標題 CO <sub>2</sub> foamを反応場とした界面活性シリカナノ粒子の調製と物性評価
3. 学会等名 2022年度材料技術研究協会討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kosuke Sato, Atsushi Yoshizawa, Shirin Alexander, Julian Eastoe, Masanobu Sagisaka
2. 発表標題 Nonionic amphiphiles having CO <sub>2</sub> -philic trimethylsilyl and CO <sub>2</sub> -phobic hydrocarbon groups for rod-like aggregates thickening supercritical CO <sub>2</sub>
3. 学会等名 95th JSCM Anniversary Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroto Iizuka, Yudai Nitta, Shirin Alexander, Julian Eastoe, Masanobu Sagisaka
2. 発表標題 Aggregation behavior and nanoparticle synthesis in water/supercritical CO <sub>2</sub> mixtures with fluorine-free nonionic amphiphiles
3. 学会等名 令和4年度化学系学協会東北大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masanobu Sagisaka, Azmi Mohamed, Shirin Alexander, Julian Eastoe
2. 発表標題 Low fluorine-content rod-like reverse micelles in supercritical CO <sub>2</sub> tuned by irradiating UV-light and changing pressure and water content
3. 学会等名 2nd World Congress on Oleo Science (WCOS2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kosuke Sato, Atsushi Yoshizawa, Shirin Alexander, Julian Eastoe, Masanobu Sagisaka
2. 発表標題 Aggregation behavior and thickening ability of nonionic amphiphiles having CO <sub>2</sub> -philic trimethylsilyl and CO <sub>2</sub> -phobic hydrocarbon groups in supercritical CO <sub>2</sub>
3. 学会等名 2nd World Congress on Oleo Science (WCOS2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroto Iizuka, Yudai Nitta, Shirin Alexander, Julian Eastoe, Masanobu Sagisaka
2. 発表標題 Formation of water / supercritical CO <sub>2</sub> nano-dispersions with fluorine-free nonionic amphiphiles and application for nanoparticle synthesis
3. 学会等名 2nd World Congress on Oleo Science (WCOS2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masanobu Sagisaka, Toma Yagihashi, Koki Takahashi, Takumi Suto, Atsushi Yoshizawa, Shirin Alexander, Julian Eastoe
2. 発表標題 Effects of temperature, salinity and surfactant structure on formation of CO2-responsive micelles and foams
3. 学会等名 Pacifichem 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 磯嶋 柚希, 吉澤 篤, 鷺坂 将伸
2. 発表標題 エマルション界面を反応場としたシリカ粒子の表面修飾と界面活性化
3. 学会等名 2021年度材料技術研究協会討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 込山ひなた, 大崎鈴奈, 吉澤 篤, Julian Eastoe, 鷺坂将伸
2. 発表標題 フッ素系低表面エネルギーの実現に向けた非フッ素系界面活性剤の構造最適化
3. 学会等名 2021年度材料技術研究協会討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大崎 鈴奈, 梅津 健史, 吉澤 篤, Julian Eastoe, 鷺坂 将伸
2. 発表標題 トリメチルシリルプロピル鎖と多分岐炭化水素鎖を有する非対称二鎖型界面活性剤の界面化学的物性と疎水化能力
3. 学会等名 2021年度材料技術研究協会討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 飯塚 大登, 新田 雄大, 吉澤 篤, Julian Eastoe, 鷺坂 将伸
2. 発表標題 非フッ素系ノニオン性物質による水/超臨界CO <sub>2</sub> 分散系の安定化
3. 学会等名 2021年度材料技術研究協会討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 磯嶋 柚希, 吉澤 篤, 鷺坂 将伸
2. 発表標題 エマルション界面を反応場とした界面活性シリカ粒子の調製に向けた修飾剤および反応条件の探索
3. 学会等名 2021年度色材研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齊藤 晴香, 須藤 拓海, 吉澤 篤, 鷺坂 将伸
2. 発表標題 CO <sub>2</sub> foamの形成に最適な界面活性剤および補助剤の探索
3. 学会等名 日本油化学会第60回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大崎 鈴奈, 梅津 健史, 吉澤 篤, Julian Eastoe, 鷺坂 将伸
2. 発表標題 トリメチルシリルプロピル鎖と多分岐炭化水素鎖を有する非対称二鎖型界面活性剤の界面化学的物性
3. 学会等名 日本油化学会第60回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤 孝祐, 吉澤 篤, 鷺坂 将伸
2. 発表標題 トリメチルシリル基を親CO <sub>2</sub> 性基としたCO <sub>2</sub> 増粘剤の増粘効果
3. 学会等名 日本油化学会第60回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 N.M. Kovalchuk, Masanobu Sagisaka, Suzuna Osaki, M.J.H. Simmons
