

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02788

研究課題名(和文) 剛直な非線状高分子の溶液物性に立脚した機能創発

研究課題名(英文) Emergent functions based on solution properties of rigid nonlinear polymers

研究代表者

寺尾 憲 (Terao, Ken)

大阪大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：60334132

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,400,000円

研究成果の概要(和文)：高分子鎖の剛性が分子形状や分子間相互作用に重要な役割を果たす溶液中における環状・分岐鎖の特質や機能性について研究した。その結果、剛直な環状高分子の液晶相での分子構造が、希薄な溶液中とは大きく異なることを初めて報告した。さらに、多分岐剛直鎖を合成し、溶液中での特性を明らかにした。この高分子鎖の分子認識能を、キラルカラムを用いて調べたところ、キラル分子の分離挙動が線状鎖と比較して大きく異なることが明らかになった。また、再変性した試料におけるループ構造や分岐構造の化学的特性を明らかにするために、多重らせん高分子の再変性・変性過程における中間構造を観察する時間分解測定方法を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高分子溶液研究では高分子そのものの化学構造に着目したものは少なく、多くは屈曲極限の理論をベースに研究が進められる。また、溶媒分子は、単純に高分子を取り巻く場として、その化学的な性質は直接的には論じられないことが多い。本研究で特に強調した高分子の“局所ひずみ”の効果はこの高分子の個性や、これまで無視されてきた溶媒分子のふるまいに密接に関連しており、これまで乖離していた高分子物理化学者と有機化学者の分子の見方をつなぐ役割を果たし、化学構造と高分子1分子のグローバルコンホメーション、そしてその機能性をつなぐための、新規高分子の設計指針に重要な方向性を与えることが期待される。

研究成果の概要(英文)：We studied specific properties and functionality for cyclic and branched chains in solution when the stiffness of the polymer chains plays an important role for their molecular shape and intermolecular interactions. We first reported the molecular conformation of a rigid ring polymer in the liquid crystalline phase is considerably different from that in dilute solution. In addition, we synthesized a hyperbranched stiff chain and characterized in solution. Molecular recognition ability of the hyperbranched chain was investigated by using the chiral column made of the polymer to reveal that significantly different separation behavior of chiral molecules comparing with the linear chain. We also established the time resolved method to observe the intermediate conformation on renature and denature processes of multiple helical polymers to reveal the chemical characteristics of loop and branching structures in the renatured samples.

研究分野：高分子溶液学

キーワード：放射光 小角X線散乱 高速液体クロマトグラフィー 光学分割 液晶 多分岐構造 環状構造 多重らせん構造

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

溶液中の高分子の挙動を調べることは、日々新しく合成されるさまざまな機能性高分子の特性決定や機能 - 構造 - 物性相関の解明に重要なだけでなく、多くが水媒体中にて機能を発現する生体高分子の機能性を明らかにするために、不可欠な実験手法である。このため古くから、溶液中における高分子の分子形態の解析手法が開発されてきた。これらは、線状の屈曲鎖、線状の剛直鎖、分岐・環状構造をもつ屈曲鎖に展開されている。これに対し、分岐・環状構造をもつ剛直鎖については、研究例は格段に少なかった(図1)。

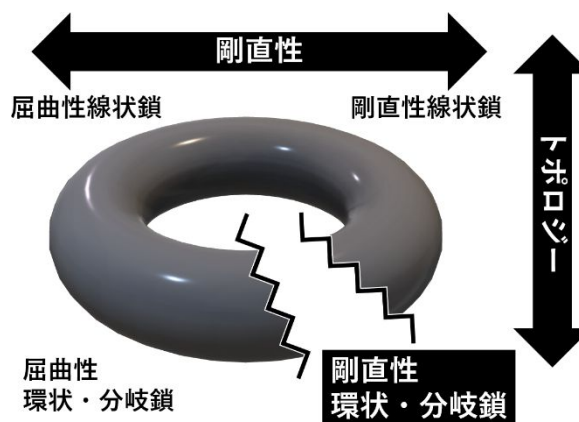


図1.高分子溶液物性におけるミッシングリンク(剛直性とトポロジーの観点)

2. 研究の目的

研究開始当時我々は、主に多糖ベースの高分子について剛直な分岐・環状高分子の合成とその構造 - 機能相関の研究に着手していた。当時の研究成果は主に希薄溶液中の分子形態に限られていたが、剛直な環状鎖の局所的な分子形態(らせん構造・剛直性)やキラル分離能が、線状鎖のそれと顕著に異なることを見出していた[1-4]。これは環状鎖に特有のらせん構造や剛直性に対する“ひずみ”効果に起因すると考えられた。このような高分子鎖の局所“ひずみ”は、従前の高分子溶液学及び、様々な高分子の特性決定において、明らかにされることはなかったため、高分子鎖の局所ひずみ効果を積極的に活かした材料設計から、高分子の未知の機能性探索につながることを期待された。そこで本研究では、最近研究代表者らが発見した、非線状剛直高分子に特有ならせん構造のひずみ効果が、高分子の低分子認識能をはじめとしたさまざまな機能性に与える影響を調べることを通して、分岐・環状構造と機能性との関係を明らかにすることを目的として研究を行った。

