

令和 4 年 5 月 31 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K05636

研究課題名(和文)かご型構造を有する化合物の高選択的な反応を利用した有機-無機ハイブリッドの創製

研究課題名(英文) Synthesis of organic-inorganic hybrids by a selective reaction of the compounds having cage-type structure

研究代表者

郡司 天博 (Gunji, Takahiro)

東京理科大学・理工学部先端化学科・教授

研究者番号：20256663

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：かご型シルセスキオキサンを1,4-ブタンジオールで連結することにより重合体を得た。また、チオエーテル構造の末端にβ-ジケトン基が置換した官能基を有するかご型シルセスキオキサンを合成し、銅やアルミニウム、チタンイオンと錯形成することにより重合体を得た。一方、チタンホスホネートクラスターとジオールとの反応によりチタンホスホネートクラスターを架橋した高分子を得た。さらに、チタンホスホネートクラスターをアセトンやテトラヒドロフラン中で加水分解することにより新たな有機-無機ハイブリッド材料を得た。特に、溶媒の種類により生成物の形態や性状が大きく変化し、有機合成反応の触媒や光触媒となることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

かご型シルセスキオキサンやチタンホスホネートクラスターは分子内にかご型構造を有しており、高度に規制された対称性が高い骨格構造を有することが特徴である。そのため、その合成や有機-無機ハイブリッド材料への応用は高い関心を集めており、基礎物性の解明や材料としての応用が希求されている。本研究は、このようなかご型構造を有する有機-無機ハイブリッド材料の新規合成法の開発に関わるものであり、その研究成果は有機化学と無機化学を融合した新しい学問分野の創成と普及に貢献したことに意義がある。

研究成果の概要(英文)：The polymer was synthesized by linking cage-silsesquioxane with 1,4-butanediol. In addition, a cage-type silsesquioxane having a functional group in which a beta-diketone group is substituted at the end of the thioether linker was synthesized, and a polymer was obtained by forming a complex with copper, aluminum, and titanium ions. On the other hand, a polymer in which the titanium phosphonate cluster was cross-linked was obtained by the reaction of titanium phosphonate cluster with diol. Furthermore, a new organic-inorganic hybrid material was obtained by hydrolyzing titanium phosphonate clusters in acetone or tetrahydrofuran. In particular, it was found that the form and properties of the product change greatly depending on the type of solvent to act as a catalyst for organic synthesis reactions and photocatalysts.

研究分野：無機高分子化学，有機合成化学

キーワード：有機-無機ハイブリッド かご型シルセスキオキサン チタンホスホネートクラスター

### 1. 研究開始当初の背景

(1) かご型シルセスキオキサン重合では、反応点の数や位置の制御が難しく、ランダムな重合が進むと考えられるので、テンプレートを共存する、あるいは、あらかじめ官能基を不活性化することにより重合反応を規制して、その精密重合が達成される。また、かご型シルセスキオキサンやチタンホスホネートクラスターは、その最低空軌道がかご型構造の内側に広がると分子軌道計算により明らかになっており、かご型構造の骨格をなすケイ素やチタン、リンに適切な官能基を導入してかご型構造の内側の軌道と相互作用できれば、かご型構造を形成する特定の位置にある原子のみを活性化した反応が可能になると期待される。

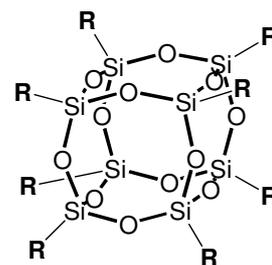


図1 かご型シルセスキオキサンの構造

### 2. 研究の目的

(1) 本研究は、かご型構造を有する化合物の特性や物性を明らかにし、その高分子化により多孔性材料としての特性を評価すること、また、かご型構造に置換した官能基によりかご型の骨格構造を形成する原子の特性を制御することを目的として行った。

### 3. 研究の方法

(1) かご型シルセスキオキサンを剛直な骨格を有するジオールで架橋する反応を開発し、次に、かご型シルセスキオキサンを剛直な骨格を有するジオールで架橋した有機-無機ハイブリッド材料を合成した。即ち、ヒドリド基やジメチルシロキシ基を有するかご型シルセスキオキサンの反応性を明らかにするために、ジエチルヒドロキシルアミンを触媒とする脱水素反応を選択し、ヒドロシル基とアルコールやシラノールなどの活性水素を有する化合物の反応を開拓した。この反応の条件を適正に調整することにより、高い成型加工性を有する高分子を合成した。さらに、この高分子を有機溶媒に溶解してから適当な容器に移して加熱することにより自立膜を調製した。

