

機関番号：14301

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2008～2010

課題番号：20248019

研究課題名（和文）セルロース系多糖のナノ to メゾ領域の新規構造制御とモダン機能の解析

研究課題名（英文）Modern Functionalization of Cellulose and Related Polysaccharides by Novel Design and Control of Their Nano- and Mesoscopic Structures

研究代表者

西尾 嘉之（NISHIO YOSHIYUKI）

京都大学・大学院農学研究科・教授

研究者番号：00156043

研究成果の概要（和文）：セルロース及び関連多糖を対象に、それらのナノ～メゾ領域（ 10^{-9} ～ 10^{-7} mのオーダー）の微細構造を化学修飾や複合化によって制御し、モダンな先進機能を発現する新たな材料としての用途展開を図った。形状記憶-回復機能や難燃機能を示すセルロース誘導体、生分解性の制御が可能なセルロース及びキチンの分子複合材料、イオン雰囲気電場制御で色彩や透明性が変化するセルロース誘導体の液晶材料、セルロースナノ繊維で強化した高性能高分子材料などを設計、試作しえた。

研究成果の概要（英文）：This research aimed at developing modern functional materials based on cellulose and related polysaccharides by novel design and control of their nano- and mesoscopic structures. We succeeded in producing new cellulose derivatives showing a shape memory-recovery or flame-resistance functionality, biodegradation-controllable cellulose/chitin-based molecular composites, cellulosic liquid-crystal systems exhibiting an electro-optical function, cellulose nanofiber-reinforced polymer composites, and so on.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	13,800,000	4,140,000	17,940,000
2009年度	7,600,000	2,280,000	9,880,000
2010年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
総計	26,000,000	7,800,000	33,800,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・木質科学

キーワード：セルロース、多糖類、誘導体、グラフト共重合体、液晶、メゾスコピック系、ナノ材料、モダン機能

1. 研究開始当初の背景

化石資源の漸減問題と持続可能な環境調和型循環社会の構築がクローズアップされる近年、バイオマスの新たな有効利用の途を開拓することはCO₂の排出削減にも寄与する極めて意義の大きい課題である。特にセルロースは、最大産出量を誇るリニューアブル・エコ素材であり、その旧来利用の改善拡張と新規な用途開発が強く望まれている。

セルロース系多糖は、被化学修飾能、水素結合能、キラリティー、半剛直性などの分子

特性と、ゲル・錯形成、マイクロフィブリル（ナノクリスタル）形成、液晶形成などの分子集合体特性を有しており、機能化素材としての魅力に富む。セルロース化学では、これらの分子及び分子集合体レベルの特性を究めて活かしていくことが重要であり、既存のセルロース改質成果を利用しつつも先進的な機能材料のキーコンポーネントとして高評価を獲得する事例展開が必要となっている。本研究課題はその路線に沿うものである。

2. 研究の目的

セルロース系多糖の新規な誘導体、液晶系、および関連する分子複合系（グラフト・ブレンド体）を創製対象に、ヘテロ元素、導入側鎖、イオンなどを相互作用媒介としたナノメゾ領域の構造制御とモダンな機能開発を行い、天然由来の先進材料として新たな用途展開を図るための有用な知見と指針を獲得・提供することを目的とした。特に、独創性の高い下記2項目の実現に注力することとした。

(1) ヘテロ元素含有新規セルロース誘導体の調製と機能材料化

① S含有系：酸化還元反応に応答するメルカプト基が導入された、ゾル-ゲル可逆転移を示す材料および形状記憶-回復するフィルム・フィラメント材料を創製する。さらに、チオール-エン重合法を適用したグラフト的誘導体ならびに高分子ネットワークの合成と、高屈折率かつ低複屈折性の光学部材用途を意図した材料物性の評価を達成する。

② P含有系：リン酸を側鎖に有する誘導体を調製し、ポリ乳酸のように易燃性が弱点のバイオベース脂肪族ポリエステルに対して高い親和性をもつ難燃機能材料としての評価を行う。