3. 研究の方法

非線状構造が溶液中の分子形態に及ぼす影響について明らかにするために濃厚溶液中における環状鎖の分子形態をおもに X 線回折実験を用いて調べた。次に非線状構造によるひずみが低分子との相互作用に及ぼす影響を調べるために、環状構造、そして多分岐構造を持つ高度分岐環状デキストリンカルバメート誘導体の分子形態とキラル分離カラムとしての性能について研究を進めた。また、水分子との相互作用の違いを調べる試料として脱水和により相分離する多糖誘導体の探索を行った。さらに、多重らせん構造の変性・再形成に伴い、ループ構造や分岐構造が生じる多重らせん高分子の温度変化に伴う構造変化の動力学について調べた。ナノ粒子との相互作用に伴い、高分子の曲げが生じること、そして複数分子が相互作用に伴う分岐構造の生成を期待して、多重らせん高分子とナノ微粒子との相互作用についても調査した。

4. 研究成果

(1) リオトロピック液晶相における剛直な環状高分子の配向状態[5,6]

環状のアミローストリス(*n*-ブチルカルバメート)(図2左)は有機溶剤(テトラヒドロフラン、L-乳酸エチル)中で液晶相を形成する。本研究では、相図を決定するとともに、液晶相中の高分子鎖の配列を X 線回折法により調べた。相境界濃度が同分子量の線状鎖と変わらないこと、そして図2中央に示すように広角領域の X 線回折が線状鎖の濃厚溶液のそれとかなり近いことから、濃厚溶液中では、図2右に示すような環状構造がつぶれた擬似的な棒状構造をとっていると推定した。この棒状構造を仮定したモデルで等方 - 液晶相図も理論的に説明が可能であることを確認した。

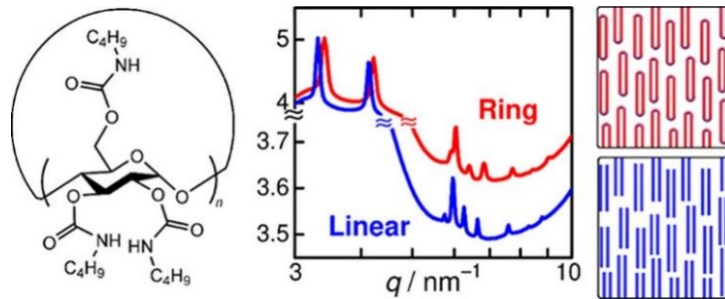


図 2. 環状アミロース誘導体の化学構造 (左)、環状鎖と線状鎖濃厚溶液の X 線回折 (中)、環状鎖と線状鎖の液晶相中における分子配列の模式図 (右)

(2) 多分岐構造を持つ高度分岐環状デキストリンカルバメート誘導体の分子構造とキラル認識能の解明[7]

アミロペクチンを酵素処理して合成される高度分岐環状デキストリン (HBCD) は、水溶性、アミロペクチンと比較して狭い分子量分布をもつ。この HBCD を原料としてジメチルフェニルカルバメート誘導体 (HDMPC) を合成した。この高分子は図 3 左に示すような剛直鎖からなる分岐鎖となる。有機溶媒中での分子形態を散乱法、粘度法により調べた。得られた回転半径と固有粘度は、同じモル質量をもつ線状鎖試料よりもはるかに小さく、形状因子は既存の多分岐鎖の理論で説明できた。HDMPC をシリカ粒子に担持させたキラル分離カラム (図 3 右) は 8 種のラセミ体に対してキラル分離能を示し、線状鎖とは異なる化合物を分離すること、すなわち、多分岐鎖と低分子との分子間相互作用が線状鎖とのそれとは有意に異なることを明らかにした。

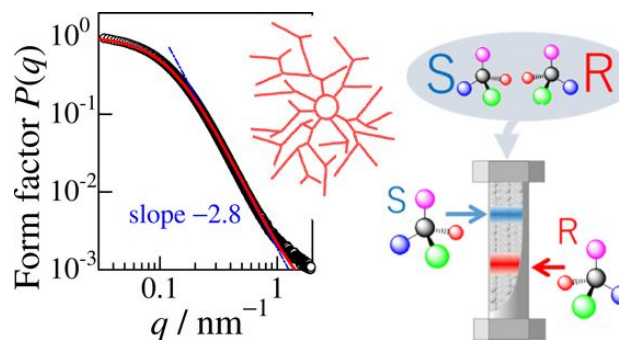


図 3. 高度分岐環状デキストリンカルバメート誘導体希薄溶液の形状因子と分子形態の模式図 (左)、キラル分離カラムの模式図 (右)