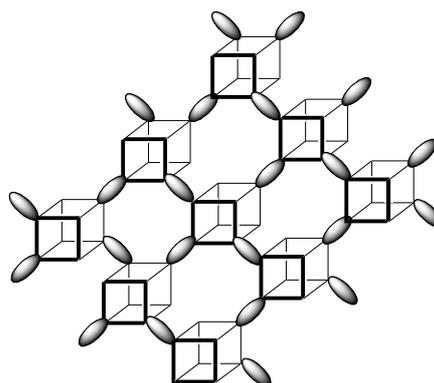


図2 かご型シルセスキオキサンをスペーサーで架橋した構造の模式図

(2) チタンホスホネートクラスターをジオールで架橋した有機-無機ハイブリッド材料を、また、チタンホスホネートクラスターの加水分解重縮合により新たな有機-無機ハイブリッド材料を合成した。即ち、チタンとリン、酸素からなるかご型構造が特徴的なチタンホスホネートクラスターを対象として、ジオールとのアルコール交換反応により、チタンホスホネートクラスターを架橋した高分子を得た。また、チタンホスホネートクラスターを各種有機溶媒に溶解してから加水分解することにより、加水分解生成物として新たな有機-無機ハイブリッド材料を得た。

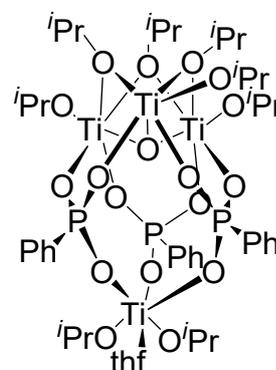


図3 チタンホスホネートクラスターの構造

#### 4. 研究成果

(1) まず、かご型シルセスキオキサンを剛直な骨格を有するジオールで架橋する反応では、ジメチルシロキシ基を有するかご型シルセスキオキサンとアルキンジオールの反応を検討し、脱水素を伴って重合が進行すること、また、重合体が生成することを見出した。

(2) かご型シルセスキオキサンを剛直な骨格を有するジオールで架橋する反応では、ジメチルシロキシ基を有するかご型シルセスキオキサンと 2-ブチン-1,4-ジオールの反応を検討し、脱水素

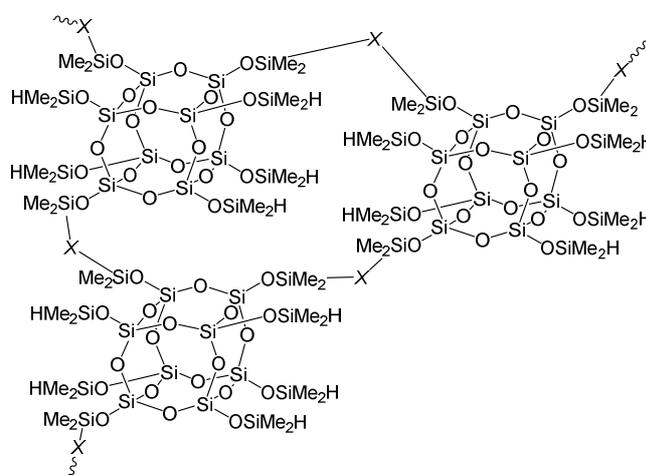


図4 かご型シルセスキオキサン重合体の模式図

を伴って重合が進行すること、また、重合体が生成することを見出した。この重合体を適当な有機溶媒に溶解してから型枠に流し込んで加熱することにより、無色透明な自己支持膜を生成することに成功した。

(3) 次に、チタンホスホネートクラスターをアルカンジオール類と反応することにより、アルコール交換反応を利用して重合体が生成することを見出した。

(4) 一方、チタンホスホネートクラスターでは、溶媒を変えて加水分解重縮合することによりチタナホスホネートの重合体が生成することを見出した。アセトン中ではアセトンが加水分解により脱離したアセトンが縮合した生成物がみられたことから、チタンホスホネートクラスターがルイス酸触媒として有機合成に利用できることを見出した。また、加水分解生成物も光触媒性能を有することを見出した。溶媒の特性に応じて生成物の比表面積や細孔径分布が変化することがわかった。