(2) セルロース・キチン系液晶の構造制御と機能材料化

① 分子性液晶：セルロース・キチン誘導体の液晶の構造とそれに基づく性質（メソスコピック特性）をイオン液体の介在によって制御すると共に、外部電場に対して視覚的性質が可逆的に応答する電気光学機能材料およびイオン伝導する電気化学的機能材料の設計を行う。また、モノマー-溶媒(光)重合法で液晶相を固定化したバルクも作製し、光学機能材料としての評価を行う。

② ナノクリスタルの液晶：セルロース繊維を硫酸処理して得られるナノクリスタル（アニオン荷電の針状マイクロフィブリル）の水分散液晶系について、イオン液体等の共存効果を調査検討する。重合性モノマーによる溶媒置換と磁場配向法のタイアップにより、異方性相が固定化されたナノフィラー・メゾフィラー強化型複合材料の創製を例証する。

3. 研究の方法

(1) ヘテロ元素含有新規誘導体

S含有系については、可逆架橋機能を発現させるために、メルカプト酢酸等の攻撃試薬を用いて側鎖末端にメルカプト基(SH)を有するセルロース誘導体を調製する。化学構造の同定には、FT-IR、ラマン分光、NMR、元素分析等を併用する。得られた試料に対して酸化還元処理を施し、バルク材料としての形状固定・回復機能の発現と制御を目指す。

特に、動的粘弾性(DMA)測定を中心に形状記憶(架橋形成)前後での物性評価を行う。また、SH基導入誘導体を基質に用いてメタクリレートモノマーのチオール-エン重合を行い、新規ネットワークポリマーを合成する。フィルムの光学的・力学的特性の評価を行う。透明度の観測、DMA測定、引張試験による。

P含有系については、各種リン酸(チオ)エステルを側鎖に有するセルロース誘導体の調製を行い同定する。通例のDSC熱分析に加え、特に難燃化機能の観点から、熱重量分析(TGA)による熱分解挙動の解析とFT-IR分析を併用した残渣の評価に力点を置く。

(2) 液晶系

分子性液晶用試料として、セルロースまたはキチン・キトサンヒドロキシプロピル誘導体、フェニルカルバメート誘導体等を調製する。イオン液体として、各種イミダゾリウム塩を合成する。多糖誘導体リオトロピック液晶のコレステリック構造に及ぼすイオン液体の共存効果を各種光学測定ならびにX線回折測定により精査する。さらに、液晶光学特性の外部電場に対する応答性を調査する。

ナノクリスタルの液晶用に、セルロース繊維の酸加水分解を行い、ロッド状ナノクリスタル(CNC)の水懸濁液を調製する。有機モノマーによる溶媒置換を施し、等方性/異方性相分離挙動を調査する。磁場印加による配向制御法を検討すると共に、異方性相の重合固定化を行う。重合試料についてDMA測定、(圧縮)力学試験、電子顕微鏡観察等を行い、配向CNCのフィラー効果を固定化条件に対応させて明確化する。

(3) 関連のグラフト・ブレンド体

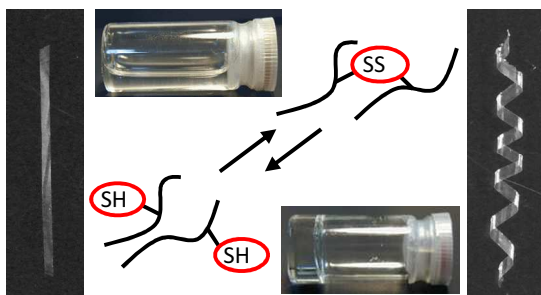
特に上記(1)の分子複合系の構造特性評価に関連して、セルロースエステル誘導体をベースとしたグラフト共重合体ならびにブレンド体を調製する。相溶性・高次構造等の解析を行い、参照用の基礎データを集積する。

4. 研究成果

(1) ヘテロ元素含有新規誘導体

① セルロースアセテート(CA)を出発物質として、メルカプト酢酸とのエステル化により側鎖末端にメルカプト基(SH基)を有するアセテート誘導体CA-MAを得た。出発CAのアセチル置換度(DS_{Ac})を変化させることで、水溶性と非水溶性の両者を調製できた。導入ヘテロ鎖の置換度(DS_{SH})は約0.04~0.59の範囲内で制御した。調製したCA-MAは、ジメチルスルホキシド(DMSO)、ピリジン、あるいはO₂ガスを用いた酸化処理によりSS架橋を形成し、メルカプトエタノールあるいはメルカプト酢酸アンモニウムといったチオール試薬により可逆的にSH基へと還元された。