(3) 温度応答性を持つアミロース誘導体水溶液の相図と低分子との複合体形成[8]

置換度 1.3 以下のアミロースエチルカルバメート (AEC、図 4 左上に化学構造を示す) が水溶性であること、そして置換度 0.9 から 1.2 の AEC 水溶液が下限臨界相用温度 (LCST) 型の相分離挙動を示すことを発見した (図 4 右)。希薄溶液中の分子形態より、アミロースや完全置換 AEC と同じ様に局所らせん構造を有していることを見出した。さらに、水溶性の AEC はヨウ素と複合体を形成することから、AEC は包接錯体形性能と温度応答性をあわせ持つ高分子であることを明らかにした (図 4 左下)。さらに、環状構造や分岐構造をもつ AEC についても合成に成功し、それらの相分離挙動や低分子との複合体形成能が線状鎖と有意に異なることも発見し、この高分子が環状、分岐高分子と低分子との相互作用の違いを調べるのに適していることを明らかにした。今後、環状構造や分岐構造を持つ高分子へ研究を展開したい。

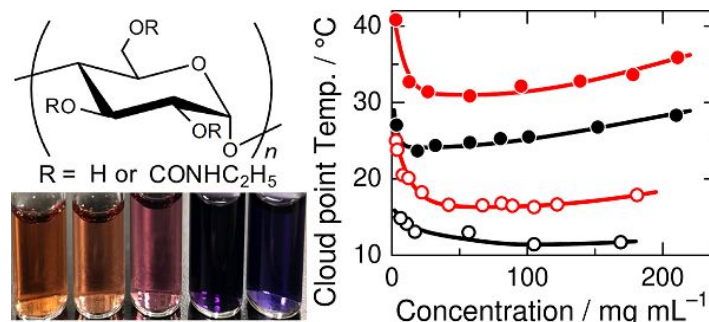


図 4. AEC の化学構造式 (左上)、AEC 水溶液のヨウ素溶液による呈色 (左下)、AEC 水溶液の相図 (右)

(4) 塩化ナトリウム水溶液中における二重らせん多糖ザンサンの変性および再形成過程の動力学[9]

塩水溶液中低温で二重らせん構造をとるザンサンは、古くから増粘剤として食品に用いられている。高分子鎖の分子形態は溶液の粘性率に大きく影響するが、ザンサンの分子形態の温度変化、特に急激な温度変化に対する、分子形態の時間変化についてはほとんど研究されていない。そこで本研究ではザンサン - 塩化ナトリウム水溶液について、急激な温度変化に伴う二重らせん構造の融解および再形成過程を小角 X 線散乱 (SAXS) と円二色性 (CD) 測定によって調べた。温度上昇に伴い、CD で観測される側鎖の構造変化が迅速であるのに対し、SAXS より観測される主鎖の融解はゆっくりであることを明らかにした。これに対し、温度低下に伴う、二重らせん構造形成は、主鎖の二重らせん構造形成が先行し、側鎖の構造形成には 1 日以上時間を要することもわかった (図 5)。多重らせん構造の融解や再形成には、おもに CD などの分光法を用いて調べられることが一般的であるが、高分子自体の形の変化をより直接的にとらえる SAXS 法を併用することにより、中間体の存在が明らかになった。これらの知見をもとに、今後、分岐構造やループ構造の存在と動力学との関係を明らかにすることを旨とする。

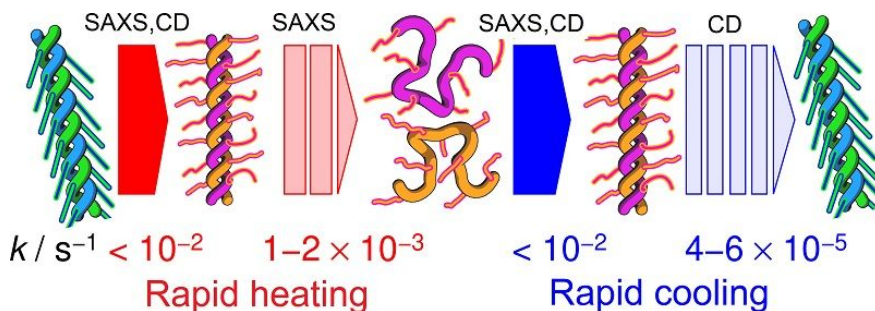


図 5. ザンサン二重らせんの変性および再形成過程の模式図と速度定数 k

(5) 静電的相互作用による多重らせん高分子と高分子・微粒子との複合体形成[10-12]

