

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H02398

研究課題名(和文) デザインされた異方性ナノブロックによる秩序配列マテリアルの構築と機能開拓

研究課題名(英文) Structural design and function exploration of ordered assembly of anisotropic nanoblocks

研究代表者

今井 宏明 (Imai, Hiroaki)

慶應義塾大学・理工学部(矢上)・教授

研究者番号：70255595

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,200,000円

研究成果の概要(和文)：サイズと形状のそろったナノブロックは、その分散液の蒸発に伴う移流集積現象によって配向配列体を形成する。本研究では、この自己集積現象を巧みに利用し、集積条件を最適化することで、ナノキューブやナノ直方体などの矩形ナノブロックをビルディングユニットとして、様々な種類の一次元・二次元・三次元秩序配列をマイクロ～ミリメートルスケールの広範囲にわたって方位選択的に作製することを可能とした。ナノブロックは有機分子に覆われており、多様な金属酸化物や金属が積層できるために、多様かつ異種の物質において特異な配向体や接合体が得られ、結晶方位の同一性や高い比表面積に由来する新規な機能が見出された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で見出されたブロック配列による材料の形態デザインでは、ビルディングユニットは有機分子に覆われており、化学組成はその秩序配列に影響を及ぼさない。そのため、本手法は多様な金属、金属酸化物、その他の物質のナノブロックによる様々な種類の一次元・二次元・三次元秩序配列の作製に適用可能である。さらに本研究では、ナノブロックの規則配列や異種物質の接合による新規機能が見出されており、本手法の機能デバイスへの発展が示されている。従って、矩形ナノブロックを自在に組み合わせる任意な形態に配列させる本手法は、革新的な機能を生み出す材料プロセスであり、新たな材料開発の基盤として期待される。

研究成果の概要(英文)：We studied the controlled 1D, 2D, and 3D brickworks with various inorganic rectangular building nanoblocks covered by stabilizing organic agents. The structures of the ordered assembly are found to be controlled by changing several parameters, such as particle concentration and the properties of dispersion media and stabilizing agents. This brickwork technique is applicable for multicomponent systems using a library of rectangular nanoblocks. Homogeneous and heterogeneous ordered architectures with spatial and sequential control are selectively produced through the self-assembly of nanocubes and nanocuboids. These elaborate nanoscale brickworks are now being developed for the production of designed microstructures with novel functions.

研究分野：材料化学

キーワード：自己集合 自己組織化 ナノ粒子 機能性酸化物 イオン導電性 磁性 バイオミネラル

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

材料の機能を革新的に向上させるためには、結晶ドメインのサイズや方位をナノ～マクロの各スケールにおいて高度に制御して構造化する必要がある。しかし、従来型のセラミック合成技術では粒子集積と焼結によるランダムな多結晶を基盤としており、一次元あるいは二次元の配向性付与の技術はあるものの、三次元的な秩序は不完全でナノ～ミクロスケールにおける革新的な構造化技術の創出には至っていない。特に、結晶方位を三次元で任意に制御する手法は確立されていないため、多様な構造化を多様な材料系で達成することはできない。一方、生物が作る無機材料であるバイオミネラルでは、メソクリスタルと呼ばれるナノ結晶が方位を揃えて配列した構造がボトムアップ的に構築されることが明らかとなってきた。メソスケールでナノ結晶が構造化されたメソクリスタルでは、結晶ユニットのサイズや方位が制御され、ナノ細孔の存在や有機分子との複合化により、軽量・高靱性・化学的耐久性などの多彩な機能が生み出されている。このようなバイオミネラルに類似したメソクリスタル構造の形成手法として、ナノサイズの結晶ブロックを規則配列させる手法が検討されてきた。このような方位がそろったナノ粒子による配列体は、機械特性・電気化学特性・磁気特性・誘電特性・センシング特性・光触媒特性などにおいて優れた性能を発揮することが期待され、機能材料の新規構造として重要である。しかし、これまでの手法では、集積は等方的かつ数 μm 程度のサイズに留まっており、任意の方位・次元・サイズの構造体を得ることは難しかった。従って、結晶ナノブロックを広範囲で精密に制御しながら配列する手法が求められており、さらに、その規則配列体が生み出す新規な機能に期待が集まっている。

2. 研究の目的

多様な物質において数十 nm スケールのナノ結晶の矩形ブロックをデザインし、集積環境を整えることで、これらの結晶ブロックを任意な結晶方位と次元で配列させ、マクロスケールの多様な階層的構造体を構築する。ここでは、酸化物・金属・炭酸塩等の結晶ブロックから構成された多様な一～三次元配列体であるメソクリスタルを創製する。さらに、異種の化合物の結晶ブロックによるメソレベルの複合化へ展開する。また、ナノブロック配列体の手本としてのバイオミネラルの構造と機能の解析、および結晶成長手法によるナノブロック構造体の構築も並行して検討する。これらの成果を総合することで、メソレベルで構造化された高機能セラミックスおよび複合材料の新規合成手法を提供することを目指す。

3. 研究の方法

本研究では、数～数十 nm のナノブロックをデザインし、集積環境の制御によって任意な方位と次元で配列させ、マイクロ～ミリメートルスケールの階層的構造体を構築し、その配列に由来する新規な機能の開拓を試みた。第1段階として、多様な物質系のナノブロックを作製し、多様な集積や機能のデザインが可能となるようにナノブロックのライブラリーを構築した(1)。第2段階として、様々なナノブロックを用いて集積環境を最適化することで多様な異方的集積手法の開発をおこなった(2)。第3段階としては、これらの秩序集積体・複合体において、規則構造に由来する電子のおよび磁気的な機能性を評価した(3)。また、上記の研究と並行して、ナノブロック配列体の手本としてのバイオミネラルの構造と機能の解析、および結晶成長手法によるナノブロック構造体の構築を検討した(4)。それぞれの方法の詳細を以下に示す。

(1) 多種の矩形ナノブロック結晶の合成とライブラリーの構築

様々な物質のナノキューブやナノ直方体を合成してライブラリーを作り上げておけば、目的に応じた組成や構造のビルディングユニットを選択して特定の機能を発現する多様な形態の構築を行うことが可能となる。ここでは、界面活性剤を含む有機媒質を基本としたソルボサーマル法などの液相法によって、 Mn_3O_4 、 TiO_2 、 Fe_3O_4 、 Co_3O_4 、 CeO_2 、Sm ドープ CeO_2 、 BaTiO_3 、 SrTiO_3 、Pt などのナノキューブやナノ直方体を合成した。また、水溶液を用いた炭酸ガス中和法によって CaCO_3 (カルサイト) ナノブロックを合成した。

(2) ナノブロックの異方的集積手法の開発

ここでは、基本的に分散媒の蒸発によるナノブロックの移流集積を基本プロセスとして採用した。液相中に分散したナノブロックは、液相の組成変化や蒸発による濃度上昇、あるいは磁場などの外場の活用によって気-液および気-液-固界面に自己集積する。特に、分散媒の蒸発を利用した移流集積法は、矩形ブロックが方位を揃えて容易に配列することから広く利用されている。蒸発に伴う分散媒の流れにより、気-液または気-液-固界面にナノブロックが集まり、粒子間の横毛管力によって配列し、基板上に配列体の集積が生じる。ナノブロックを広範囲に異方的に配列させるためには、ナノブロックの形状や粒子濃度、ブロックを覆う吸着分子、分散媒の特性、蒸発速度、および pH 条件などが重要なパラメータとなる。

図1に、本研究で活用した、ナノ立方体(ナノキューブ)およびナノ直方体をビルディングユニットとする多様な秩序配列体の構築の概念図を示す。等方的なナノキューブは、気-液界面でファセットを合わせ、方位を揃えて集積することで二次元(単層)配列体を形成する(図1(a))。粒子濃度を増加させると、単層配列体が積層することで三次元配列体が得られる(図1(b))。

二種類のナノキューブを混合すると、異種複合の二次元配列となる(図1(c))。一方、ナノ直方体では、基板上に様々な異方的な配列体が形成される。粒子濃度が低い場合、異方的なナノブロックは、気-液界面で一次元(鎖状)配列となり、基板上に堆積する(図1(e))。この配列方向は、吸着分子の変更によって制御可能である。粒子濃度の増加にともなって、結晶方位の異なる2種類の二次元配列体(図1(f), (h))、および三次元配列体(図1(g), (i))を得ることができる。さらに、異なる二次元配列体を逐次的に積層させることで特異な三次元配列体が構築される(図1(d), (j))。また、これらの配列体において被覆分子を除去すると、ナノブロックの結晶格子が連結して単結晶体となる(図1(k))。ここでは、配列条件および積層の繰り返しのための後処理の検討が必要である。さらに、高度な配列制御を目指して強磁場の適用を試みている。

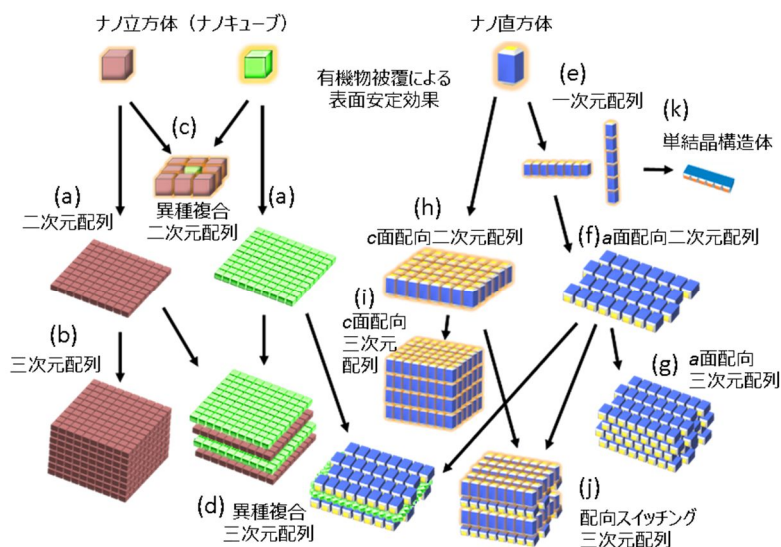


図1 ナノキューブおよびナノ直方体から形成される多様な秩序配列体の概念図

(3) 矩形ナノブロックの秩序集積体における新規機能の開拓

ナノブロックが規則的に配列した集積体における新規の機能開拓を目指し、特に、イオン伝導度と磁性に着目して検討をおこなった。SmドープCeO₂のナノキューブを用いて規則配列したフィルムを作製し、酸化物イオン伝導度の温度依存性を評価した。また、フェリ磁性体であるFe₃O₄、反強磁性体であるCo₃O₄のナノキューブの積層配列体を構築し、配列性やナノキューブ間の接合が磁気特性に与える影響を解析した。

(4) バイオミネラルにおけるナノブロック配列体の解析と類似体の人工構築

哺乳類の歯、有孔虫の殻、海洋性プランクトンであるサフィリナの発色帯におけるナノ結晶の配列体の構造を、人工的なナノブロック配列体構築の手本として解析した。さらに、配列体の機能の解明を試み、機能開拓のための基礎的な知見とした。また、歯のエナメル質やサフィリナのグアニン結晶の配列を模倣するため、溶液プロセスによるナノ結晶ブロックの人工的な構築を試みた。

4. 研究成果

「研究の方法」における(1)~(4)に対応させ、それぞれの研究成果の概要を以下に示す。得られた成果は、新規な機能材料プロセスとしてのナノブロックの自己集積法の可能性を大きく発展させるもので、材料化学の分野で世界的に大きなインパクトを与えている。今後は、より実用的な応用研究が展開され、セラミックスや半導体工学および産業への寄与が期待される。

(1) 多種の矩形ナノブロック結晶の合成とライブラリーの構築

様々な物質のナノキューブやナノ直方体のライブラリーは、目的に応じた組成や構造のビルディングユニットを選択して特定の機能を発現する多様な形態の構築を行うために有用である。本研究では、様々な液相法を活用して多種類の矩形ナノブロックの合成に成功した。ここでは、磁性体・誘電体・触媒・イオン伝導体・電極活物質などとしての利用が期待されるFe₃O₄、BaTiO₃、SrTiO₃、TiO₂、CeO₂、Mn₃O₄、Pt、Co₃O₄の一辺5~20 nm矩形ナノブロックを水熱法およびソルボサーマル法を用いて合成した。これらのナノブロックは特定面の形成を促すキャップ剤としてのオレイン酸(OLA)やオレイルアミンに覆われているが、これらの分子はナノブロックを有機媒質中に安定に分散させる役割をもつ。CaCO₃は、水溶液系の炭酸ガス化合法によって粒径50 nm程度のカルサイトの菱面体状ナノ結晶を合成した。