図1には、均一系（溶液）での酸化還元処理によるゾル-ゲル転移と、固体/液中浸漬系での同処理による試料形状の固定-回復機能が繰り返し発現する様子を例示した。特にフィルム試料については、酸化還元反応の進行度をZ軸分解ラマン分光法により定量的に精査しえた。また、ジスルフィド架橋の可逆的な生成と開裂は、フィルムの粘弾性-特にガラス転移温度(T_g)近傍における損失ファクター($\tan\delta$)の挙動に大きく反映されることが判った。

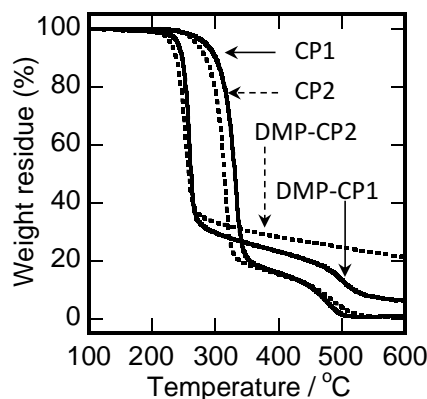


<図1 CA-MAの酸化還元に伴う溶液のゾル-ゲル転移とフィルムの形状記憶-回復挙動>

② 上記①で調製した CA-MA とメタクリル酸メチル(MMA)を用いて紫外線照射下でチオール-エン重合を行い、相互侵入高分子網目(IPN)タイプの複合フィルム CA-MA/PMMA を作製した。適量の SH 基を含む CA-MA を用いて作製した複合フィルムは単一の T_g シグナルを示し、両成分の相溶状態が良好な IPN 構造を有することが示唆された。引張試験においては、特に成分間架橋をもつ IPN の形成に由来して、靱性の向上が認められた。CA と PMMA は共に光学部材として重要であるが、元来、互いに非相溶である。本 IPN 化の成功は材料用途拡張の観点から大きな意義がある。

③ 有機材料を燃え尽き難くすることは、所在痕跡を残す目的からだけでなく、複合システムにおける部材から部材への延焼を遅延させる観点からも重要である。本研究では、置換基分布の異なる2種のセルロースプロピオネート CP (共に $DS_{Pr} = 2.5$) を各種のリン酸エステルで修飾し、熱特性・難燃化効果の違いを比較考察した。プロピオニル基(Pr)が偏在し6位に OH がほとんど存在しない CP1 と、2・3・6位に Pr が均等分布した CP2 を出発に、ジエチルリン酸(DEP)、ジエチルチオリン酸(DETP)、ジメチルリン酸(DMP)、あるいはジメチルチオリン酸(DMTP)をヘテロ鎖として導入した。図2には、空気下で測定した TGA 曲線のデータを抜粋試料について例示した。CP(1と2)は300°C付近より重量減少するが、それらの DMP 誘導体はいずれもリン酸による炭化促進効果によって250°C付近より重量減少が開始する。CP および DMP-CP1 は2

段階で重量減少するのに対して DMP-CP2 では1段階であり、結果として、600°Cでの残渣量(char 形成)に大きな違いが生じている。つまり、2・3位のリン酸化に比べて6位リン酸化はより高い難燃機能を付与しうることが分かる。これらの CP 誘導体は難燃性の熱可塑性樹脂として扱え、コーティングや配合によって他のポリマーマトリックスに対する難燃化剤としての応用も可能であろう。