pH 3 または 4 で負に帯電したシリカナノ粒子 (Ludox) はこれらの pH で正に帯電したアテロコラーゲンと複合体を形成する。この複合体形成は、三重らせん構造の熱安定性にはほとんど影響を与えない。これに対し、複合体中のシリカ粒子の密度はアテロコラーゲンのコンホメーションに強く依存し、三重らせんコラーゲンとシリカ粒子の複合体中のシリカ粒子が比較的疎であるのに対し、一本鎖コラーゲンの存在下では高い密度でシリカ粒子が凝集することを明らかにした (図 6)。また、シリカナノ粒子の水溶液を正に帯電したアテロコラーゲン水溶液と混合し、時間分解 SAXS 測定を行った。5-20 分くらいの時間をかけて散乱強度が緩やかに変化し、一定値に近づくことが見出された。アテロコラーゲンを介したシリカナノ粒子の凝集は分のオーダーで凝集すること、すなわち、凝集構造形成は溶液混合に比べて十分ゆっくりとした過程で溶液混合の方法にはあまりよらないことがわかった。

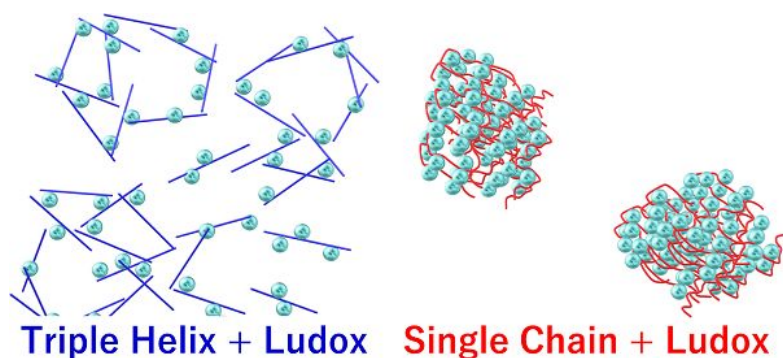


図 6. アテロコラーゲンとシリカナノ粒子の相互作用の模式図。

さらに、水溶液中で温度変化に伴い、可逆に二重らせん一本鎖の構造変化を起こす高分子電解質多糖ザンサンと正に帯電したシリカナノ粒子とのポライオンコンプレクス形成挙動を研究した。電気泳動光散乱よりゼータ電位が反転する混合比付近で沈殿が観測されたのに対し、ザンサン過剰の条件ではザンサン含量の増加とともに流体力学的半径が減少したことから、過剰量のザンサンが複合体を安定化していることがわかった。また小角 X 線散乱測定より、複合体中でシリカ粒子は比較的疎に分布しており、ザンサンのコンホメーションはシリカ粒子の集合状態に大きな影響を与えないこともわかった。これらの知見をもとに、今後、複合体形成に対する分子の剛直性の効果や複合体形成に伴う分子鎖の局所変形に伴う変化を明らかにすることを旨とする。