(5) さらに、チタンホスホネートクラスターの部分構造となるホスファチタノキサン結合を骨格とする官能基を側鎖とするポリシルセスキオキサンを合成し、その有機高分子基板へのコーティングにより自立膜を作成し、光触媒機能を有する機能性薄膜材料の調製に成功した。これは、有機基板の特性を生かした柔軟性を有し、紫外光や可視光を照射することにより有機色素の分解能を有すること、また、コーティング膜表面の親水性が制御できることが明らかになった。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ryohei Hayami, Masahiro Ohashi, Masahiro, Haruka Suzuki, Yohei Sato, Ibuki Saito, Satoru Tsukada, Kazuki Yamamoto, Kiyoshi Dowaki, and Takahiro Gunji	4. 巻 95
2. 論文標題 Preparation, characterization, and desulfurization ability of bulk porous silica-supported ZnO	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Sol-Gel Science and Technology	6. 最初と最後の頁 482-491
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10971-020-05259-2	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 Yohei Sato, Ryohei Hayami, Yuta Miyase, Yuzuko Ideno, Kazuki Yamamoto, and Takahiro Gunji	4. 巻 95
2. 論文標題 Preparation and properties of methyl- and cyclohexylsilsesquioxane oligomers as organic-inorganic fillers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Sol-Gel Science and Technology	6. 最初と最後の頁 474-481
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10971-020-05291-2	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 Satoru Tsukada, Takayuki Abe, Naoya Abe, Satoru Nakashima, Kazuki Yamamoto, and Takahiro Gunji	4. 巻 49
2. 論文標題 Benzenedithiolate-bridged MoFe complexes: structures, oxidation states, and reactivities	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 9048-9056
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/d0dt01428a	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 Ryohei Hayami, Yuzuko Ideno, Yohei Sato, Yohei, Hayato Tsukagoshi, Kazuki Yamamoto, and Takahiro Gunji	4. 巻 27
2. 論文標題 Soluble ethane-bridged silsesquioxane polymer by hydrolysis-condensation of bis(trimethoxysilyl)ethane: characterization and mixing in organic polymers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Polymer Research	6. 最初と最後の頁 316
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10965-020-02294-z	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 Wataru Nakamoto, Ryohei Hayami, Shun Aizawa, Yuta Miyase, Shintaro Fujii, Kazuki Yamamoto, and Takahiro Gunji	4. 巻 714
2. 論文標題 Characterization of a flexible self-cleaning film with photoinduced hydrophilicity comprising phosphonic-acid-modified polysilsesquioxane-anchored titanium dioxide	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Thin Solid Films	6. 最初と最後の頁 138395
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tsf.2020.138395	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 Satoru Tsukada, Takuya Ogawa, Yuma Susami, Kazuki Yamamoto, Takahiro Gunji	4. 巻 196
2. 論文標題 Easy and environmentally friendly synthesis method for T8H (HSiO <sub>3</sub> /2) <sub>8</sub>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Phosphorus Sulfur and Silicon and the Related Elements	6. 最初と最後の頁 396-320
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/10426507.2020.1833332	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 Ryohei Hayami, Wataru Nakamoto, Yohei Sato, Kazuki Yamamoto, and Takahiro Gunji	4. 巻 51
2. 論文標題 Organic-inorganic hybrids based on poly(bisphenol A-co-epichlorohydrin) containing titanium phosphonate clusters	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 1265-1271
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-019-0243-y	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 Kazuki Yamamoto, Haruka Suzuki, Masahiro Ohashi, Ryohei Hayami, Satoru Tsukada, and Takahiro Gunji	4. 巻 127
2. 論文標題 In situ preparation of platinum nanoparticles in mesoporous silica using linear polyethyleneimine as a protective agent	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Ceramic Society of Japan	6. 最初と最後の頁 531-537
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.18147	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 Keito Ohtsu, Ryohei Hayami, Takuya Sagawa, Satoru Tsukada, Kazuki Yamamoto, and Takahiro Gunji	4. 巻 75
2. 論文標題 Syntheses and properties of linear $\pi$ -conjugated molecules composed of 1-azaazulene and azulene	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Tetrahedron	6. 最初と最後の頁 130658
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tet.2019.130658	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54件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 相澤駿, 中本航, 速水良平, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 酸化チタンをもちいた高柔軟性セルフクリーニングフィルムの調製及びその長波長応答化
3. 学会等名 日本セラミックス協会第33回秋季シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 郡司天博, 中本航, 相澤駿, 速水良平, 山本一樹
2. 発表標題 ホスホン酸を側鎖とするポリシルセスキオキサンの合成とその性質