2. 発表標題 Branched ionic trimethylsilyl surfactant demonstrates superspreading properties
3. 学会等名 35th Conference of the European Colloid and Interface Society (ECIS2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鷺坂将伸, 梅津健史, 藤田一樹, 遠藤匠, 佐藤広大, 吉澤篤, Hill Christopher, Eastoe Julian
2. 発表標題 水表面張力低下効果および水/CO <sub>2</sub> マイクロエマルション形成能力の増幅に向けた多鎖型界面活性剤の構造最適化
3. 学会等名 第71回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大崎鈴奈, 梅津健史, 吉澤篤, Julian Eastoe, 鷺坂将伸
2. 発表標題 トリメチルシリルプロピル基とイソステアリル基を有する非フッ素系ハイブリッド界面活性剤の界面化学的物性
3. 学会等名 2020年色材研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 磯嶋柚希, 吉澤篤, 鷺坂将伸
2. 発表標題 エマルションを利用した界面活性シリカ粒子の調製
3. 学会等名 第59回日本油化学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 新田雄大, 桜庭健介, 吉澤篤, Julian Eastoe, 鷺坂将伸
2. 発表標題 フッ素および親水基フリー化合物による水/超臨界CO <sub>2</sub> 分散系形成
3. 学会等名 材料技術研究協会討論会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masanobu Sagisaka, Tatsuya Saito, Shunsuke Ogiwara, Atsushi Yoshizawa
2. 発表標題 VOC-free dry-cleaning using water-in-CO <sub>2</sub> nanodispersions with pepsin
3. 学会等名 3rd International Conference on Advances in Biotechnology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masanobu Sagisaka, Yasushi Umetsu, Kazuki Fujita, Atsushi Yoshizawa, Frederic Guittard, Azmi Mohamed, Christopher Hill, Adam Czajka, Julian Eastoe
2. 発表標題 Trimethylsilyl group-terminated surfactants exhibiting the effective surface tension reducing ability and solubilizing power for water/air and water/CO <sub>2</sub> systems
3. 学会等名 9th International Colloids Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鷺坂 将伸
2. 発表標題 小角中性子散乱測定を利用した超臨界CO <sub>2</sub> ナノ分散系の基礎研究とその応用
3. 学会等名 第17回超臨界流体ミニワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 新田 雄大, 桜庭 健佑, 吉澤 篤, Julian Eastoe, 鷺坂 将伸
2. 発表標題 フッ化炭素-炭化水素両親媒性物質により安定化された超臨界CO <sub>2</sub> 中水ナノクラスターによるナノ粒子合成
3. 学会等名 第17回超臨界流体ミニワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 八木橋 懂真, 高橋 孝樹, 吉澤 篤, Julian Eastoe, 鷺坂 将伸
2. 発表標題 水中でのPluronic界面活性剤分子集合体のCO <sub>2</sub> 圧入による成長
3. 学会等名 第17回超臨界流体ミニワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masanobu Sagisaka, Tsubasa Kondo, Yuuki Sato, Atsushi Yoshizawa, Robert M. Enick, Kiani Sajad, Shirin Alexander, Christopher Hill, Julian Eastoe
2. 発表標題 Shape-anisotropic aggregates in supercritical CO <sub>2</sub> formed by mixing FC-HC amphiphiles and/or highly-methylated polymers
3. 学会等名 the 33rd Conference of the European Colloid and Interface Society (ECIS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yudai Nitta, Kensuke Sakuraba, Atsushi Yoshizawa, Julian Eastoe, Masanobu Sagisaka
2. 発表標題 Nanoparticles synthesis in Water-in-supercritical CO <sub>2</sub> nanodispersions stabilized by fluorocarbon-hydrocarbon amphiphiles
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 Toma Yagihashi, Koki Takahashi, Atsushi Yoshizawa, Julian Eastoe, Masanobu Sagisaka
2. 発表標題 Effects of temperature, pressure, PEO and PPO lengths on Growth of aqueous Pluronic surfactant micelles under high-pressure CO <sub>2</sub> atmosphere
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 Masanobu Sagisaka, Shinji Ono, Tatsuya Saito, Atsushi Yoshizawa, Julian Eastoe
2. 発表標題 Shape-anisotropic Molecular Assemblies in Supercritical Carbon Dioxide for Enhanced Oil Recovery
3. 学会等名 9th Annual World Congress of Nano Science & Technology (Nano S&T-2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鷺坂 将伸
2. 発表標題 HP-SANS測定を利用した超臨界二酸化炭素中のコロイド界面化学研究
3. 学会等名 第2回高压中性子利用研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 鷺坂 将伸
2. 発表標題 超臨界二酸化炭素を溶媒としたナノ分散系 何ができるか?
3. 学会等名 第42回溶液化学シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masanobu Sagisaka, Yuuki Sato, Atsushi Yoshizawa, Rodrigo Jose de Oliveira, Azmi Mohamed, Robert Enick, Julian Eastoe
2. 発表標題 Shape-anisotropic reverse micelles of low F-content surfactants as a CO <sub>2</sub> thickener for enhanced oil recovery
3. 学会等名 Okinawa Colloids 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toma Yagihashi, Tsubasa Kondo, Atsushi Yoshizawa, Julian Eastoe, Masanobu Sagisaka
2. 発表標題 Generation of shape-anisotropic aggregates of fluorine-free CO <sub>2</sub> -philic/oleo-philic amphiphile/polymer mixtures in supercritical CO <sub>2</sub>
3. 学会等名 Okinawa Colloids 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yudai Nitta, Kensuke Sakuraba, Atsushi Yoshizawa, Julian Eastoe, Masanobu Sagisaka
2. 発表標題 Water-in-supercritical CO <sub>2</sub> nanodispersions stabilized by headgroup-free amphiphiles
3. 学会等名 Okinawa Colloids 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鷺坂 将伸
2. 発表標題 二酸化炭素を溶媒とした 多様なナノコロイドの形成と応用
3. 学会等名 日本化学会東北支部ナノマテリアルコロキウム (招待講演)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計14件

産業財産権の名称 二酸化炭素を用いた原油増進回収のためのシリカナノ粒子及び原油回収方法	発明者 平岡 尚, 米林 英治, 宮川 喜洋, 鷺坂 将 伸, 安部 誠志	権利者 (株)INPEX, 日産化学(株), 弘前大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-215612	出願年 2019年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 Silica nanoparticles for crude oil recovery using carbon dioxide and crude oil recovery method	発明者 平岡 尚, 米林 英治, 宮川 喜洋, 鷺坂 将 伸, 安部 誠志	権利者 (株)INPEX, 日産化学(株), 弘前大学
産業財産権の種類、番号 特許、P6000941/2022	出願年 2020年	国内・外国の別 外国
産業財産権の名称 Silica nanoparticles for crude oil recovery using carbon dioxide and crude oil recovery method	発明者 平岡 尚, 米林 英治, 宮川 喜洋, 鷺坂 将 伸, 安部 誠志	権利者 (株)INPEX, 日産化学(株), 弘前大学
産業財産権の種類、番号 特許、3163257	出願年 2020年	国内・外国の別 外国
産業財産権の名称 Silica nanoparticles for crude oil recovery using carbon dioxide and crude oil recovery method	発明者 平岡 尚, 米林 英治, 宮川 喜洋, 鷺坂 将 伸, 安部 誠志	権利者 (株)INPEX, 日産化学(株), 弘前大学
産業財産権の種類、番号 特許、522432740	出願年 2020年	国内・外国の別 外国
産業財産権の名称 Silica nanoparticles for crude oil recovery using carbon dioxide and crude oil recovery method	発明者 平岡 尚, 米林 英治, 宮川 喜洋, 鷺坂 将 伸, 安部 誠志	権利者 (株)INPEX, 日産化学(株), 弘前大学
産業財産権の種類、番号 特許、PI2022002755	出願年 2020年	国内・外国の別 外国
産業財産権の名称 Silica nanoparticles for crude oil recovery using carbon dioxide and crude oil recovery method	発明者 平岡 尚, 米林 英治, 宮川 喜洋, 鷺坂 将 伸, 安部 誠志	権利者 (株)INPEX, 日産化学(株), 弘前大学
産業財産権の種類、番号 特許、2022/04874	出願年 2020年	国内・外国の別 外国
産業財産権の名称 Silica nanoparticles for crude oil recovery using carbon dioxide and crude oil recovery method	発明者 平岡 尚, 米林 英治, 宮川 喜洋, 鷺坂 将 伸, 安部 誠志	権利者 (株)INPEX, 日産化学(株), 弘前大学
産業財産権の種類、番号 特許、EP4 067 456 A1	出願年 2020年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 Silica nanoparticles for crude oil recovery using carbon dioxide and crude oil recovery method	発明者 平岡 尚, 米林 英治, 宮川 喜洋, 鷺坂 将 伸, 安部 誠志	権利者 (株)INPEX, 日産化学(株), 弘前大学
産業財産権の種類、番号 特許、2020394136	出願年 2020年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 Silica nanoparticles for crude oil recovery using carbon dioxide and crude oil recovery method	発明者 平岡 尚, 米林 英治, 宮川 喜洋, 鷺坂 将 伸, 安部 誠志	権利者 (株)INPEX, 日産化学(株), 弘前大学
産業財産権の種類、番号 特許、1-2022-03999	出願年 2020年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 Silica nanoparticles for crude oil recovery using carbon dioxide and crude oil recovery method	発明者 平岡 尚, 米林 英治, 宮川 喜洋, 鷺坂 将 伸, 安部 誠志	権利者 (株)INPEX, 日産化学(株), 弘前大学
産業財産権の種類、番号 特許、2022117127	出願年 2020年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 Silica nanoparticles for crude oil recovery using carbon dioxide and crude oil recovery method	発明者 平岡 尚, 米林 英治, 宮川 喜洋, 鷺坂 将 伸, 安部 誠志	権利者 (株)INPEX, 日産化学(株), 弘前大学
産業財産権の種類、番号 特許、US-2023-0002669-A1	出願年 2020年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 Silica nanoparticles for crude oil recovery using carbon dioxide and crude oil recovery method	発明者 平岡 尚, 米林 英治, 宮川 喜洋, 鷺坂 将 伸, 安部 誠志	権利者 (株)INPEX, 日産化学(株), 弘前大学
産業財産権の種類、番号 特許、202080071515.4	出願年 2022年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 界面活性剤	発明者 鷺坂 将伸, 長谷川 幸夫	権利者 弘前大学, 三好化成株式会社
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-153008	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 Silica nanoparticles for crude oil recovery using carbon dioxide and crude oil recovery method	発明者 平岡 尚, 米林 英治, 宮川 喜洋, 鷺坂 将 伸, 安部 誠志	権利者 (株)INPEX, 日産化学(株), 弘前大学
産業財産権の種類、番号 特許、MX/a/2022/006469	出願年 2022年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>弘前大学理工学部物質創成化学科 吉澤・鷺坂研究室  <a href="http://www.st.hirosaki-u.ac.jp/~lclab/">http://www.st.hirosaki-u.ac.jp/~lclab/</a>          弘前大学公式ウェブマガジン「HIROMAGA(ヒロマガ)」  <a href="https://www.hiromaga.com/20210913-7919/">https://www.hiromaga.com/20210913-7919/</a></p>
--

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
研究協力者	安部 誠志  (ABE Masashi)		
研究協力者	平岡 尚  (HIRAOKA Takashi)		
研究協力者	米林 英治  (YONEBAYASHI Hideharu)		
研究協力者	宮川 喜洋  (MIYAGAWA Yoshihiro)		

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	スルタンイドリス教育大学			
フランス	コートダジュール大学			
英国	ブリストル大学	スオンジー大学	ラザフォードアップルトン研究所	他2機関
マレーシア	スルタンイドリス教育大学			