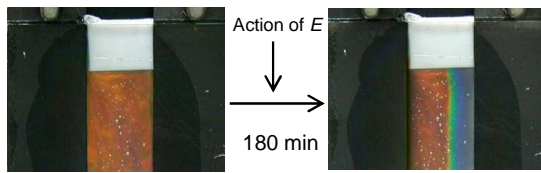


<図2 CP1、CP2、およびそれらの DMP 誘導体の空気下における TGA 曲線>

(2) 液晶系

① ヒドロキシプロピルセルロース(HPC)は、主鎖の半剛直性と分子キラリティーに起因して濃厚水溶液系でコレステリック液晶相を形成する。本研究では、まず、種々のイミダゾリウム塩を共存させた HPC/水系液晶について、コレステリック周期(P)と LCST 相分離温度(曇点 T_c)に及ぼすカチオン種とアニオン種の効果を系統的に分離評価した。例えば、1-アルキル-3-メチルイミダゾリウム塩 $[C_nMim][X]$ (n はアルキル炭素数、 X は対アニオン)の共存系では、 P は、カチオン種一定で $Cl^- < Br^- < NO_3^- < I^-$ の順に、アニオン種一定で $C2Mim^+ < C4Mim^+ < C6Mim^+$ の順に増大した。曇点 T_c の相対位置についても類似のイオン種依存性が認められたが、等方相濃度域と液晶相濃度域では、塩非共存系の T_c 値に対する増減方向が逆の傾向にあった。アルキル末端に水酸基を持つ $[C_nOHMim][X]$ の共存実験等も行い、有機カチオン鎖の親疎水性構造に基づく界面活性作用やアニオンのカオトロピック効果などの環境変動因子によって、HPC 分子鎖の凝集構造が鋭敏に変化することが判った。次に応用展開として、イミダゾリウム塩を共存させた HPC 液晶の視覚的性質-すなわち P の存在による選択光反射色と T_c の存在による白濁度-を外部電界によって制御することを試みた。図3にその成功例を例示する。弱電場の印加によって、共存イオンが陽陰両極に誘引され、ピッチ P (従って選択反射光波長)の可変要因であるイオンの濃度分布(さらには有機カチオン鎖の配向)が

局所的に変化することで、コレステリック相構造も変化したと考えられる。



<図3 62.5wt% HPC/water/[C4Mim][Br]系コレステリック液晶の電気光学機能。(塩濃度、0.25mmol/g-HPC 水溶液；印加電場、 $E = 2.5\text{V}/8\text{mm}$ ；温度、 20°C)>

② アミノ多糖のキチン・キトサンにフェニルイソシアネートを付加させ、カルバメート誘導体を合成した。導入側鎖の置換度(DS)、モル置換度(MS)、および平均連鎖長(DPs)をNMR測定により解析評価した。特に、 $DS > 2.7$ 、 $MS > 2.9$ の高置換度で合成したキトサンフェニルカルバメート(CtsPC)について、ジメチルホルムアミド(DMF)やジメチルアセトアミド(DMAc)等の高極性溶媒中で形成するコレステリック液晶相の構造について検討した。コレステリックのセンスは左巻きで、ピッチ P は温度上昇、濃度低下により増大した。また、DSの増加に比例して P が増大する傾向が認められた。さらに、フェニルカルバモイル基の平均連鎖長DPsの僅かの増大が、コレステリック構造の整然さ、ひいては選択反射色の鮮明度を大きく低下させることが判った。

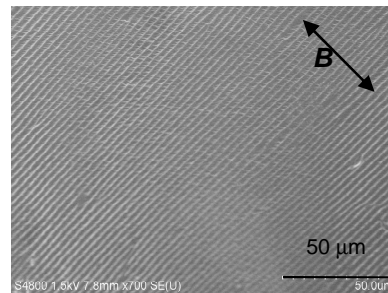
次いで、イミダゾリウム系の各種イオン液体を溶媒としてCtsPCの相挙動を調査した。特に[C2Mim][N(CN)₂]を直接溶媒に用いた場合に、ポリマー濃度35wt%以上で呈色を示す明確なコレステリック液晶が得られた。本液晶のセンスは右巻きで、昇温に伴いピッチが増大することを確認した。

③ 繊維質セルロースの酸加水分解により得られる結晶性微粒子(ナノクリスタル(CNC))の水懸濁液を臨界濃度以上で静置すると、自発的に相分離し、高濃度の異方性相は偏光顕微鏡下で指紋状組織を示すコレステリック液晶となる。本研究では、重合性モノマーをCNCの懸濁媒体(の主成分)として用い、且つ液晶ドメインの配向を制御して、重合マトリックス中にCNCメゾフィラーが固定化された新規複合体を創製することを目指した。