3. 学会等名 第69回高分子討論会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 郡司天博, 飯田祥人, 山本一樹
2. 発表標題 前駆体法によるチタン酸バリウムの低温合成
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 郡司天博
2. 発表標題 スルホン酸またはホスホン酸を側鎖とするポリシルセスキオキサンの合成とその機能
3. 学会等名 第39回無機高分子研究討論会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 塚越勇人, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 リン酸チタンクラスターの加水分解挙動の溶媒依存性", 第39回無機高分子研究討論会, オンライン開催
3. 学会等名 第39回無機高分子研究討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤陽平, 速水良平, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 アセチルアセトナト基を有するかご型シルセスキオキサン錯体の合成と性質
3. 学会等名 第39回無機高分子研究討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森一真, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 酸化亜鉛担持バルク状多孔性シリカの調製と脱硫剤への応用
3. 学会等名 第24回ケイ素化学協会シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 下田智也, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 DQハイブリッドモノマーを用いたポリシロキサンの合成と自立膜の調製
3. 学会等名 第24回ケイ素化学協会シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中本航, 手跡雄太, 山本一樹, 郡司天博, 竹内謙
2. 発表標題 ホタテ貝殻-酸化チタン複合粉末を用いた海水中の有機物除去
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会,
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 塚越勇人, 速水良平, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 チタンホスホネートアルコキシドクラスターの加水分解挙動の溶媒依存性
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会,
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 辻合雄造, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 トリエトキシシリル基を有する有機色素の合成と性質
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会,
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤岡洋, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 プロトン伝導性を有するポリシルセスキオキサン膜の調製と特性
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会,
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤陽平, 速水良平, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 -ジケトン基を有するかご型シルセスキオキサンを配位子とした高分子の合成と性質
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会,
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 天池勇之介, 上妻智也, 金子芳郎, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 親水性かご型シロキサンを添加したオルガノシリカ逆浸透膜の開発
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会,
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩品達矢, 中川孟, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 2-アミノアズレン類を配位子としたPd錯体の合成と性質
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会,
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本一樹, 斉藤玄吹, 郡司天博
2. 発表標題 ベンゼンおよびピリジン部位を架橋基とするオルガノシリカ膜の作製と逆浸透膜特性
3. 学会等名 日本膜学会第41年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本一樹, 斉藤玄吹, 郡司天博
2. 発表標題 ピリジン部位を架橋基とする有機 - 無機ハイブリッドシリカ逆浸透膜の調製と水分離特性
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 出野柚子, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 有機架橋型ポリシルセスキオキサンを用いたマイクロポラス材料の調製と性質
3. 学会等名 日本ゾル-ゲル学会第17回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡辺雄, 塚田学, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 鉄錯体/プロトン伝導高分子コンポジットフィルムの調製と評価
3. 学会等名 日本ゾル-ゲル学会第17回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 斉藤亥吹, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 ビリジン部位を含む有機架橋型アルコキシシランを用いた逆浸透膜の作製
3. 学会等名 日本ゾル-ゲル学会第17回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井口諒亮, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 カゴ型オクタシリケート/グルコース複合体の開発
3. 学会等名 日本ゾル-ゲル学会第17回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤陽平, 速水良平, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 オリゴシクロヘキシルシルセスキオキサン/PMMAコンポジットフィルムの調製と性質
3. 学会等名 日本ゾル-ゲル学会第17回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤岡洋, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 プロトン伝導性を有するポリシルセスキオキサン膜の調製
3. 学会等名 日本ゾル-ゲル学会第17回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuzuko Ideno, Kazuki Yamamoto, and Takahiro Gunji
2. 発表標題 Preparation and properties of microporous materials using organic bridged polysilsesquioxanes
3. 学会等名 20th International Sol-Gel Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ibuki Saito, Kazuki Yamamoto, Takahiro Gunji
2. 発表標題 Preparation of 2,5-Bis(triethoxysilylvinyl)pyridine and Its Application to Reverse Osmosis Membrane
3. 学会等名 20th International Sol-Gel Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuki Yamamoto, Yohei Sato, and Takahiro Gunji
2. 発表標題 Preparation and properties of oligo(cyclohexylsilsesquioxane)/PMMA composite film
3. 学会等名 20th International Sol-Gel Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 郡司天博, 速水良平, 西川いづみ, 中島宏明, 塚田学, 山本一樹
2. 発表標題 ポリジメチルシロキサン / ポリエトキシシロキサン共重合体の合成と性質
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤陽平, 速水良平, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 シクロヘキシル基を有するオリゴシルセスキオキサンの調製とそのコンポジットフィルムの性質