< 参考文献 >

1. Linear and cyclic amylose derivatives having brush like side groups in solution: Amylose tris(*n*-octadecylcarbamate)s, A Ryoki, DC Kim, S Kitamura, K Terao*, *Polymer*, 137, 13 (2018).
2. Scattering function of semi-rigid cyclic polymers analyzed in terms of worm-like rings, A Ryoki, D Ida, K Terao*, *Polym. J.*, 49, 633 (2017).
3. Topology-dependent chain stiffness and local helical structure of cyclic amylose tris(3,5-dimethylphenylcarbamate) in solution, A Ryoki, H Yokobatake, H Hasegawa, A Takenaka, D Ida, S Kitamura, K Terao*, *Macromolecules*, 50, 4000 (2017).
4. Does local chain Conformation affect the chiral recognition ability of an amylose derivative? Comparison between linear and cyclic amylose tris(3,5-dimethylphenylcarbamate), A Ryoki, Y Kimura, S Kitamura, K Maeda, K Terao*, *J. Chromatogr. A*, 1599, 144 (2019).
5. Chain Alignment of a Rigid Ring Polymer in the Lyotropic Liquid Crystal Phase: Cyclic Amylose Tris(*n*-butylcarbamate) in Tetrahydrofuran and Ethyl Lactate, D Kabata, A Ryoki, S Kitamura, K Terao*, *Macromolecules*, 54, 10723-10729 (2021).
6. Molecular Conformation and Intermolecular Interactions of Linear and Cyclic Amylose Derivatives in Solution, K Terao*, A Ryoki, S Kitamura, T Sato, *Macromol. Symp.*, 408, 2200024 (2023).
7. Molecular structure and chiral recognition ability of highly branched cyclic dextrin carbamate derivative, A Kishimoto, M Mizuguchi, A Ryoki, K Terao*, *Carbohydr. Polym.*, 290, 119491 (2022).
8. A Temperature Responsive Polysaccharide Derivative in Aqueous Solution: Amylose Ethyl Carbamates, S Kimura, R Kochi, S Kitamura, K Terao*, *ACS Appl. Polym. Mater.*, Vol. 2, No. 6, 2426-2433 (2020).
9. Kinetics of denaturation and renaturation processes of double-stranded helical polysaccharide, xanthan in aqueous sodium chloride, Y Tomofuji, K Matsuo, K Terao*, *Carbohydr. Polym.*, 275, 118681 (2022).
10. Complex Formation of Silica Nanoparticles with Collagen: Effects of the Conformation of Collagen, K Terao*, M Otsubo, M Abe, *Langmuir*, 36, 14425-14431 (2020).
11. Kinetics of the complex formation of silica nanoparticles with collagen, M Otsubo, K Terao*, *Polym. J.*, 53, 1481-1484 (2021).
12. Complex Formation Behavior of Silica Nanoparticles and Xanthan, Y Tomofuji, K Terao*, *Macromol. Symp.*, 408, 2200024 (2023).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Kimura Shunji, Kochi Ryotaro, Kitamura Shinichi, Terao Ken	4. 巻 2
2. 論文標題 A Temperature Responsive Polysaccharide Derivative in Aqueous Solution: Amylose Ethyl Carbamates	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Applied Polymer Materials	6. 最初と最後の頁 2426 ~ 2433
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsapm.0c00366	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 Terao Ken, Otsubo Mari, Abe Masahiro	4. 巻 36
2. 論文標題 Complex Formation of Silica Nanoparticles with Collagen: Effects of the Conformation of Collagen	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 14425 ~ 14431
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.0c02867	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 Otsubo Mari, Terao Ken	4. 巻 53
2. 論文標題 Kinetics of the complex formation of silica nanoparticles with collagen	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 1481 ~ 1484
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-021-00553-4	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 Tomofuji Yu, Matsuo Koichi, Terao Ken	4. 巻 275
2. 論文標題 Kinetics of denaturation and renaturation processes of double-stranded helical polysaccharide, xanthan in aqueous sodium chloride	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Carbohydrate Polymers	6. 最初と最後の頁 118681 ~ 118681
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbpol.2021.118681	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 Kabata Daigo, Ryoki Akiyuki, Kitamura Shinichi, Terao Ken	4. 巻 54
2. 論文標題 Chain Alignment of a Rigid Ring Polymer in the Lyotropic Liquid Crystal Phase: Cyclic Amylose Tris(n-butylcarbamate) in Tetrahydrofuran and Ethyl Lactate	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 10723 ~ 10729
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.1c01783	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 Tomofuji Yu, Matsuo Koichi, Terao Ken	4. 巻 275
2. 論文標題 Kinetics of denaturation and renaturation processes of double-stranded helical polysaccharide, xanthan in aqueous sodium chloride	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Carbohydrate Polymers	6. 最初と最後の頁 118681
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbpol.2021.118681	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 Sato Takahiro, Yang Jia, Terao Ken	4. 巻 54
2. 論文標題 Micellar structure of hydrophobically modified polysaccharides in aqueous solution	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 403 ~ 412
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-021-00561-4	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 Kishimoto Aika, Mizuguchi Madoka, Ryoki Akiyuki, Terao Ken	4. 巻 290
2. 論文標題 Molecular structure and chiral recognition ability of highly branched cyclic dextrin carbamate derivative	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Carbohydrate Polymers	6. 最初と最後の頁 119491
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.carbpol.2022.119491	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 Tomofuji Yu, Terao Ken	4. 巻 408
2. 論文標題 Complex Formation Behavior of Silica Nanoparticles and Xanthan	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Macromolecular Symposia	6. 最初と最後の頁 2200025
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/masy.202200025	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 Terao Ken, Ryoki Akiyuki, Kitamura Shinichi, Sato Takahiro	4. 巻 408
2. 論文標題 Molecular Conformation and Intermolecular Interactions of Linear and Cyclic Amylose Derivatives in Solution	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Macromolecular Symposia	6. 最初と最後の頁 2200024
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/masy.202200024	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 -