重合モノマーとして、2-ヒドロキシエチルメタクリレート(HEMA)を選定した。まず、CNCをHEMA/水中に懸濁して分離した等方性相と異方性相を分取し、それぞれを紫外線照射下の光重合によってPHEMAマトリックス内に固定化することに成功した。CNCとの複合化により、PHEMAの T_g が高温側へシフトすると共に、力学性能の向上が認められた。その程度は、異方性相を固定化した場合において、より顕著であった。

次に、上述と同様に分取した異方性相(コレステリックポリドメイン)を8Tの静磁場下に2時間置いてモノマー重合を行った。これにより、モノドメインのコレステリック相が固定化されたCNC/PHEMA複合体が得られた。その証拠として、偏光顕微鏡下では指紋状組織の縞が印加磁場(B)に対して垂直方向に揃った固定化像が観察された。また、電界放出型走査電顕(FE-SEM)によっても同様の整然さが確認された(図4参照)。さらに、分取異方性相へ回転磁場を印加することによってCNCを一様に磁場面に垂直配向させ、そのネマチック状態を重合固定することにも成功した。複合材料物性の観点からは、各種力学測定により、CNCのナノフィラーあるいはメゾフィラーとしての強化機能を例証した。

なお、等方性相への磁場印加実験ではCNCの顕著な配向が観られなかったことから、上記の磁場配向はMolecular Assembly効果(集団の同調性)が大きく寄与する現象と捉えられる。



<図4 異方性相より静磁場下で合成されたCNC/PHEMA複合体の断面のFE-SEM像>

(3) 関連のグラフト・ブレンド体

セルロースアセテート(CA)並びにブチレート(CB)を幹鎖とし、前者に対して非相溶、後者に対して相溶なポリカプロラクトン(PCL)を枝鎖とする2種のグラフト共重合体を幅広い組成に渡って合成した。転移挙動、結晶化キネティクス、高次構造とドメインスケール、リパーゼによるPCL選択酵素分解挙動などを解析評価した。両グラフト系とも成形加工性を備えた生分解性材料となること、幹/枝鎖間の相溶性の違いやアシル置換基のサイズの違いによって酵素処理フィルムの表面モルロジーが多様化すること、などを明らかにした。

以上の他に、ポリ(ビニルピロリドン-co-ビニルアセテート)を幹鎖、PCLを枝鎖とする共重合体を合成し、CA/PCLブレンド系への相溶化剤として応用可能なことを示した。また、各種アシル化キチンを合成し、PCLとの相溶性に及ぼす側鎖長と置換度の効果を明確にした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 12 件)

1. T. Unohara, Y. Teramoto, and Y. Nishio: Molecular orientation and optical anisotropy in drawn films of cellulose diacetate-graft-PLLA: comparative investigation with poly(vinyl acetate-co-vinyl alcohol)-graft-PLLA, *Cellulose*, **18**, in press (2011); DOI 10.1007/s10570-011-9508-0. [査読有り]
2. D. Aoki and Y. Nishio: Phosphorylated cellulose propionate derivatives as thermoplastic flame resistant/retardant materials: influence of regioselective phosphorylation on their thermal degradation behaviour, *Cellulose*, **17**, 963-976 (2010). [査読有り]
3. 寺本好邦, 久住亮介, 西尾嘉之: バイオマスポリマー/脂肪族ポリエステル複合系の微細構造設計と分子・材料特性解析, *Cellulose Commun.*, **17**, 67-73 (2010). [査読無し]
4. R. Chiba, M. Ito, and Y. Nishio: Addition effects of imidazolium salts on mesophase structure and optical properties of concentrated hydroxypropyl cellulose aqueous solutions, *Polym. J.*, **42**, 232-241 (2010). [査読有り]
5. 松原智之, 宮下美晴, 西尾嘉之: フェニルカルバメート化キチン・キトサンとの合成と構造および置換度解析, 高分子論文集, **67**, 135-142 (2010). [査読有り]
6. M. Sugimoto, M. Kawahara, Y. Teramoto, and Y. Nishio: Synthesis of acyl chitin derivatives and miscibility characterization of their blends with poly(ϵ -caprolactone), *Carbohydrate Polymers*, **79**, 948-954 (2010). [査読有り]
7. 寺本好邦, 西尾嘉之: 木材とその構成成分および類縁バイオマス素材の化学修飾と機能材料設計, 日本接着学会誌, **45**, 493-499 (2009). [査読無し]
8. R. Kusumi, S. H. Lee, Y. Teramoto, and Y. Nishio: Cellulose Ester-graft-poly(ϵ -caprolactone): Effects of Copolymer Composition and Intercomponent Miscibility on the Enzymatic Hydrolysis Behavior, *Biomacromolecules*, **10**, 2830-2838 (2009). [査読有り]
9. T. Higeshiro, Y. Teramoto, and Y. Nishio: Poly(vinyl pyrrolidone-co-vinyl acetate)-graft-poly(ϵ -caprolactone) as a Compatibilizer for Cellulose Acetate/Poly(ϵ -caprolactone) Blends, *J. Appl. Polym. Sci.*, **113**, 2945-2954 (2009). [査読

