

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05436

研究課題名（和文） グルカンを利用した免疫賦活作用を持つ機能性食品の設計と定量解析

研究課題名（英文） Quantitative analysis for beta-glucans for immunological activity for food science

研究代表者

吉場 一真 (Yoshiba, Kazuto)

群馬大学・大学院理工学府・助教

研究者番号：40375564

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：-1,3-D-グルカンは真菌類がその細胞壁や菌糸として産生する天然多糖である。主鎖が-1,3-D-グルコシド結合のみからなるホモポリマーも固体、溶液、ゲルとして天然に存在する。その天然構造は剛直な三重らせん構造であることが知られており、特徴ある物理化学的性質、及び生物化学的性質を示す。本研究では-1,3-D-グルカンの一つであるシゾフィランの選択会合性と免疫細胞の活性を調査し、その関係性について研究を行った。選択吸着性についてはイミダゾール、カルボン酸化合物などのアミノ酸のペンダント基となる化合物との選択吸着性に関する熱力学量を秩序 無秩序転移の溶媒効果から定量的に求めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では-1,3-D-グルカンであるシゾフィランの三重らせんの選択吸着性を定量的に評価した。アミノ酸のペンダント基となるイミダゾール、及びカルボン酸化合物（酢酸、クエン酸）に対するシゾフィランの選択吸着が初めて観測された。従来は三重らせんとジメチルスルホキシドと選択吸着性を除いて行われていなかったため、生体分子との相互作用に関する知見は仮説に過ぎなかった。本研究の成果は受容体と-1,3-D-グルカンとの分子認識メカニズム解明等の学術領域に重要な知見をもたらすと考えられる。

研究成果の概要（英文）：-1,3-D-glucans are the natural polysaccharides produced by fungi, yeasts and so on. These polysaccharides are found in nature as the solid, solution, and gel states. The triple helical structure is characteristic of -1,3-D-glucans, which shows unique physicochemical and/or biological properties, differing from the other polysaccharides. In this study, we investigated the selective association of schizophyllan, a triple helical -1,3-D-glucan, and the biological activities of this polysaccharide to the immune cells, respectively. The cooperative order-disorder transition of schizophyllan in aqueous imidazole mixtures and carboxylic acids mixtures, such as acetic acid and citric acid was focused to evaluate the association enthalpies from the solvent effects on the transition, quantitatively. These thermodynamic data may be suitable to discuss the molecular interactions between the triple helix and biological molecules.

研究分野：食品科学分野

キーワード：-1,3-グルカン 三重らせん 選択的溶媒和 分子認識 自然免疫 細胞実験 熱分析

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

近年、成人病などの疾患の増加を背景として免疫機能改善の健康食品への関心を背景として、食品分野、医療分野、畜産分野など多岐の用途にわたって利用可能な多糖などの天然高分子材料が注目されている。キノコや酵母などの真菌類は古くは漢方薬の生薬として用いられてきたが、1960年代から真菌類が産生する β -1,3-グルカン薬理作用が見出され、現在ではこの薬理作用は自然免疫の発現と関係づけられている。この自然免疫は β -1,3-グルカンの天然構造である三重らせん構造を受容体が選択的に認識して起こると考えられている。Brawnらは好中球、単球などのマウス、及びヒト免疫細胞膜上に β -1,3-グルカンを認識する受容体(Dectin-1)を発見した。また、Adachiらは β -1,3-グルカン受容体であるDectin-1のヒスチジン欠陥を持つ変異試料には β -1,3-グルカンとの分子認識が起こらないことを報告した。これらは、Dectin-1の多糖認識ドメインのある特定のアミノ酸が β -1,3-グルカンに選択的に相互作用、もしくは吸着することを示唆している。しかし、 β -1,3-グルカンと選択吸着する物質の化学的特徴は知られておらず、どの程度吸着するのか、あるいは他の物質との競争的に吸着するのかなど、多糖との相互作用の特徴と定量化については研究されていない。これまでの所、 β -1,3-グルカンはジメチルスルフォキシド(DMSO)、コンゴレッドについての選択吸着が知られているが、生体関連物質との選択吸着性に関する報告は無い。以上の背景から、ヒスチジンのペンダント基であるイミダゾールやトリプトファン、インドール化合物、及びアスパラギン酸、グルタミン酸のペンダント基であるカルボキシル基と β -1,3-グルカンとの選択的溶媒和について研究を進める必要があった。 β -1,3-グルカンの三重らせんに固有の現象として、水溶液中で起こる協同的秩序-無秩序転移(CODT)がある。この転移は β -1,3-グルカンの三重らせんの側鎖と溶媒間に水素結合を介して形成される秩序構造が温度上昇とともに脱溶媒和を伴って協同的に壊れることにより起こる。本研究では、水溶液中で起こる β -1,3-グルカンのCODTの溶媒効果に注目して、選択的溶媒和を引き起こすイミダゾール、酢酸、クエン酸との相互作用を決定した。

2. 研究の目的

β -1,3-グルカンの一つであるシゾフィランは主鎖に3つの β -1,3-D-グルコースをもち、1つの1,6-D-グルコースが分岐した化学構造を持つ。シゾフィランのCODTには、ポリペプチド溶液のHelix-Coil転移と類似の特徴(分子量依存性、溶媒効果)が観測され、次元協同転移理論により理論解析することができる。さらに、水溶液に添加するCODT活性物質の転移温度、及び転移エンタルピーの組成依存性を理論解析することにより、これら活性物質と三重らせんとの相互作用を定量的に決定することができる。これまでに、DMSO-水混合溶媒、重水等の溶液について研究が行われたが、 β -1,3-グルカン受容体との複合体形成に関係づけるためには生体物質に対する知見が必要となる。本研究では、シゾフィランの化学修飾した誘導体について、CODTの熱力学量と分岐側鎖に対する化学構造変化の影響について調査し、三重らせんと分子認識に関係する因子との相互作用を免疫細胞から産生されるサイトカイン分泌量と関係づけ、免疫賦活効果の定量化を目指すことを目的とした。本研究では、 β -1,3-グルカンの化学構造を変化させ、水溶液中の β -1,3-グルカンの構造とイミダゾール、酢酸などのアミノ酸を構成する物質との間の相互作用、免疫細胞の一酸化窒素(NO)及びサイトカイン分泌量の対応関係を調査し、免疫賦活効果の定量解析方法の確立を目指した。

3. 研究の方法

β -1,3-グルカンの一つであるシゾフィランを超音波により低分子量化、及び分別沈殿法により分子量の異なる精製試料を得た。シゾフィランは3つの β -1,3-D-グルコースに1つ β -1,6-D-グルコース側鎖が分岐した化学構造をもつ。過ヨウ素酸酸化、 NaBH_4 還元後の酸加水分解(Smith分解)により分岐側鎖を取り除くことができるので、分岐度を低下させた β -1,3-グルカン試料を合成することができる。本研究では分別精製試料を過ヨウ素酸酸化試料の酸化度を調整してSmith分解により分岐度の異なる試料を合成し、以下の実験で用いた。

分子量、及び化学修飾度の異なる試料の分子量、及び分子量分布をサイズ排除クロマトグラフィーに多角度光散乱検出器を接続したSEC-MALS測定により決定した。水溶液のCODTについては示差走査熱量測定(DSC)を用いて調査した。酢酸水溶液、クエン酸水溶液、イミダゾール水溶液を溶媒に用いた。酢酸ナトリウム水溶液を酢酸溶液の中和溶媒として用い、イミダゾール水溶液についてはHClを滴下してpHの異なる溶液を調製した。

免疫系の細胞は、マウスマクロファージ様細胞株RAW264.7及びヒト単球系白血病細胞株THP-1を使用し、M0からM1マクロファージへの分極化に対する影響について分子量の異なる二つのシゾフィランを用いて検討を行った。RAW264.7細胞ではM1型で誘導されるNO、細胞表面マーカーCD86、転写調節因子NF- κ Bについて各シゾフィラン単独の効果、及びリポ多糖(LPS)との相乗的効果を調べた。またTHP-1細胞については、ホルボールエステル(PMA)でマクロファージ様細胞に分化させた後、TNF- α について同様に検討を行った。

4. 研究成果

4.1. β -1,3-グルカンの化学修飾と CODT への影響

シゾフィランを化学修飾したカルボン酸誘導体と低分岐度誘導体の水溶液中で起こる CODT に対する溶媒効果について発表した。(Yoshiba & Christensen, 2023) 図 1 にこれらの誘導体の化学構造を示す。

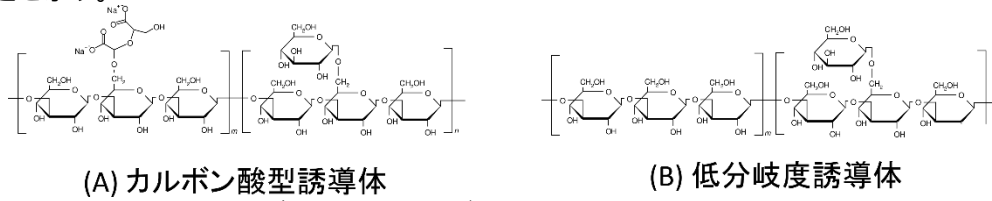


図 1 シゾフィラン、及び化学修飾した誘導体の化学構造

SEC-MALS 測定からシゾフィラン誘導体は化学修飾後も三量体を保持することを確認した。これらの試料の水溶液に DMSO 添加して CODT の溶媒効果を DSC により調査した。図 2 に DMSO 添加後の水溶液中の旋光度の温度依存性から求めた転移曲線を示す。溶液中の DMSO のモル分率の増加に伴い転移温度 (T_r) 及び転移エンタルピー (ΔH_r) は増加した。また、側鎖の化学修飾度 (カルボン酸誘導体の場合はカルボキシ基の置換度、低分岐度誘導体の場合は分岐度) に依存して T_r は低下した。これは化学修飾を受けた側鎖には秩序構造が形成されないことを意味する。

DSC 測定で求めた T_r 及び ΔH_r について側鎖修飾度を変数とした理論モデルを構築し、統計理論を拡張した。低分岐度誘導体、カルボン酸誘導体のいずれも ΔH_r 、 T_r は側鎖修飾度に依存する。この理論解析の結果は、化学修飾された側鎖、及び側鎖の無い三重らせんには秩序構造が形成されないことを意味する。一方で、高化学修飾度でのブロードな転移曲線を説明できない。(図 2B) これは三重鎖ユニットの 3 つの β -1,6-D-グルコース側鎖が全て化学修飾を受けると三重らせんの秩序構造がこのユニットの前後で分断され、低分子量試料に類似した挙動になるためであると考えられる。重合度 N の極限でのこのユニットの存在確率を求め、転移曲線のフィッティングから求めた N を比較するとよい一致を確認できた。

4.2. イミダゾール水溶液中の CODT

過去に行われた研究では、シゾフィラン水溶液に添加する転移の活性物質は DMSO 以外には見つからず、特に生体関連物質については全く研究が行われていなかった。イミダゾールは複素環もつ塩基性化合物であり、 β -1,3-グルカン認識ドメインに含まれるヒスチジンのペンダント基であり、その誘導体は生体物質に広く存在する。イミダゾール水溶液に塩酸を一定のモル比で加えた溶媒を用いて CODT の溶媒効果を調査した。(Yoshiba et al. 2022)

図 4 に各イミダゾールのモル分率の異なるイミダゾール (imi) - 塩酸 (HCl) 混合溶媒 (imi:HCl = 1:1) のシゾフィラン溶液の DSC 曲線を示す。この溶液では、イミダゾールは完全に中和され、イミダゾリウムイオンのみが活性物質として存在するが、DSC 曲線はモル分率の増加に伴い T_r は上昇し、 ΔH_r は増加した。imi:HCl = 1:1 の溶液中ではイミダゾールは完全に電離したイミダゾリウムイオンとなっているが、CODT の溶媒効果が観測されることが分かった。

溶液中のイミダゾールの電離状態を変化させるために HCl の添加率を imi:HCl = 2:1 に変え、pH の異なるシゾフィラン水溶液の DSC 曲線を図 5 に示す。イミダゾール比の増加とともに T_r は上昇し、 ΔH_r は増加した。また、HCl の添加率を imi:HCl = 3:1 に変えたところ、

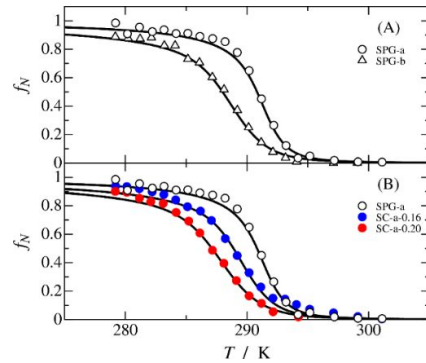


図 2 重水中の (A) 分子量の異なるシゾフィランの転移曲線と (B) カルボン酸型誘導体の転移曲線

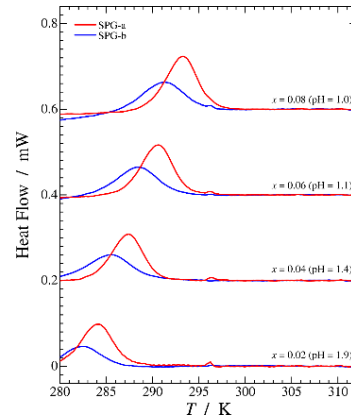


図 4 分子量の異なるシゾフィランのイミダゾール水溶液 (imi:HCl = 1:1) の DSC 曲線

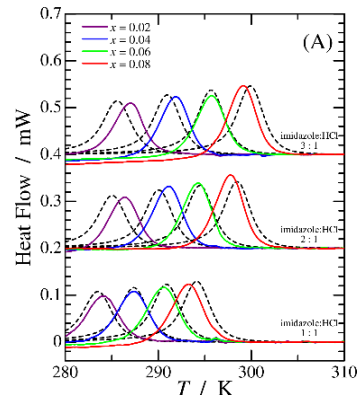


図 5 イミダゾール水溶液 (imi:HCl = 1:1) 中の DSC 曲線

さらに T_r は上昇し、 ΔH_r は増加した。従って、イミダゾリウムイオンとイミダゾールの両方が CODT の活性物質であることが分かった。加えて、pH が高くなると T_r の上昇と ΔH_r の増加が確認されることから、イミダゾールはイミダゾリウムイオンよりも会合度が高いと考えられる。これらの結果から、会合能の異なるイミダゾールとイミダゾリウムイオンが競争的にシゾフィラン側鎖に会合するので、 T_r と ΔH_r は pH に大きく依存することが分かった。

4.3. 酸性、塩基性溶媒中の CODT

4.2. で行ったイミダゾール水溶液中の CODT では、図 6 の理論モデルのようにイミダゾールとイミダゾリウムイオンが競争的にシゾフィラン側鎖に会合することが分かった。これは生体溶液のような複数の CODT 活性物質の混合溶液中であっても、これらの物質はシゾフィランに競争的に選択吸着することを示唆する。生体中の水溶液では様々な pH 条件が変化するため、イミダゾールなどの塩基性化合物と pH に対する電離状態が対となる酢酸などの酸性化合物について検証する必要がある。カルボン酸化合物は生体物質と密接に関係するので、酢酸とクエン酸について DSC を用いて CODT の溶媒効果について調査した。(Yoshida *et al.* 2024) この二つの化合物は水によく溶解し、図 7 に示したように、モル分率の増加に伴い大きな CODT の溶媒効果が観測された。

図 8 に水溶液中の -1,3-グルカンの三重らせんへの CODT 活性物質の会合を模式的に示した。低温では水、及び活性物質が三重らせんに吸着した溶媒和状態(左図)となるが、高温では会合が解け、通常の溶媒和状態(右図)となる。 T_r 及び ΔH_r のモル分率依存性を理論解析し、酢酸、クエン酸、イミダゾールのシゾフィラン側鎖に対する会合エンタルピー (ΔH_{a-m}) を求めた。酢酸、クエン酸、イミダゾールの ΔH_{a-m} は全て負の値であり、 ΔH_{a-m} はこれらの CODT 活性物質のシゾフィラン側鎖に対する会合強度の目安として用いることができると考えられる。酢酸では $\Delta H_{a-m} = -10.7 \text{ kJmol}^{-1}$ 、クエン酸では $\Delta H_{a-m} = -11.1 \text{ kJmol}^{-1}$ と大きな負の値(吸着は発熱過程)となり、分子中のカルボン酸の数によらないことが分かった。溶液の pH 増加によりシゾフィランに対する会合度が低下するが、これは酢酸、クエン酸の電離により起こると考えられる。カルボン酸化合物では中和すると CODT への活性は見られなくなるが、pH=8 以上では OH⁻ が生成するため転移曲線が幅広となる。イミダゾールでは $\Delta H_{a-m} = -11.4 \text{ kJmol}^{-1}$ であった。イミダゾールでは完全に中和した溶液でも CODT 活性が観測される。従って、イミダゾールは生理的条件下でもシゾフィランへの選択吸着性が高いと考えられる。

4.4. シゾフィランの免疫系細胞に対する影響

RAW264.7 細胞を用いて、分子量の異なる二つのシゾフィランをそれぞれ単独添加した時と LPS を同時に添加した時の NO、CD86、NF- κ B について検討を行うことにより、M0 から M1 型への分極化に対する各シゾフィランの影響について評価した。LPS 単体では NO、CD86、NF- κ B は有意に上昇し、M1 マクロファージへの分極化が確認された。しかし、各シゾフィラン単体では何れの上昇を認めず、また LPS との同時添加においても有意な相乗効果は観察されなかった。

次に、THP-1 細胞を用いて M1 型が産生する TNF- α についても同様に検討を行った。THP-1 を PMA でマクロファージ様に分化させた後、各シゾフィラン単独、及び LPS との同時添加で検討を行ったところ、LPS 単体では有意な TNF- α の上昇を認めた。しかし、シゾフィラン単体では上昇を認めず、LPS との同時添加では有意な相乗効果が観察されなかった。従って、本研究で使用した二つのシゾフィランは、RAW264.7 細胞や THP-1 細胞において、M1 型で誘導される NF- κ B の転写レベル、NO やサイトカイン産生に対する影響を認めなかった。

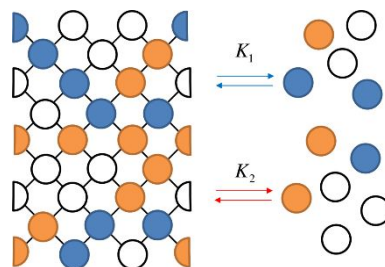


図 6 多成分溶液での三重らせんへの選択吸着の理論モデル

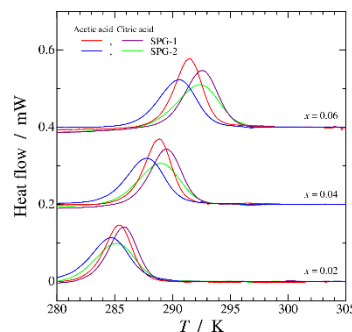


図 7 酢酸、及びクエン酸水溶液中の DSC 曲線

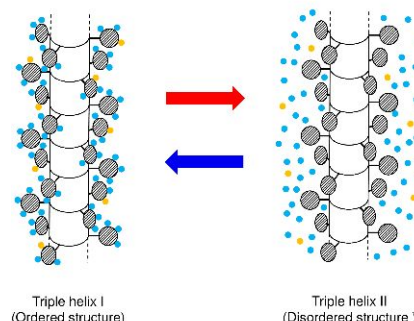


図 8 水溶液中のシゾフィラン三重らせんへの CODT 活性物質の会合に対するモデル図

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件／うち国際共著 3件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yoshiba Kazuto, Christensen Bjorn E.	4. 巻 408
2. 論文標題 Order Disorder Transition of Triple Helical 1,3 d Glucans in Aqueous Mixtures of Dimethyl Sulfoxide and Imidazole: Schizophyllan and its Chemically Modified Derivatives	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Macromolecular Symposia	6. 最初と最後の頁 2200092
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/masy.202200092	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 Yoshiba Kazuto, Kawada Sara, Dobashi Toshiaki, Yamamoto Takao	4. 巻 265
2. 論文標題 Adsorption dynamics of quercetin with electrospun konjac glucomannan fabric containing double stranded DNA	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 125606 ~ 125606
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.polymer.2022.125606	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 Yoshiba Kazuto, Yasuda Yota, Christensen Bjorn E., Kondo Chisaki, Miyazaki Yuji, Nakano Motohiro	4. 巻 38
2. 論文標題 Association with Imidazole in the Cooperative Order?Disorder Transition in Aqueous Solution of Schizophyllan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 1748 ~ 1756
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.langmuir.1c02838	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 Yamaguchi Gaku, Yoshiba Kazuto, Kawada Sara, Sato Ryosuke, Nagai Daisuke, Maki Yasuyuki, Yamamoto Takao, Tanaka Susumu, Chu Benjamin, Dobashi Toshiaki	4. 巻 28
2. 論文標題 Preparation of electro-spun konjac glucomannan fabric with entrapped DNA and dynamics of adsorption of acridine orange for carcinogen removal application	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Adsorption	6. 最初と最後の頁 149 ~ 160
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10450-022-00357-9	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 Matsuda Yasuhiro, Saiki Ryoga, Sato Kaede, Kashiwagi Atsuya, Yoshiba Kazuto	4. 巻 56
2. 論文標題 Thermal denaturation and renaturation of a double-helical polysaccharide xanthan in acidic and basic solutions	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 629 ~ 637
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-024-00892-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 Yoshiba Kazuto, Yasuda Yota, Sato Mana, Matsuda Yasuhiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Solvent stabilizing effects on the order?disorder transition of schizophyllan in aqueous mixtures of carboxylic acids	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Biopolymers	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/bip.23604	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15件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 安田陽太, 吉場一真, 山本隆夫
2. 発表標題 多価カルボン酸水溶液中でのキトサン溶液のゲル成長ダイナミクス
3. 学会等名 第45回日本バイオレオロジー学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐藤楓, 齊木領河, 栗本佳奈, 吉場一真, 松田靖弘
2. 発表標題 異なるpH条件下での キサンタンの熱変性・再性挙動
3. 学会等名 2022年繊維学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤井孝紀, 山口雄大, 吉場一真, 松田靖弘
2. 発表標題 二重らせん多糖類の巻き戻しによって形成される構造に及ぼす添加物の影響
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 吉場一真, 喜多理王, 佐々木海渡, 新屋敷直木, 宮崎裕司, 中野元裕
2. 発表標題 三重らせん多糖シゾフィラン水溶液の溶媒和構造とダイナミクス
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 小林史佳, 吉場一真, 山本隆夫
2. 発表標題 ヒアルロン酸とアルギン酸の混合溶液から作製した異方性ゲルのゲル成長ダイナミクス
3. 学会等名 第44回日本バイオロロジー学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松田靖弘, 齊木領河, 栗本佳奈, 吉場一真
2. 発表標題 キサントンの熱変性・再性挙動のpH依存性
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 吉場 一真, 安田 陽太, 宮崎 裕司, 中野 元裕
2. 発表標題 シゾフィラン水溶液の秩序 - 無秩序転移に対する酸性、及び塩基性添加物の効果
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 山口雄大, 吉場一真, 松田靖弘
2. 発表標題 キサントラン溶液の尿素および熱変性・再性挙動による粘度と分子量の変化
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 安田 陽太、吉場一真
2. 発表標題 シゾフィラン水溶液の秩序-無秩序転移に対するカルボン酸の添加効果
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 Kazuto Yoshiba, Bjorn E. Christensen
2. 発表標題 Order-disorder transition of aqueous solutions of schizophyllan and its chemically modified derivatives in the mixtures with acidic and basic additives
3. 学会等名 POLYSOLVAT-13, 13th International IUPAC Conference on Polymer-Solvent Complexes & Intercalates (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉場一真、川田早良、土橋敏明、山本隆夫
2. 発表標題 コンニャクグルコマンナン-DNAナノファイバー不織布の吸着挙動
3. 学会等名 第59回高分子と水に関する討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉場 一真, 安田 陽太, 山本 隆夫
2. 発表標題 多価カルボン酸を添加したキトサン水溶液の液-液接触によるゲル成長ダイナミクス
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 Kazuto Yoshiba, Yota Yasuda, Mana Sato
2. 発表標題 SOLVENT STABILIZING EFFECTS ON THE ORDER-DISORDER TRANSITION OF AQUEOUS SCHIZOPHYLLAN SOLUTIONS CONTAINING ACETIC ACID
3. 学会等名 26th International Conference on Chemical Thermodynamics (ICCT-2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yasuhiro Matsuda, Ryoga Saiki, Kaede Sato, Kazuto Yoshiba
2. 発表標題 Structural Changes of Xanthan Induced by Thermal Denaturation and Renaturation in Acidic and Basic Solutions
3. 学会等名 19th International Conference on Chiroptical Spectroscopy (CD2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉場 一真, 佐藤 真梨, 佐々田 悠斗, 宮崎 裕司, 中野 元裕
2. 発表標題 シゾフィランの水和と水溶液中の秩序 無秩序転移に対する酢酸の効果
3. 学会等名 第72回高分子討論会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 高分子学会	4. 発行年 2022年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 630
3. 書名 高分子材料の事典	

〔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
研究分担者	田中 進 (Susumu Tanaka) (70348142)	高崎健康福祉大学・健康福祉学部・教授 (32305)	

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			
ノルウェー	ノルウェー科学技術大学 (NTNU)			
米国	ニューヨーク州立大学			