〔学会発表〕 計64件 (うち招待講演 14件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Akiyuki Ryoki, Daichi Ida, Ken Terao
2. 発表標題 Different Chain Dimensions and Chiral Separation Abilities of Cyclic Amylose Carbamates from the Corresponding Linear Polymers
3. 学会等名 2022 Spring Meeting, the Polymer Society of Korea (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 寺尾憲
2. 発表標題 分岐・環状高分子の構造解析と機能との相関
3. 学会等名 第71回高分子学会年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上嶋七佳, 寺尾 憲
2. 発表標題 水溶液中におけるコラーゲンとシリカナノ粒子の複合体形成
3. 学会等名 第68回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 末永莉沙, 北村進一, 寺尾 憲
2. 発表標題 オクテニルコハク酸修飾アミロースの合成とミセル形成挙動
3. 学会等名 第68回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長尾達希, 北村進一, 寺尾 憲
2. 発表標題 アミロース-graft-ポリ(N-イソプロピルアクリルアミド)水溶液の相分離挙動と複合体形成能
3. 学会等名 第68回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 梅田慧祐, 寺尾 憲
2. 発表標題 高度分岐環状デキストリントリス(n-ブチルカルバメート)の溶液中における分子形態
3. 学会等名 第68回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中田裕万, 北村進一, 寺尾 憲
2. 発表標題 アミロースブチルカルバメート誘導体水溶液の相図と低分子との複合体形成能
3. 学会等名 第68回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水口まどか, 寺尾 憲
2. 発表標題 高度分岐環状デキストリントリス(フェニルカルバメート)の分子形態とキラル分離挙動
3. 学会等名 第68回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長瀬匡史, 伊田翔平, 金岡鐘局, 寺尾 憲
2. 発表標題 星型ポリ(N-イソプロピルアクリルアミド)の水溶液中における温度応答性に対する末端基効果
3. 学会等名 第68回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐川航大, 寺尾 憲
2. 発表標題 酸性水溶液中でのコラーゲンと金ナノ粒子の複合体形成
3. 学会等名 第68回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長瀬 匡史, 伊田 翔平, 金岡 鐘局, 寺尾 憲
2. 発表標題 星型ポリ(N-イソプロピルアクリルアミド)の 水溶液中における 温度応答性に対する末端基効果
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐川 航大, 寺尾 憲
2. 発表標題 酸性水溶液中でのコラーゲンと金ナノ粒子の複合体形成
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長瀬 匡史, 伊田 翔平, 金岡 鐘局, 寺尾 憲
2. 発表標題 星型高分子の水溶液中での温度変化に伴う会合体形成挙動
3. 学会等名 2022年度高分子基礎物性研究会 高分子計算機科学研究会 高分子ナノテクノロジー研究会 合同討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水口 まどか, 寺尾 憲
2. 発表標題 高度分岐環状デキストリントリス(フェニルカルバメート)の分子形態・分子間相互作用とキラリティ分離能
3. 学会等名 2022年度高分子基礎物性研究会 高分子計算機科学研究会 高分子ナノテクノロジー研究会 合同討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 寺尾 憲
2. 発表標題 多重らせん高分子の構造形成ダイナミクスとナノ粒子との複合体形成
3. 学会等名 第36回日本放射光学会年会 放射光科学合同シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 寺尾 憲
2. 発表標題 分岐・環状構造でひろがる 高分子溶液の科学
3. 学会等名 令和4年度 高分子研究所講演会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 寺尾憲, 水口まどか, 小林知仁
2. 発表標題 多分岐多糖誘導体 - 貧溶媒系の特異的な相分離挙動と分子間相互作用
3. 学会等名 第72回高分子学会年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 寺尾憲, 長瀬匡史, 阿部晟大, 伊田翔平, 金岡 鐘局
2. 発表標題 水溶液中での星型高分子の温度上昇に伴うナノ微粒子形成挙動
3. 学会等名 第72回高分子学会年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ryoki Akiyuki, Ida Daichi, Terao Ken
2. 発表標題 Different Chain Dimensions and Chiral Separation Abilities of Cyclic Amylose Carbamates from the Corresponding Linear Polymers
3. 学会等名 2022 Spring Meeting, the Polymer Society of Korea (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 寺尾 憲
2. 発表標題 分岐・環状高分子の構造解析と機能との相関
3. 学会等名 第71回高分子学会年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上嶋七佳, 寺尾 憲
2. 発表標題 水溶液中におけるコラーゲンとシリカナノ粒子の複合体形成
3. 学会等名 第68回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 末永莉沙, 北村進一, 寺尾 憲
2. 発表標題 オクテニルコハク酸修飾アミロースの合成とミセル形成挙動
3. 学会等名 第68回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長尾達希, 北村進一, 寺尾 憲
2. 発表標題 アミロース-graft-ポリ(N-イソプロピルアクリルアミド)水溶液の相分離挙動と複合体形成能
3. 学会等名 第68回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 梅田慧祐, 寺尾 憲
2. 発表標題 高度分岐環状デキストリントリス(n-ブチルカルバメート)の溶液中における分子形態
3. 学会等名 第68回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中田裕万, 北村進一, 寺尾 憲
2. 発表標題 アミロースブチルカルバメート誘導体水溶液の相図と低分子との複合体形成能
3. 学会等名 第68回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水口まどか, 寺尾 憲
2. 発表標題 高度分岐環状デキストリントリス(フェニルカルバメート)の分子形態とキラル分離挙動
3. 学会等名 第68回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長瀬匡史, 伊田翔平, 金岡鐘局, 寺尾 憲
2. 発表標題 星型ポリ(N-イソプロピルアクリルアミド)の水溶液中における温度応答性に対する末端基効果
3. 学会等名 第68回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐川航大, 寺尾 憲
2. 発表標題 酸性水溶液中でのコラーゲンと金ナノ粒子の複合体形成
3. 学会等名 第68回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長瀬 匡史, 伊田 翔平, 金岡 鐘局, 寺尾 憲
2. 発表標題 星型ポリ(N-イソプロピルアクリルアミド)の 水溶液中における 温度応答性に対する末端基効果
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐川 航大, 寺尾 憲
2. 発表標題 酸性水溶液中でのコラーゲンと金ナノ粒子の複合体形成
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中田裕万, 北村進一, 寺尾憲
2. 発表標題 アミロースブチルカルバメート誘導体水溶液の相図と低分子との複合体形成能
3. 学会等名 第70 回レオロジー討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長瀬 匡史, 伊田 翔平, 金岡 鐘局, 寺尾 憲
2. 発表標題 星型高分子の水溶液中での温度変化に伴う会合体形成挙動
3. 学会等名 2022年度高分子基礎物性研究会 高分子計算機科学研究会 高分子ナノテクノロジー研究会 合同討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水口 まどか, 寺尾 憲
2. 発表標題 高度分岐環状デキストリントリス(フェニルカルバメート)の分子形態・分子間相互作用とキラル分離能
3. 学会等名 2022年度高分子基礎物性研究会 高分子計算機科学研究会 高分子ナノテクノロジー研究会 合同討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 寺尾 憲
2. 発表標題 多重らせん高分子の構造形成ダイナミクスとナノ粒子との複合体形成
3. 学会等名 第36回日本放射光学会年会 放射光科学合同シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 寺尾 憲
2. 発表標題 放射光X線散乱を用いた最近の高分子溶液研究の紹介
3. 学会等名 第6回 NEXT高分子（関西）交流会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 寺尾 憲
2. 発表標題 分岐・環状構造でひろがる 高分子溶液の科学
3. 学会等名 令和4年度 高分子研究所講演会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 寺尾憲
2. 発表標題 多重らせん高分子複合体の分子形態変化と円二色性
3. 学会等名 第26回HiSOR研究会 ～生体分子の構造機能研究におけるキララ分光の新しい可能性～（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 寺尾憲
2. 発表標題 剛直な環状多糖誘導体のリオトロピック液晶性と液晶相中における分子形態
3. 学会等名 2021 年度高分子基礎物性研究会・高分子計算機科学研究会 合同討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ken Terao
2. 発表標題 Molecular Conformation and Intermolecular Interactions of Linear and Cyclic Amylose Derivatives in Solution
3. 学会等名 13th International IUPAC Conference on Polymer-solvent Complexes and Intercalates (Polysolvat-13) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yu Tomofuji, Ken Terao, Koichi Matsuo
2. 発表標題 Kinetics of Denaturation and Renaturation Process of Double-Stranded Helical Polysaccharide Xanthan in Dilute Aqueous NaCl
3. 学会等名 13th International IUPAC Conference on Polymer-solvent Complexes and Intercalates (Polysolvat-13) (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺尾 憲, 大坪真理, 阿部晟大
2. 発表標題 水溶液中におけるシリカナノ粒子とコラーゲンの複合体形成
3. 学会等名 第69回レオロジー討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林知仁, 寺尾憲, 北村進一
2. 発表標題 高度分岐環状デキストリン誘導体水溶液の相分離挙動と複合体形成能
3. 学会等名 第70回高分子討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺尾憲
2. 発表標題 剛直な環状高分子の局所分子形態と低分子との分子間相互作用
3. 学会等名 第70回高分子討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ken Terao
2. 発表標題 Conformation and molecular recognition of cyclic amylose derivatives
3. 学会等名 Asia Pacific Society for Materials Research 2021 Annual Meeting (APSMR 2021 Annual Meeting) (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中田裕万, 北村進一, 寺尾 憲
2. 発表標題 アミロースブチルカルバメート誘導体の合成と水溶液の温度応答挙動
3. 学会等名 第67回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阿部晟大, 寺尾 憲, 伊田翔平, 金岡鐘局
2. 発表標題 星型 poly(N-isopropylacrylamide) の水溶液中における分子形態の温度変化
3. 学会等名 第67回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 水口まどか, 北村進一, 寺尾 憲
2. 発表標題 直鎖, 環状アミローストリス(フェニルカルバメート) の分子形態とキラル分離能
3. 学会等名 第67回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長瀬匡史, 寺尾 憲
2. 発表標題 星型ポリ(N,N-ジエチルアクリルアミド) の水溶液中での分子形態と温度応答性
3. 学会等名 第67回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林知仁, 寺尾 憲, 北村進一
2. 発表標題 多糖誘導体水溶液の温度応答性と複合体形成能
3. 学会等名 第67回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺尾 憲, 梶田 大悟, 領木 研之, 北村 進一
2. 発表標題 環状アミロースカルバメート誘導体濃厚溶液の液晶性
3. 学会等名 第70回高分子学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ken Terao, Mari Otsubo, Masahiro Abe
2. 発表標題 Complex Formation of Silica Nanoparticles with Collagen: Effects of the Conformation of Collagen
3. 学会等名 48th World Polymer Congress IUPAC-MACRO 2020+ (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yu Tomofuji, Ken Terao, Koichi Matsuo
2. 発表標題 Kinetics of xanthan in denaturation and renaturation process in dilute aqueous NaCl solution
3. 学会等名 APS March Meeting 2021 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ken Terao
2. 発表標題 Rigid cyclic chains in solution: cyclic amylose carbamate derivatives
3. 学会等名 APS March Meeting 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 好地竜太郎, 木村俊次, 北村進一, 寺尾憲
2. 発表標題 線状および環状アミロース誘導体水溶液の相分離挙動と複合体形成能
3. 学会等名 2020年度高分子基礎物性研究会・高分子計算機科学研究会・高分子ナノテクノロジー研究会 合同討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岸本 愛加, 領木 研之, 北村 進一, 寺尾 憲
2. 発表標題 線状・環状・分岐多糖カルバメート誘導体の溶液物性とキラル分離挙動
3. 学会等名 2020年度高分子基礎物性研究会・高分子計算機科学研究会・高分子ナノテクノロジー研究会 合同討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 友藤優, 寺尾憲
2. 発表標題 塩化ナトリウム水溶液中の二重らせん多糖ゼンサンの変性および再性過程の動力学
3. 学会等名 第69回高分子討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 寺尾憲, 大坪真理, 阿部晟大
2. 発表標題 コラーゲンのコンホメーションによって変化するシリカナノ粒子とアテロコラーゲンの複合体形成
3. 学会等名 寺尾 憲 ¹ ・長瀬 匡史 ¹ ・阿部 晟大 ¹ ・伊田 翔平 ² ・金岡 鐘局
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林知仁, 寺尾憲
2. 発表標題 デキストリン誘導体の温度応答挙動と低分子との複合体形成能
3. 学会等名 第66回高分子研究発表会(神戸)(Covid-19のため紙上発表)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 阿部晟大, 寺尾憲, 金岡鐘局, 伊田翔平
2. 発表標題 星型 poly(N-isopropylacrylamide) の水溶液中における分子形態の温度変化
3. 学会等名 第66回高分子研究発表会(神戸) (Covid-19のため紙上発表)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 好地竜太郎, 北村進一, 寺尾憲
2. 発表標題 温度応答性を示すアミロース誘導体の複合体形成能
3. 学会等名 第66回高分子研究発表会(神戸) (Covid-19のため紙上発表)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岸本愛加, 領木研之, 北村進一, 寺尾憲
2. 発表標題 多糖カルバメート誘導体の溶液物性とキラル分離挙動
3. 学会等名 第66回高分子研究発表会(神戸) (Covid-19のため紙上発表)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ken Terao, Mari Otsubo, Masahiro Abe
2. 発表標題 Complex formation of collagen and silica nanoparticles in aqueous solution at different temperatures
3. 学会等名 第69回高分子学会年次大会 (Covid-19のため要旨のみ)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 寺尾憲, 長瀬匡史, 阿部晟大, 伊田翔平, 金岡 鐘局
2. 発表標題 水溶液中での星型高分子の温度上昇に伴うナノ微粒子形成挙動
3. 学会等名 第72回高分子年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 寺尾憲, 水口まどか, 小林知仁
2. 発表標題 多分岐多糖誘導体 - 貧溶媒系の特異的な相分離挙動と分子間相互作用
3. 学会等名 第72回高分子年次大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 執筆者：57名、技術情報協会	4. 発行年 2021年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 589
3. 書名 動的粘弾性測定とそのデータ解釈事例	

〔産業財産権〕

〔その他〕

寺尾研究室ホームページ https://www.chem.sci.osaka-u.ac.jp/lab/terao

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	領木 研之 (Ryoki Akiyuki) (70847102)	京都大学・工学研究科・助教 (14301)	
研究 分 担 者	佐藤 尚弘 (Sato Takahiro) (10196248)	大阪大学・大学院理学研究科・教授 (14401)	

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			
米国	Oak Ridge National Laboratory			
ノルウェー	Norwegian University of Sci. & Tech.			