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中本航, 速水良平, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 リン酸修飾有機ケイ素ポリマーを用いたセルフクリーニングフィルムの調製
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 天池勇之介, 山本一樹, 郡司天博, 上妻智也, 金子芳郎
2. 発表標題 カルボキシ基含有 POSS を添加した有機架橋型ポリシルセスキオキサン系逆浸透膜の開発
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本一樹, 斉藤玄吹, 郡司天博
2. 発表標題 ジビニルアリアル架橋型ポリシルセスキオキサン膜の水透過特性
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 泉皓仁, 山本一樹, 郡司天博, 内海重宜, 金子克美
2. 発表標題 カーボンナノチューブの表面修飾による誘導体の合成とその特性評価
3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井口諒亮, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 オクタキス(ジメチルシロキシ)オクタシルセスキオキサン/グルコース重合体の開発
3. 学会等名 第23回ケイ素化学協会シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤陽平, 速水良平, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 - ジケトン基を側鎖とするかご型シルセスキオキサンを用いた配位高分子の合成と性質
3. 学会等名 第23回ケイ素化学協会シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中本航, 速水良平, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 酸化チタンとホスホン酸修飾ポリシルセスキオキサンからなる柔軟性光触媒フィルムの調製
3. 学会等名 第38回無機高分子研究討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村琴永, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 インジウム及びスズ錯体とそれを前駆体とした酸化インジウムスズ薄膜の調製
3. 学会等名 第38回無機高分子研究討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Yamamoto, I. Saito, and T. Gunji
2. 発表標題 Preparation and evaluation of bridged organosilica RO membranes with an aromatic moiety
3. 学会等名 4th International Conference on Desalination Using Membrane Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Amaike, K. Yamamoto, T. Kozuma, Y. Kaneko, and T. Gunji
2. 発表標題 Development of organosilica RO membrane incorporating hydrophilic POSS filler
3. 学会等名 4th International Conference on Desalination Using Membrane Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 八楸楽, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 3級アミンを有するポリシルセスキオキサン系逆浸透膜の作製と性能評価
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 天池勇之介, 上妻智也, 金子芳郎, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 カルボキシ基含有POSSを添加した有機架橋型ポリシルセスキオキサン系逆浸透膜の開発
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 千島達哉, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 ビス(1-アザアズレン-2-イル)アミン類のホウ素錯体の合成と性質
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 泉皓仁, 内海重宜, 金子克美, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 カーボンナノチューブの表面修飾によるエネルギー貯蔵媒体の性能評価
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kazuki Yamamoto, Ibuki Saito, and Takahiro Gunji
2. 発表標題 Synthesis of alkoxy silanes having divinylaryl moieties and application to organosilica reverse osmosis membrane
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 下田智也, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 DQハイブリッドモノマーを用いたポリシロキサンの合成と性質
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 飯田祥人, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 前駆体法によるチタン酸バリウム薄膜の低温合成
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井口諒亮, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 不飽和結合をスパーサー内に有するオクタキス (ジメチルシロキシ) オクタシルセスキオキサン重合体の開発
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森一真, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 酸化亜鉛担持バルク状多孔性シリカの調製と脱硫剤への応用
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡田拓巳, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 酸化亜鉛/酸化アルミニウム前駆体の合成とその特性
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤陽平, 速水良平, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 -ジケトン基を有するかご型シルセスキオキサンを用いた配位高分子の合成と性質
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村琴永, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 インジウムとスズ錯体の合成とそれを前駆体とする酸化インジウムスズ薄膜の調製
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中本航, 手跡雄太, 山本一樹, 郡司天博, 竹内謙
2. 発表標題 ホタテ貝殻と酸化チタンからなる海水の効率的浄化
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 塚越勇人, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 特異な構造を持つオリゴシロキサンの合成と性質
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤陽平, 速水良平, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 柔軟性を有する光応答性セルフクリーニングフィルムの調製
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤岡洋, 山本一樹, 郡司天博
2. 発表標題 プロトン伝導性を有するポリシルセスキオキサン膜の調製
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 積層体、積層体の製造方法、及び二酸化チタン担持体	発明者 郡司天博, 山本一樹, 速水良平, 中本航	権利者 東京理科大学
産業財産権の種類、番号 特許、特開2020-142234	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 ポリシルセスキオキサン系化合物を含む組成物、その製造方法、並びに当該組成物を含む封止材及びフィルム	発明者 伊藤功三郎, 多田励起, 郡司天博	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特開2019-019287	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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
研究協力者	山本 一樹  (Yamamoto Kazuki)		
研究協力者	速水 良平  (Hayami Ryohei)		

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
---------	---------