有り]

10. Y. Kuse, D. Asahina, and Y. Nishio: Molecular Structure and Liquid-Crystalline Characteristics of Chitosan Phenylcarbamate, *Biomacromolecules*, **10**, 166-173 (2009). [査読有り]
11. 西尾嘉之: セルロース系多糖を基軸とした機能性高分子材料の新展開, 高分子, **57**, 434-437 (2008). [査読無し]
12. R. Kusumi, Y. Teramoto, and Y. Nishio: Crystallization Behavior of Poly(ϵ -caprolactone) Grafted onto Cellulose Alkyl Esters: Effects of Copolymer Composition and Intercomponent Miscibility, *Macromol. Chem Phys.*, **209**, 2135-2146 (2008). [査読有り]

[学会発表] (計 4 4 件)

1. 巽 美緒, 木村史子, 木村恒久, 寺本好邦, 西尾嘉之: セルロースナノクリスタル液晶の重合固定化と磁場による配向制御, 高分子学会第 60 回年次大会, 2011 年 5 月 26 日, 大阪国際会議場 (大阪). [発表予定]
2. 青木 弾, 寺本好邦, 西尾嘉之: チオール-エン重合法を用いたセルロースアセテート/PMMA 系新規 IPN の調製と熱・機械的特性の評価, 高分子学会第 60 回年次大会, 2011 年 5 月 25 日, 大阪国際会議場 (大阪). [発表予定]
3. 森岡信博, 寺本好邦, 西尾嘉之: 多糖フェニルカルバメート誘導体/イオン液体系のリオトロピック液晶形成と光学特性, 高分子学会第 60 回年次大会, 2011 年 5 月 25 日, 大阪国際会議場 (大阪). [発表予定]
4. Y. Nishio: Enhancing functionality and performance of cellulosic materials in combination with other polymeric/inorganic components, *Pacificchem 2010*, Dec 17th 2010, Honolulu (Hawaii, USA).
5. 巽 美緒, 木村史子, 木村恒久, 寺本好邦, 西尾嘉之: 磁場配向法を用いたセルロースナノクリスタル新規複合材料の創製および物性評価, セルロース学会第 17 回年次大会, 2010 年 7 月 15 日, 徳島文理大学香川キャンパス (さぬき市).
6. 森岡信博, 寺本好邦, 西尾嘉之: キトサンフェニルカルバメートリオトロピック液晶の光学特性に及ぼすイオン液体の効果, セルロース学会第 17 回年次大会, 2010 年 7 月 15 日, 徳島文理大学香川キャンパス (さぬき市).
7. 西尾嘉之: セルロースおよび類縁バイオマス素材の高機能材料への変換 -Some Challenges-, 繊維学会平成 22 年度年次