(2) ナノブロックの異方的集積手法の開発

【一次元配列の形成】 ナノ直方体は一定の条件下で移流集積させると特徴的な方位に配列する。トルエン-ヘキサン混合媒中において、OLAに被覆された正方晶Mn₃O₄やTiO₂のナノ直方体は、相対的に広いa({100})面を平行にして気-液界面に並ぶとともに、ブロック間の

横毛管力によって他の a 面同士を合わせて配列し、 a 軸方向に伸長した一次元（鎖状）配列を形成する。TiO₂（アナターゼ）ナノ直方体では、紫外光照射に伴う光触媒作用により有機分子が除去されると、 a 面同士が結晶学的に連結した一次元単結晶が得られる。一辺 10 nm の Fe₃O₄ ナノキューブは、わずかながら磁気双極子作用をもつと考えられる。そのため、分散媒中の OLA 濃度が高く、粒子濃度が低い場合に、Fe₃O₄ ナノキューブの一次元配列が観察されている。結晶面選択的な吸着分子の交換によりナノ直方体の一次元配列の方位が変化する。Mn₃O₄ ナノ直方体の c （{001}）面の疎水的な OLA を親水的なジアミンに置換することで、疎水媒質中でロックの c 面を合わせ、 c 軸方向に伸長した一次元配列が得られる。

カルサイト矩形ブロックは、高 pH 環境で一次元に配列した。カルサイトの(001)にはアニオン面とカチオン面が存在するために、クーロン力によって引き合うと考えられる。すなわち、カルサイト粒子に(001)面が露出しているときには、この結晶面同士がクーロン力によって選択的に接合し、 c 軸方向に一次的に成長すると推察される。

【二次元配列の形成】 ナノキューブは、分散液中の粒子濃度を適切に制御すると気-液界面で配列し、基板上に二次元配列を形成する（図 1(a), 図 2(d), (e)）。異なるサイズのナノキューブを混合すると、異種複合二次元モザイク配列が得られる（図 1(c), 図 2(f)）。

ナノ直方体では、気-液界面で配列した a 軸伸長一次元鎖が横方向に集積し、 a 面配向二次元配列が得られる（図 1(f), 図 2(a)）。この際、蒸発速度を低下させると配列の秩序性が向上することが明らかとなった。一方、極性が比較的高い分散媒や蒸発速度が比較的高い分散媒を用いた場合、液中でナノ直方体の相対的に広い a 面同士を合わせた二次元クラスターが成長し、広い c 面を露出した二次元配列を形成する（図 1(h), 図 2(b)）。ナノ直方体の配列方位は、基板の表面モルフォロジーに影響される。例えば、500 nm の深さと幅の溝が周期的に刻まれたシリコン基板では、上段面に a 面配向二次元配列、溝の底面に c 面配向二次元配列が選択的に形成され、周期的な結晶方位のスイッチングが達成されている（図 2(c)）。

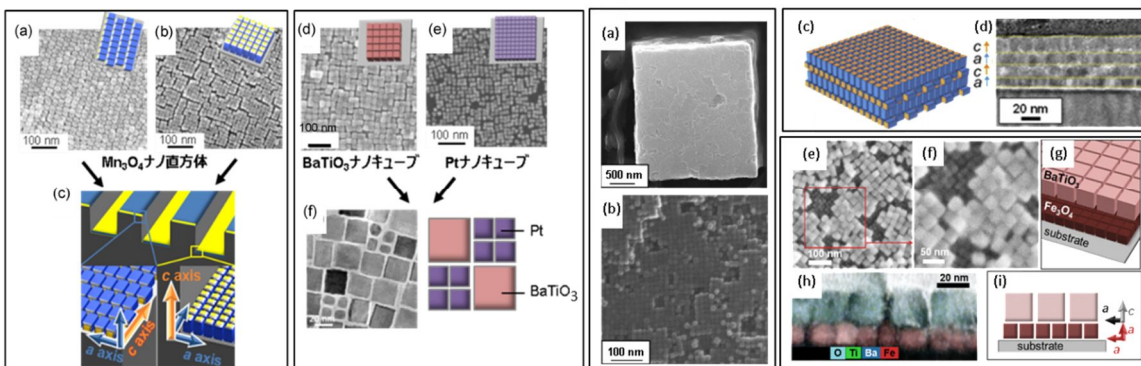


図 2 (a) Mn₃O₄ ナノ直方体の a 面配向二次元配列の SEM 像と模式図、(b) ナノ直方体の c 面配向二次元配列の SEM 像と模式図、(c) 基板の溝によって制御されたナノ直方体の配向スイッチング二次元配列の模式図、(d) BaTiO₃ ナノキューブの二次元配列 SEM 像と模式図、(e) Pt ナノキューブの二次元配列 SEM 像と模式図、(f) BaTiO₃ および Pt ナノキューブの異種複合二次元配列の TEM 像と模式図。

図 3 (a, b) Co₃O₄ ナノキューブの三次元配列の SEM 像。 (c, d) Mn₃O₄ ナノ直方体の方位スイッチング三次元配列の模式図および HRTEM 像。 (e)~(i) BaTiO₃-Fe₃O₄ 異種ナノキューブ二層積層体 (e), (f) SEM 像 (g), (i) 模式図、(h) 組成マッピング像。

【三次元配列の構築】

分散媒中の粒子濃度の増加にともなって二次元配列が積層して三次元配列が形成される（図 1(b)）。ナノキューブの場合は、スーパーキューブと呼ばれる比較的等方的な三次元配列体を得られた（図 3(a), (b)）。ここでは、ブロック間の相互作用を弱めるために適度な界面活性剤分子の存在が重要となる。ナノ直方体の三次元配列の方位は、基盤となる二次元配列に依存する（図 1(g), (i)）。上述した a 面配向二次元配列からは a 面配向三次元配列が、 c 面配向二次元配列からは c 面配向三次元配列が得られる。異種または異なる配向の二次元配列を逐次的に積層させることで、革新的な三次元配列が構築できる。例えば、Mn₃O₄ ナノ直方体の a 面配向二次元配列体と c 面配向二次元配列体を交互に積層させることで、正方晶結晶の a 軸と c 軸が周期的に変化する新規な多層構造が得られた（図 1(j), 図 3(c), (d)）。また、二種類の矩形ナノブロックの二次元配列体を交互に積層し、BaTiO₃-Fe₃O₄、Fe₃O₄-Co₃O₄、Mn₃O₄-CeO₂ などの異種二層積層体が構築されている（図 1(d), 図 3(e)~(i)）。積層する際に、ナノブロックの上層と下層の結晶方位が自発的に揃うことで、異種結晶間に特異な接合界面が形成される。

カルサイトナノブロックの側面は水中ではわずかに帯電しており、静電反発によって凝集は抑制されている。このナノロッドをエタノールに分散させると電荷反発が消失するために側面同士が接合し、二次元や三次元の束状に集積する。この時、TEM や SAED の結果からカルサイトナノロッドは方位を揃えていることが確認された。

分散媒の蒸発に伴う移流集積と強磁場を利用して、基板上に数 mm の範囲で厚さ約 10 μ m で

膜状にカルサイトナノロッドを配向して集積することに成功した。この技術を応用することで、貝殻の交差板構造のようなナノロッドの配列方位が周期的に変化する構造体を作製することが可能である。本方法では、強磁場中での移流集積により第一層目のナノロッド配向集積体を作製し、その後に基板を90度回転させてから、さらに移流集積を行うことによって第二層目の配向集積体を積層した。以上のような新規構造はこれまで実現されておらず、材料化学分野で世界的にも極めて大きなインパクトをもつ成果である。

(3) 矩形ナノブロックの秩序集積体における新規機能の開拓

矩形ナノブロックの配向集積体では、ビルディングユニットの結晶方位がそろっていることから、広い比表面積と単結晶的な結晶格子の連続性に由来する優れた機能の発現が期待される。また、異種のナノブロックの集積では、特異な接合界面から新規な特性が生まれる。

【優れた酸化物イオン導電性】SmをドープしたCeO₂は高い酸化物イオン伝導性を示す。そこでSmをドープした一辺5 nmのCeO₂ナノキューブを合成するとともにその配列によるフィルムを作製し、その酸化物イオン伝導度の測定をおこなった。

図3(a), (b)にSmをドープしたCeO₂ナノキューブの配列体のSEM像と模式図を示す。この規則構造体は、同様の組成で結晶方位がランダムなナノ粒子からなるフィルムと比較して250~350°Cの温度域で高い酸化物イオン伝導性を示した(図3(c))。この特性には、ナノキューブの高い比表面積と結晶格子の連続性に由来する高いイオン伝導性が寄与していると考えられる。

【特異な磁性】ここでは、Fe₃O₄やCo₃O₄のナノキューブの積層配列における磁気特性の解析を進め、ブロック間の高精度な接合がユニークな特性発現に不可欠であることを解明した。

Fe₃O₄の強磁性的な特徴はサイズの減少にともなって弱まり、10 nm程度のナノ粒子の保磁力は極めて小さい(図3(d))。Fe₃O₄のナノキューブの二次元配列体に反強磁性体であるCo₃O₄ナノキューブの二次元配列体を積層させた。その磁性の変化を検討した結果、積層によって保磁力が極めて大きくなることを見いだされた(図3(e))。この磁性の変化はナノキューブの配列性が高いほど顕著であり、複数の結晶ブロックの集積による特異な機能発現の好例であり、今後の実用的なデバイスへの発展が期待される。

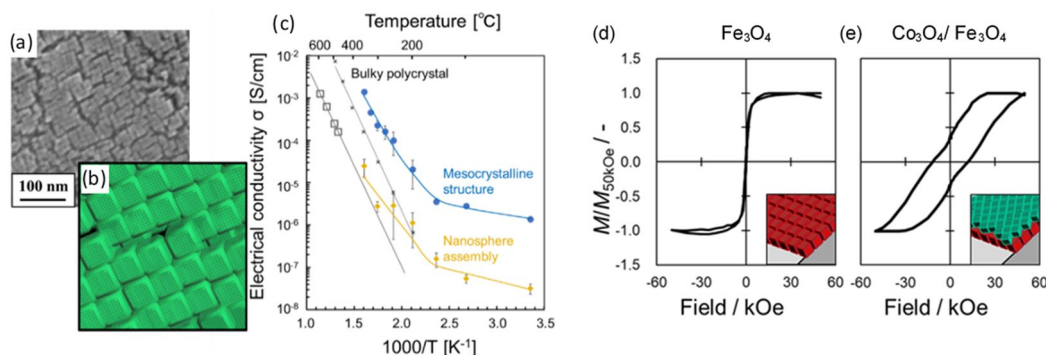


図3 (a), (b) SmをドープしたCeO₂ナノキューブの三次元配向体と(c)その酸化物イオン伝導性、(d), (e) Fe₃O₄ (赤)ナノキューブとCo₃O₄ (緑)ナノキューブの積層配列体の磁気特性。

(4) バイオミネラルにおけるナノブロック配列体の解析と類似体の人工構築

海洋性プランクトンであるカイアシ類の一種サフィリナにみられるグアニンナノ結晶の配列体の構造と機能の解明を試みた。サフィリナは図4(a), (b)に示すように特異な構造色を呈する。この構造色は図4(c)~(e)に示すように、グアニンナノ結晶が有機枠によって制御されて規則配列していることを明らかにした。この事実は、人工的ナノブロック配列体の構築や動的制御に大きな示唆を与える成果である。

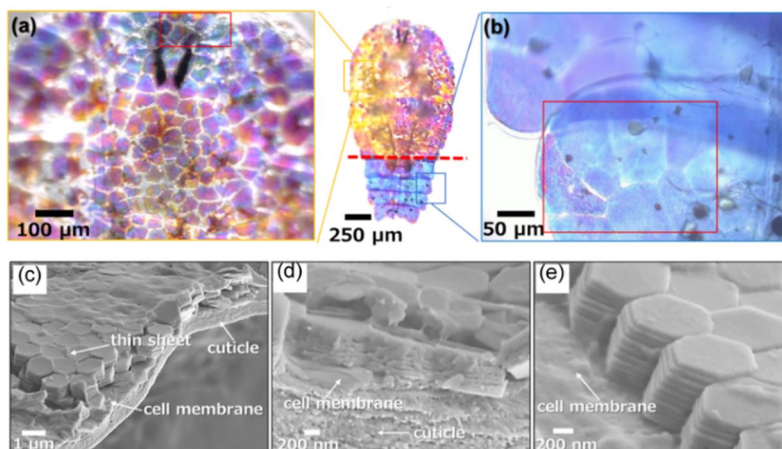


図4 (a), (b) サフィリナの発色帯における構造色と(c)~(e) グアニンナノ結晶ブロックの配列構造のSEM像。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計36件（うち査読付論文 36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 T. Kimura, M. Takasaki, Y. Oaki, H. Imai	4. 巻 20
2. 論文標題 Biomimetic Morphology-Controlled Anhydrous Guanine via an Amorphous Intermediate	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Crystal Growth & Design	6. 最初と最後の頁 3341-3346
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.cgd.0c00140	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 K. Sawano, K. Tsukiyama, M. Shimizu, M. Takasaki, Y. Oaki, T. Yamamoto, Y. Einaga, C. Jenewein, H. Colfen, H. Kaiju, T. Sato, H. Imai	4. 巻 12
2. 論文標題 Enhancement of coercivity of self-assembled stacking of ferrimagnetic and antiferromagnetic nanocubes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nanoscale	6. 最初と最後の頁 7792-7796
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/c9nr10558a	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 T. Kimura, M. Takasaki, R. Hatai, Y. Nagai, K. Uematsu, Y. Oaki, M. Osada, H. Tsuda, T. Ishigure, T. Toyofuku, S. Shimode, H. Imai	4. 巻 10
2. 論文標題 Guanine crystals regulated by chitin-based honeycomb frameworks for tunable structural colors of sapphirinid copepod, <i>Sapphirina nigromaculata</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 2266
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-020-59090-4	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 M. Takasaki, M. Tago, Y. Oaki, H. Imai	4. 巻 10
2. 論文標題 Thermally induced fragmentation of nanoscale calcite	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 6088-6091
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/c9ra10564f	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 H. Imai, R. Matsumoto, M. Takasaki, K. Tsukiyama, K. Sawano, Y. Nakagawa	4. 巻 21
2. 論文標題 Evaporation-driven manipulation of nanoscale brickwork structures for the design of 1D, 2D, and 3D microarrays of rectangular building blocks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 6905-6914
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9ce00960d	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 K. Tsukiyama, M. Takasaki, Y. Oaki, H. Imai	4. 巻 35
2. 論文標題 Evolution of Co304 Nanocubes through Stepwise Oriented Attachment	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 8025-8030
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.9b00342	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 K. Tsukiyama, M. Takasaki, Y. Oaki, H. Imai	4. 巻 48
2. 論文標題 Highly Dispersive Mono-Sized Nanoparticles of Y2O3-Stabilized ZrO2	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 390-393
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.181010	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 Y. Yukimasa, M. Takasaki, Y. Oaki, H. Imai	4. 巻 4
2. 論文標題 Bending Fibers of Hydroxyapatite for Ordered Parallel Architecture in Bovine Tooth Enamel	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 3739-3744
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.9b00070	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 K. Tsukiyama, M. Takasaki, N. Kitamura, Y. Idemoto, Y. Oaki, M. Osada, H. Imai	4. 巻 11
2. 論文標題 Enhanced Oxide-Ion Conductivity of Solid-State Electrolyte Mesocrystal	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nanoscale	6. 最初と最後の頁 4523-4530
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8NR09709G	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 M. Takasaki, T. S. Suzuki, Y. Oaki, H. Imai	4. 巻 10
2. 論文標題 Biomimetic Macroscopic Mesocrystalline Films Produced by Oriented Assembly of Nanorods under Magnetic Field	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nanoscale	6. 最初と最後の頁 22161-22165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8NR07853J	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 R. Matsumoto, M. Takasaki, K. Tsukiyama, Y. Oaki, H. Imai	4. 巻 57
2. 論文標題 Layer-by-Layer Manipulation of Heterogeneous Rectangular Nanoblocks: Brick Work for Multilayered Structures with Specific Heterojunction	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 11655-11661
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.8b01804	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 Y. Nakagawa, R. Matsumoto, H. Kageyama, Y. Oaki, H. Imai	4. 巻 10
2. 論文標題 Layer-by-Layer Manipulation of Anisotropic Nanoblocks: Orientation-Switched Superlattices through Orthogonal Stacking of a and c Directions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nanoscale	6. 最初と最後の頁 12957-12962.
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8NR00777B	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 Mizue Shingo, Ibaraki Shunsuke, Ise Ryuta, Sazaki Gen, Oaki Yuya, Imai Hiroaki	4. 巻 17
2. 論文標題 Self-Organized Formation of Parallel-Banded Structures through Synchronization of Twisted Growth	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Crystal Growth and Design	6. 最初と最後の頁 3694 ~ 3699
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.7b00270	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 Sato Kanako, Ishii Kanji, Oaki Yuya, Nakanishi Kazuki, Imai Hiroaki	4. 巻 49
2. 論文標題 Polymer-assisted shapeable synthesis of porous frameworks consisting of silica nanoparticles with mechanical property tuning	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 825 ~ 830
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/pj.2017.62	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 Takasaki Mihiro, Kezuka Yuki, Tajika Masahiko, Oaki Yuya, Imai Hiroaki	4. 巻 2
2. 論文標題 Evolution of Calcite Nanocrystals through Oriented Attachment and Fragmentation: Multistep Pathway Involving Bottom-Up and Break-Down Stages	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 8997 ~ 9001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.7b01487	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 Matsumoto Riho, Nakagawa Yoshitaka, Kato Kazumi, Oaki Yuya, Imai Hiroaki	4. 巻 33
2. 論文標題 Spatial Control of Crystallographic Direction in 2D Microarrays of Anisotropic Nanoblocks on Trenched Substrates	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 13805 ~ 13810
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.7b03264	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 Nakajima Kimiko, Suzuki Monami, Nagai Yukiko, Izumida Kenta, Oaki Yuya, Toyofuku Takashi, Bijma Jelle, Nehrke Gernot, Raitzsch Markus, Tani Kenichiro, Imai Hiroaki	4. 巻 19
2. 論文標題 Hierarchical textures on aragonitic shells of the hyaline radial foraminifer <i>Hoeglundina elegans</i>	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 7191 ~ 7196
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c7ce01870c	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 Ogawa Shumpei, Wakayama Takuya, Watanabe Hiroto, Hayashi Kosei, Ogata Shuhei, Oaki Yuya, Hasegawa Miki, Imai Hiroaki	4. 巻 91
2. 論文標題 Enhanced Quantum Yield of Fluorophores in Confined Spaces of Supermicroporous Silicas	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 87 ~ 91
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20170291	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 Kotani Yoh, Ise Ryuta, Ishii Kanji, Mandai Toshihiko, Oaki Yuya, Yagi Shunsuke, Imai Hiroaki	4. 巻 739
2. 論文標題 Enhanced electrochemical properties of MgCo ₂ O ₄ mesocrystals as a positive electrode active material for Mg batteries	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Alloys and Compounds	6. 最初と最後の頁 793 ~ 798
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2017.12.315	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 Nagai Yuta, Oaki Yuya, Imai Hiroaki	4. 巻 20
2. 論文標題 Artificial Mineral Films Similar to Biogenic Calcareous Shells: Oriented Calcite Nanorods on a Self-Standing Polymer Sheet	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 1656 ~ 1661
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CE02143G	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 K. Sato, N. Ozaki, K. Nakanishi, Y. Sugahara, Y. Oaki, C. Salinas, S. Herrera, D. Kisailus, H. Imai	4. 巻 7
2. 論文標題 Effects of Nanostructured Biosilica in Rice Plant Mechanics	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 13065-13071
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c6ra27317c	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 M. Takasaki, Y. Oaki, H. Imai	4. 巻 33
2. 論文標題 Oriented Attachment of Calcite Nanocrystals: Formation of Single-Crystalline Configurations as 3D Bundles via Lateral Stacking of 1D Chains	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 1516-1520
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.6b04595	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 K. Nakamura, Y. Oaki, H. Imai	4. 巻 19
2. 論文標題 Multistep Crystal Growth of Oriented Fluorapatite Nanorod Arrays for Fabrication of Enamel-Like Architectures on a Polymer Sheet	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 669-674
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C6CE02381A	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 M. Suzuki, T. Sasaki, Y. Oaki, H. Imai	4. 巻 17
2. 論文標題 Stepwise Rotation of Nanometric Building Blocks in Aragonite Helix of a Pteropod Shell	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Crystal Growth and Design	6. 最初と最後の頁 191-196
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.6b01417	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 K. Sato, A. Yamauchi, N. Ozaki, T. Ishigure, Y. Oaki, H. Imai	4. 巻 6
2. 論文標題 Optical Properties of Biosilicas in Rice Plants	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 109168-109173
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C6RA24449A	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 M. Takasaki, Y. Oaki, H. Imai	4. 巻 18
2. 論文標題 Switchable Oriented Attachment and Detachment of Calcite Nanocrystal	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 8999-9002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C6CE02161A	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 K. Nakajima, Y. Nagai, M. Suzuki, Y. Oaki, K. Naito, Y. Tanaka, T. Toyofuku, H. Imai	4. 巻 18
2. 論文標題 Mesoscopic Crystallographic Textures on Shells of a Hyaline Radial Foraminifer <i>Ammonia beccarii</i>	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 7135-7139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C6CE01611A	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 R. Matsumoto, Y. Nakagawa, H. Kageyama, Y. Oaki, H. Imai,	4. 巻 18
2. 論文標題 Evaporation-Driven Regularization of Crystallographically Ordered Arrangements of Truncated Nanoblocks: From 1D Chains to 2D Rhombic Superlattices	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 6138-6142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C6CE01512C	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 H. Imai	4. 巻 62
2. 論文標題 Mesostuctured crystals: Growth processes and features	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials	6. 最初と最後の頁 212-226
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pcrysgrow	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 M. Goto, Y. Oaki, H. Imai	4. 巻 16
2. 論文標題 Dendritic Growth of NaCl Crystals in a Gel Matrix: Variation of Branching and Control of Bending,	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Crystal Growth and Design	6. 最初と最後の頁 4278-4284
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.6b00323	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 M. Takasaki, Y. Kimura, Y. Yamazaki, Y. Oaki, H. Imai	4. 巻 6
2. 論文標題 1D Oriented Attachment of Calcite Nanocrystals: Formation of Single-Crystalline Rods through Collision	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 61346-61350
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C6RA09452J	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 M. Suzuki, Y. Oaki, H. Imai	4. 巻 16
2. 論文標題 Aragonite Nanorod Arrays through Molecular Controlled Growth on Single-Crystalline Substrate and Polysaccharide Surface	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Crystal Growth and Design	6. 最初と最後の頁 3741-3747
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.6b00237	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 T. Hiraide, H. Kageyama, Y. Nakagawa, Y. Oaki, H. Imai	4. 巻 52
2. 論文標題 UV-induced Epitaxial Attachment of TiO ₂ Nanocrystals in Molecularly Mediated 1D and 2D Alignments	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 7545-7548
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C6CC02001A	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 T. Suzuki, H. Watanabe, Y. Oaki, H. Imai	4. 巻 52
2. 論文標題 Tuning of photocatalytic reduction by conduction band engineering of semiconductor quantum dots with experimental evaluation of band edge potential	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 6185-6188
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C6CC01166G	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 K. Nakamura, Y. Nakagawa, H. Kageyama, Y. Oaki, H. Imai	4. 巻 32
2. 論文標題 Orientation-Selective Alignments of Hydroxyapatite Nanoblocks through Epitaxial Attachment in a and c Directions	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 4066-4070
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.6b00732	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 Y. Nakagawa, H. Kageyama, Y. Oaki, H. Imai	4. 巻 52
2. 論文標題 Orientation-Selective Alignments of Nanoblocks in a and c Directions of Tetragonal System through Molecularly Mediated Manipulation	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 5597-5600
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c5cc10644c	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62件（うち招待講演 6件 / うち国際学会 16件）

1. 発表者名 K. Sawano, M. Shimizu, M. Takasaki, Y. Oaki, H. Imai
2. 発表標題 Fabrication of Binary Magnetic Nanocube Arrays for Coercivity Enhancement
3. 学会等名 International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Kimura, M. Takasaki, Y. Nagai, C. Chong, T. Toyohuku, S. Shimode, T. Ishigure, H. Tsuda, Y. Oaki, H. Imai
2. 発表標題 Crystal arrays with organic frameworks for structural colors of the sapphirinid copepods
3. 学会等名 Marine Biotechnology Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Imai, M. Takasaki, Y. Yukimasa, M. Suzuki, T. Sasaki, Y. Oaki
2. 発表標題 Curving crystals in biominerals and biomimetic minerals
3. 学会等名 15th International Symposium on Biomineralization (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Tago, M. Takasaki, Y. Tokura, S. Shiratori, Y. Oaki, H. Imai
2. 発表標題 Self-organized formation of various 2D patterns with calcite nanorods
3. 学会等名 The 11th International Conference on Science and Technology of Advanced Ceramics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Imai
2. 発表標題 Design of Ordered Microarrays by Nanoscale Brickworks of Rectangular Building Blocks
3. 学会等名 13th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mihiro Takasaki, Tohru S. Suzuki, Yuya Oaki, Hiroaki Imai
2. 発表標題 Artificial Cross-Lamellar Structures Similar to Calcareous Shells
3. 学会等名 Bioceramics30 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高崎美宏、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 ドライおよびウェットな低温環境におけるカルサイトナノ結晶の開裂と粒成長
3. 学会等名 日本セラミックス協会2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田子誠、高崎美宏、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 カルサイトナノロッドの単層集積によるナノスケールパターンの形成
3. 学会等名 日本セラミックス協会2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清水真琴、松本里穂、溝口剛史、佐藤徹哉、高崎美宏、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 Fe304ナノキューブ単層配列体の作製およびその磁気特性の評価
3. 学会等名 日本セラミックス協会2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 築山慧之、高崎美宏、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 単一サイズCno304ナノキューブの合成と自己集合によるメソクリスタルの作製
3. 学会等名 第57回セラミックス基礎討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村翼・高崎美宏（慶大・理工）長井裕季子（JAMSTEC・科博）・Chen Chong(JAMSTEC)・豊福高志（JAMSTEC、海洋大）・下出信次（横国大・環情）・緒明佑哉・今井宏明
2. 発表標題 Sapphirinaのグアニン結晶集積体の構造解析
3. 学会等名 第13回バイオミネラリゼーションワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉山蒼・高崎美宏・緒明佑哉（慶大・理工）・内藤公喜・田中義久（物材機構）・今井宏明（慶大・理工）
2. 発表標題 ホネガイ貝殻におけるロッド状結晶の構造と機械特性
3. 学会等名 第13回バイオミネラリゼーションワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村江里・船生柊伍・緒明佑哉（慶大・理工）・尾崎紀昭（秋田県立大・生物資源）・今井宏明（慶大・理工）
2. 発表標題 イネ葉身・籾殻・穂軸のバイオシリカのナノ構造解析
3. 学会等名 第13回バイオミネラリゼーションワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 泉田健太，杉浦幹啓，緒明佑哉，今井宏明
2. 発表標題 非晶質炭酸カルシウムの結晶化を利用したカルサイトの形態制御
3. 学会等名 第47回結晶成長国内会議(JCCG-47)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高崎美宏、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 カルサイトナノ結晶のオリエンティッドアタッチメントによる成長
3. 学会等名 第47回結晶成長国内会議(JCCG-47)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 行正有太郎，高崎美宏，緒明佑哉，今井宏明
2. 発表標題 エナメル質を模倣した湾曲成長を伴うフッ素アパタイト配向構造体の形成
3. 学会等名 第47回結晶成長国内会議(JCCG-47)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 泉田健太・高崎美宏・長井裕季子・緒明佑哉・豊福高志・今井宏明
2. 発表標題 浮遊性有孔虫の持つカルサイト針状突起の解析と類似体の合成
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 築山慧之・高崎美宏・緒明佑哉・今井宏明
2. 発表標題 イオン伝導性ナノブロックの集積を利用した低温で高いイオン伝導率を持つ固体電解質の作製
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 行正有太郎・高崎美宏・緒明佑哉・今井宏明
2. 発表標題 エナメル質形成部のナノ構造解析とその模倣による類似構造体の作製
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村 翼・高崎美宏・長井裕季子・Chen Chong・豊福高志・下出信次・緒明佑哉・今井宏明
2. 発表標題 サフィリナのグアニン結晶集積体の構造解析
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 清水真琴・松本里穂・高崎美宏・緒明佑哉・今井宏明
2. 発表標題 BaTiO ₃ およびFe ₃ O ₄ ナノキューブの複合配列体の作製
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉山 蒼・高崎美宏・緒明佑哉・内藤公喜・田中喜久・今井宏明
2. 発表標題 ホネガイ貝殻におけるロッド状結晶の構造と機械特性の解析
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田子 誠・高崎美宏・緒明佑哉・今井宏明
2. 発表標題 カルサイトナノロッドの配向集積膜の作製
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Funyu, K. Sato, A. Yamauchi, T. Ishigure, Y. Oaki, D. Kisailus, N. Ozaki, H. Imai
2. 発表標題 Mechanical and optical properties of biosilicas in a rice plant
3. 学会等名 The 14th International Symposium on Biomineralization (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Yukimasa, M. Takasaki, Y. Oaki, H. Imai
2. 発表標題 Radially-arranged and bending structures of hydroxyapatite nanorods in the enamel-dentin interfacial region of bovine teeth
3. 学会等名 The 14th International Symposium on Biomineralization (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Izumida, M. Takasaki, Y. Nagai, Y. Oaki, K. Naito, Y. Tanaka, T. Toyofuku, H. Imai
2. 発表標題 Structure analysis and property evaluation of spines of planktonic foraminifera
3. 学会等名 The 14th International Symposium on Biomineralization (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 築山慧之、高崎美宏、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 二酸化セリウムナノキューブの合成とオリエンテッドアタッチメントによるメソクリスタルの形成
3. 学会等名 日本結晶成長学会 第40回結晶成長討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高崎美宏、毛塚雄己、田近正彦、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 水酸化カルシウムの炭酸化における凝集と開裂過程を含むカルサイトナノ結晶の形成
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第30回秋季シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 築山慧之、高崎美宏、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 ランタノイドをドーブした二酸化セリウムナノキューブの合成と規則配列構造の形成
3. 学会等名 第7回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 永井雄太、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 有機シート上における多段階成長によるバイオミネラル類似カルサイト配向構造体の作製
3. 学会等名 第7回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松本里穂、中川義隆、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 異種の酸化物矩形ナノブロックの複合化および配列制御
3. 学会等名 第7回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 行正有太郎、高崎美宏、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 エナメル質の構造解析と類似構造体の作製
3. 学会等名 第7回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 泉田健太、高崎美宏、長井裕季子、緒明佑哉、内藤公喜、田中義久、豊福高志、今井宏明
2. 発表標題 浮遊性有孔虫の針状突起の構造解析と機能評価
3. 学会等名 第7回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高崎美宏、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 カルサイトナノ結晶の配向集積・開裂の制御による1～3次元階層構造体の構築・分解
3. 学会等名 第7回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 築山慧之、高崎美宏、緒明佑哉、長田実、今井宏明
2. 発表標題 イオン伝導性ナノブロックの配列制御およびひずんだ粒界による高イオン伝導性の発現
3. 学会等名 日本セラミックス協会2018年年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高崎美宏、鈴木達、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 CaCO ₃ ナノロッドの集積による配向フィルムの作製
3. 学会等名 日本セラミックス協会2018年年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 澤野圭佑、築山慧之、高崎美宏、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 マグネタイトの10 nmナノキューブによる一次元配列体の形成
3. 学会等名 日本セラミックス協会2018年年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Takasaki, Y. Oaki, H. Imai
2. 発表標題 Control of oriented attachment of calcite nanocrystals for formation of various single-crystalline configuration
3. 学会等名 Gordon Research Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 H. Imai
2. 発表標題 Optical Properties of Biosilicas in a Rice Plant
3. 学会等名 41st International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites (ICACC17) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Takasaki, Y. Oaki, H. Imai
2. 発表標題 pH-Sensitive Oriented Attachment of Calcite Nanocrystals
3. 学会等名 The 33rd International Korea-Japan Seminar on Ceramics (国際学会)
4. 発表年 2016年

1 . 発表者名 H. Imai
2 . 発表標題 Characterization of Biogenic Arrayed Nanocrystals and Fabrication of Their Mimetics Through Classical and Nonclassical Routes
3 . 学会等名 Gordon Research Conferences - 2016 Meeting - Biomineralization (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 H. Imai, M. Suzuki, K. Nakamura, K. Nakajima, Y. Nagai, Y. Oaki, Y. Nagai, T. Toyofuku
2 . 発表標題 Biogenic and Biomimetic Arrayed Nanocrystals(Invite)
3 . 学会等名 The 18th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-18) (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 S. Mizue, S. Ibaraki, Y. Oaki, G. Suzuki, H. Imai
2 . 発表標題 Parallel banded structures formed by synchronied growth of heical crystals in a polymer matrix
3 . 学会等名 The 18th International Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ICCGE-18) (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 H. Imai, Y. Nakagawa, R. Matsumoto, Y. Oaki
2 . 発表標題 Oriented Assembly of Anisotropic Nanoblocks for Direction-Controlled 1D, 2D, 3D Microarrays
3 . 学会等名 13th International Conference on Ceramic Processing Science (ICCP-13)(Invite) (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1. 発表者名 高崎美宏、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 カルサイトナノ結晶の配向集積成長による1次元・3次元構造体の構築
3. 学会等名 日本セラミックス協会2017年年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 行正有太郎、中村和樹、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 有機高分子シート上におけるフッ素アパタイト配向構造体の作製
3. 学会等名 日本セラミックス協会2017年年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 築山慧之、高崎美宏、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 サマリウムをドーピングした二酸化セリウムナノキューブの合成と規則配列構造の形成
3. 学会等名 日本セラミックス協会2017年年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤可奈子、山内瞭、石樽崇明、緒明佑哉、尾崎紀昭、中西和樹、菅原義之、David Kisailus、今井宏明
2. 発表標題 イネ葉身のバイオシリカの構造および機能の解析
3. 学会等名 第55回セラミックス基礎科学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 植野大樹、鈴木貴文、渡辺洋人、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 遷移金属酸化物質量子ドットのバンド構造の解析と光触媒反応制御
3. 学会等名 第55回セラミックス基礎科学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 平出智之、景山宏之、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 二酸化チタン矩形ナノブロックによる秩序構造体の作製
3. 学会等名 第55回セラミックス基礎科学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 水江真吾、伊勢隆太、緒明佑哉、佐崎元、今井宏明
2. 発表標題 高分子マトリクス中におけるらせん状結晶成長の同期による二次元平行バンド構造の形成
3. 学会等名 第6回CSJフェスタ2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 小川峻平、林孝星、渡辺洋人、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 -パーマイクロポラスシリカのナノ細孔を用いた炭素系蛍光体の合成と構造解析
3. 学会等名 第6回CSJフェスタ2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 永井雄太、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 有機シートにおけるバイオミネラル類似カルサイト配向構造体の形成
3. 学会等名 第6回CSJフェスタ2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐藤可奈子、山内瞭、尾崎紀昭、David Kisailus、石樽崇明、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 イネ葉身のバイオシリカの構造および機能の解析
3. 学会等名 第6回CSJフェスタ2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 高崎美宏、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 方位選択・可逆的なカルサイトナノ結晶の配向集積
3. 学会等名 第6回CSJフェスタ2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 松本里穂、中川義隆、加藤一実、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 矩形ナノブロックの空間的な配列制御による異配向秩序構造体の構築
3. 学会等名 第6回CSJフェスタ2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐藤可奈子、山内瞭、石樽崇明、緒明佑哉、尾崎紀昭、David Kisailus、今井宏明
2. 発表標題 イネ葉身のバイオシリカの構造および機能の解析
3. 学会等名 第11回バイオミネラリゼーションワークショップ
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 小川峻平、渡辺洋人、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 スーパーマイクロポーラスシリカのナノ細胞を用いた有機蛍光体の集積制御と蛍光特性
3. 学会等名 第30回日本吸着学会研究発表会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 永井雄太、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 有機シートを用いたバイオミネラル類カルサイト配向構造体の作製
3. 学会等名 日本セラミックス協会第29回秋季シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 松本里穂、加藤一実、緒明佑哉、今井宏明
2. 発表標題 Mn304矩形ナノブロックによる空間的に制御された配列構造の形成
3. 学会等名 日本セラミックス協会第29回秋季シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 今井宏明
2. 発表標題 異方性矩形ナノブロックの配向集積による1・2・3次元マイクロアレイの構築
3. 学会等名 日本セラミックス協会第29回秋季シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 今井宏明
2. 発表標題 バイオミネラルのナノ構造の解明と類似体の合成および機能材料への展開
3. 学会等名 第18回マリンバイオテクノロジー学会大会（招待講演）
4. 発表年 2016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
---------------------------	-----------------------	----