- 大会;招待講演,2010年6月17日,タワーホール船堀(東京).
8. 佐藤 恵, 久住亮介, 寺本好邦, 西尾嘉之: セルロースアセテート-*graft*-ポリ(L-ラクチド)の等温結晶化過程における高次構造形成: X線回折および誘電分散測定, 高分子学会第59回年次大会, 2010年5月28日, パシフィコ横浜(横浜).
 9. 青木 弾, 西尾嘉之: 熱可塑性難燃性材料の設計:位置選択的リン酸化セルロースプロピオネートの合成と熱特性の調査, 日本木材学会第60回大会, 2010年3月18日, 宮崎嶺光ホテル(宮崎).
 10. 西尾嘉之: バイオマスのモダン活用ー資源・環境と調和した新潮流ー, 資源・素材学会;北海道資源・素材フォーラム, 2010年1月14日, 北海道大学百年記念会館(札幌).
 11. M. Ito, R. Chiba, Y. Kuse, and Y. Nishio: Liquid crystalline systems based on cellulose/chitinous derivatives: some topics of functional development, *International Conference on Polysaccharides as a Source of Advanced Materials, EPNOE 2009*, Sept 22nd 2009, Åbo Akademi University, Turku (Finland).
 12. Y. Nishio: Manipulation of structural order and optical properties of cholesteric liquid crystals formed by cellulose and chitin derivatives, *Japanese-European Workshop on Cellulose and Functional Polysaccharides 2009*, Sept 16th 2009, Institute of Wood Technology & Biology, Hamburg (Germany).
 13. Y. Nishio: Advanced functional materials based on cellulose and related polysaccharides, *ASEAN 2nd Regional Conference on the Interdisciplinary Research on Natural Resources and Materials*, Aug 7th 2009, Yogyakarta (Indonesia).
 14. 杉村和紀, 片野祥吾, 寺本好邦, 西尾嘉之: セルロースアルキルエステル/N-ビニルピロリドン含有ビニル共重合体ブレンド系の相溶性ならびに分子間相互作用評価, セルロース学会第16回年次大会, 2009年7月3日, 北海道大学学術交流会館(札幌).
 15. 異 美緒, 西尾嘉之: セルロースナノクリスタル/水/モノマー懸濁液の重合固定化により得られる新規複合材料の調製および物性評価, セルロース学会第16回年次大会, 2009年7月2日, 北海道大学学術交流会館(札幌).
 16. Y. Nishio, D. Aoki, and Y. Teramoto: Functional versatility of cellulose derivatives having a hetero atom in the side chains: SH-containing derivatives as a shape memory-recovery material, *237th ACS National Meeting*, Mar 24th 2009, Salt Lake City (USA).
 17. D. Aoki and Y. Nishio: Functional versatility of cellulose derivatives having a hetero atom in the side chains: P-containing derivatives as flame resistant/retardant materials, *237th ACS National Meeting*, Mar 22nd 2009, Salt Lake City (USA).
 18. 西尾嘉之: セルロース系糖質高分子を基軸とした新規機能性材料の創製, 第57回高分子学会北陸支部研究発表会;招待講演, 2008年11月15日, 福井大学(福井).
 19. 名田敬之, 吉川宏紀, 西尾嘉之: エチルセルロースを出発物質としたエステル誘導体の調製及び液晶相構造の光学特性評価, セルロース学会第15回年次大会, 2008年7月11日, 京都大学桂キャンパス(京都).
 20. 杉本雅夫, 西尾嘉之: キチンアルキルエステル誘導体/ポリ(ϵ -カプロラクトン)ブレンドの相溶性評価, セルロース学会第15回年次大会, 2008年7月10日, 京都大学桂キャンパス(京都).
 21. 青木 弾, 西尾嘉之: リン酸エステルを側鎖に有するセルロースエステル誘導体の熱特性, セルロース学会第15回年次大会, 2008年7月10日, 京都大学桂キャンパス(京都).
 22. 久住亮介, 寺本好邦, 西尾嘉之: 脂肪族ポリエステルを枝鎖とするセルロースグラフト共重合体の一次および高次構造設計と分子運動解析, 繊維学会平成20年度年次大会, 2008年6月19日, タワーホール船堀(東京).
- [図書](計1件)
1. 西尾嘉之, 青木 弾(分担執筆): 『セルロース利用技術の最先端』(磯貝明監修), シーエムシー出版, 2008年, 概論・基礎編第3章「セルロースの化学反応の種類と特徴」(pp.15-21).
- [その他]
ホームページ等
<http://www.fukugou.kais.kyoto-u.ac.jp/>
6. 研究組織
 - (1) 研究代表者
西尾 嘉之 (NISHIO YOSHIYUKI)
京都大学・大学院農学研究科・教授
研究者番号: 00156043
 - (2) 研究分担者
木村 恒久 (KIMURA TSUNEHISA)
京都大学・大学院農学研究科・教授
研究者番号: 40264593
 - (3) 連携研究者
()
研究者番号: