

## 2.2.11 研究分野:複合材料化学

|      |           |        |
|------|-----------|--------|
| 構成員： | 教授        | 西尾 嘉之  |
|      | 講師        | 吉岡 まり子 |
|      | 助教        | 寺本 好邦  |
|      | 大学院博士後期課程 | 3 名    |
|      | 大学院修士課程   | 8 名    |
|      | 専攻 4 回生   | 4 名    |

### A. 研究活動 (2009. 4～2010. 3)

#### A-1. 研究概要

##### a) バイオマス素材から先進的機能材料への各種複合化によるモダン変換

セルロース系多糖、リグニン、脂質等のバイオマス構成成分が有する被化学修飾能、水素結合能、キラリティー、半剛直性などの分子特性、並びにゲル・錯形成、液晶相発現などの集合体特性を活かしつつ、各種の分子修飾や複合化手法を用いて高機能材料への展開を図っている。

a-1) 液晶材料：分子鎖の半剛直性とキラリティーに由来してセルロース・キチン誘導体が濃厚系で形成するコレステリック液晶の選択光反射による呈色現象を、無機塩・イオン液体の共存、並びに弱電界の印加によって動的制御する機構を提案している。色彩や透明度の制御により調光・遮光が可能なデバイスの構築例を蓄積するとともに、コレステリックのらせんセンス（旋回方向）の制御を目標とした分子修飾を検討している。

a-2) 磁性材料：磁性鉄酸化物を多糖マトリックス中に数十 nm 径以下のスケールで化学充填するハイブリッド法を検討している。特に、外部から磁場刺激があったときのみ応答するインテリジェント材料として機能する超常磁性体の設計に着目している。大型構造材料として、リグノセルロース（木粉）を出発に、釘付けや鋲留めが可能な上に磁石も使える軽量マグボードの設計を図っている。

a-4) 相溶ブレンド：セルロースやキチンのエステルを対象に、成形加工性の改善を含めた諸物性の改変を目的として、可とう性ポリマー（含共重合体）との相溶性を調査している。エステルの置換度と共重合組成を関数とした精密な相溶マップを作成し、相溶化の駆動力として水素結合や共重合体構成ユニット間の斥力効果が働くこと

を明確にしている。

a-5) 液晶ガラスの構造緩和解析と機能化: コレステロール誘導体/鎖状オリゴマーから成る脂質錯体を対象に、熱転移スキームと分子凝集構造の変化を明らかにすると共に、液晶ガラスの形成とエンタルピー緩和現象を解析評価している。

a-6) グラフト共重合体: セルロースエステルの残存水酸基を開始点とした環状エステルモノマーの開環重合により、幹/枝成分比を網羅した幅広い組成に渡ってグラフト共重合体を合成している。共重合組成と熱物性の相関、結晶化挙動、幹/枝鎖間の相溶性の効果、幹/枝分子運動のダイナミクスなどについて知見を集積している。

a-7) リグニンの分子複合化: 廃リグニンの有効利用を目的として、熱可塑性プラスチックとの分子複合化を行って賦形化することにより、生分解性を有する環境適合型材料や生理活性物質を捕捉する吸着分離機能材料への応用を図っている。

b) 木材とその構成成分、及び、その他バイオマスの可塑化・液化と高性能・高機能ポリマー材料への応用

b-1) 木材、セルロース、デンプンの熱可塑化（プラスチック化）: 木材成分のエステル化、エーテル化などにより、木材全体を熱流動させるまでの内部可塑化を行うことを見い出した。その関連で、合成高分子とのポリマーアロイ化の研究および生分解性材料化の研究が行われている。さらに新規で実用的なセルロースおよび/あるいはデンプン誘導体にグラフト側鎖を導入した生分解性プラスチック材料、クレイなど無機物との複合化に関する研究も進められている。

b-2) 植物系バイオマスの液化: 植物系バイオマス（単・オリゴ糖、あるいは、スギ等の間伐材、樹皮、コーヒーの搾りかす、OA紙等の廃棄物を含む）をフェノール類、多価アルコール類、環状エステル類と反応させながら液化（ソルボリシスを含む）を行う。液化の機構と反応性の発現の解明を行うと共に、液化物の高い反応性を利用して、接着剤、成形材料、発泡体、コーティング等への応用（必要に応じて生分解性を付与）、また、セルロースナノファイバー、あるいは、クレイやシリカなど無機物とのナノ複合化を検討している。

b-3) 植物バイオマスプラスチック複合材料の調製とその特性化: ポリプロピレン、ポリエチレンなど汎用高分子やポリ乳酸などのバイオマス（生分解性）プラスチックと木粉・木材繊維、セルロース、デンプン等からの溶融成形可能な複合材料に関する研究であり、イ）相溶化剤を用い物性の格段に優れた材料とする研究、ロ）現在のゴミ問題との関連テーマでもある、焼却時の発熱量が低く、焼却後灰を残さない材料化の研究、ハ）高比率で木質系充填剤を混合する際の溶融粘度低減策に関する研究、ニ）セルロースナノファイバーを高度に分散させたナノコンポジットの調製に関する研究などが行われている。

## A-2. 研究業績（国内・国外含む）

a) 成果刊行

著 書

・Yoshioka, M., Sakaguchi, K., Ohno, T., Nishio, Y., Shiraishi, N.:  
Fabrication of pulverized cellulose by ultra high-pressure water jet  
treatment and usage in polymer nano-composites and graft copolymerization,  
"Biocompatible Nanomaterials: Synthesis, Characterization and Applications",  
Chapter 13, S. Ashok Kumar, Soundappan Thiagarajan and Sea-Fue Wang eds., Nova  
Science Publishers, in press (2010)

原著論文 (査読付)

・Sugimoto, M., M. Kawahara, Y. Teramoto and Y Nishio:  
Synthesis of acyl chitin derivatives and miscibility characterization of their  
blends with poly( $\epsilon$ -caprolactone). Carbohydrate Polymers 79 (4); 948-954, 2010

・Chiba, R., M. Ito and Y Nishio:  
Addition effects of imidazolium salts on mesophase structure and optical  
properties of concentrated hydroxypropyl cellulose aqueous solutions. Polymer  
Journal 42 (3); 232-241, 2010

・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・キトサンの合成と構造および置換度解析. 高分子論  
文集 67 (2); 135-142, 2010

・Teramoto, Y., S. H. Lee and T. Endo:  
Cost reduction and feedstock diversity for sulfuric acid-free ethanol cooking  
of lignocellulosic biomass as a pretreatment to enzymatic saccharification.  
Bioresource Technology 100 (20); 4783-4789, 2009

・Yoshioka, M., Sakaguchi, K., Ohno, T., Nishio, Y., Shiraishi, N.:  
Fabrication of pulverized cellulose by ultra high-pressure water jet  
treatment and usage in polymer nano-composites and graft copolymerization.  
Journal of Wood Science, 55 (5), 335-343, 2009

・Kusumi, R., S. H. Lee, Y. Teramoto and Y. Nishio:  
Cellulose ester-graft-poly( $\epsilon$ -caprolactone): Effects of copolymer composition  
and intercomponent miscibility on the enzymatic hydrolysis behavior.  
Biomacromolecules 10 (10); 2830-2838, 2009

・Higeshiro, T., Y. Teramoto and Y. Nishio:  
Poly(vinyl pyrrolidone-co-vinyl acetate)-graft-poly( $\epsilon$ -caprolactone) as a  
compatibilizer for cellulose acetate/poly( $\epsilon$ -caprolactone) blends. Journal of  
Applied Polymer Science 113 (5); 2945-2954, 2009

## 総説

- ・ 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 (12); 493-499, 2009

- ・ 吉岡まり子:

液化バイオマス, セルロースナノファイバーの製造と応用, 「バイオベース材料の開発と応用」に関する講習会 (日本材料学会主催) 要旨集, 17-23, 2009

## 特許

- ・ 特開 2010-31229, 「難燃性樹脂組成物及び成形体」、山中康生、原田忠克、柳沼秀和、西尾嘉之、青木弾
- ・ 特開 2010-31230, 「難燃性樹脂組成物及び成形体」、原田忠克、山中康生、柳沼秀和、西尾嘉之、青木弾
- ・ 特願 2010-004814, 「液化バイオマス、その製造方法及び熱硬化性樹脂」、吉岡まり子、白石信夫

## b) 学会発表

- ・ 第 58 回高分子学会年次大会 : 4 件
- ・ セルロース学会第 16 回年次大会 (札幌) : 4 件
- ・ ASEAN 2nd Regional Conference of the Interdisciplinary Research on Natural Resources and Materials (Yogyakarta, Indonesia): 1 件 (招待)
- ・ 第 58 回高分子討論会 (熊本) : 2 件
- ・ Japanese-European Workshop on Cellulose and Functional Polysaccharides (Hamburg, Germany) : 1 件 (招待)
- ・ International Conference on Polysaccharides as a Source of Advanced Materials, EPNOE 2009 (Truku, Finland) : 2 件 (招待講演 1 件を含む)
- ・ 第 1 回バイオプラスチックシンポジウム (大阪) : 1 件
- ・ 第 54 回リグニン討論会 (静岡) : 1 件
- ・ 繊維学会北海道紙・パルプ技術懇談会 (札幌) : 1 件 (招待)
- ・ 平成 21 年度北海道資源・素材フォーラム (札幌) : 1 件 (招待)
- ・ 第 60 回日本木材学会大会 (宮崎) : 3 件

## A-3. 国内における学会活動など

#### 所属学会等（役割）

- ・西尾嘉之：日本木材学会（編集委員）、セルロース学会（副会長）、繊維学会（評議員）、日本木材加工技術協会（関西支部理事、木材・プラスチック複合材部会学術諮問委員）
- ・吉岡まり子：日本木材学会（地球環境委員会委員，研究強化・企画委員会委員）、日本材料学会（評議員、査読委員、高分子材料部門委員会幹事・企画事業委員）、日本木材加工技術協会（木材・プラスチック複合材部会学術諮問委員、合板部会幹事）、高分子学会（エコマテリアル研究会運営委員）
- ・寺本好邦：日本木材加工技術協会（木材・プラスチック複合材部会学術諮問委員）

#### 学術会議関連（役割）

- ・西尾嘉之：平成 21 年度（社団法人）資源・素材学会研究交流企画 北海道資源・素材フォーラム（札幌）：1 件（招待講演）
- ・吉岡まり子：日本材料学会「バイオベース材料の開発と応用」に関する講習会（東京）：1 件（招待講演）
- ・寺本好邦：繊維学会北海道紙・パルプ技術懇談会（札幌）：1 件（招待講演）

#### 競争的資金等獲得状況

##### ①科学研究費補助金

- ・基盤研究(A)：西尾 嘉之：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
- ・基盤研究(C)：吉岡 まり子：バイオマス含有ポリマー系ナノコンポジット類の創製と機能特性の体系化
- ・若手研究(B)：寺本 好邦：リグノスルホン酸の水酸基とスルホ基をそれぞれ賦形化と機能発現に活用した材料創製

##### ②その他の競争的資金

- ・積水化学 第 8 回（2009 年度）自然に学ぶものづくり研究助成：寺本 好邦：海藻のキレート能に学ぶ木材への熱可塑性と磁性機能の付与 新規軽量マグボードの創製

#### **A-4. 国際交流・海外活動**

#### 所属学会等（役割）

- ・西尾 嘉之：Cellulose (Journal 編集委員)、International Academy of Wood Science (Fellow)

#### 国際会議・研究集会等（国、役割）

- ・西尾 嘉之：ASEAN 2nd Regional Conference of the Interdisciplinary Research

on Natural Resources and Materials (Yogyakarta, Indonesia) (インドネシア、運営指導派遣調査員、招待講演)、Japanese-European Workshop on Cellulose and Functional Polysaccharides (ドイツ、組織委員、招待講演)、International Conference on Polysaccharides as a Source of Advanced Materials, EPNOE 2009 (フィンランド、科学評議委員)

・寺本 好邦：Polysaccharides as a Source of Advanced Materials (フィンランド、招待講演)

## B. 教育活動 (2009. 4～2010. 3)

### B-1. 学内活動

#### a) 開講授業科目 (担当教員)

- ・全学共通科目： 森林基礎科学 A (分担：西尾)
- ・学部： 森林科学Ⅱ (分担：西尾)、高分子合成化学 (西尾)、高分子物性学 (西尾)、バイオマス複合材料化学 (吉岡)、森林科学実習Ⅱ (分担：西尾、吉岡、寺本)、森林基礎化学実験及び実験法 (分担：西尾、吉岡、寺本)、バイオマス化学実験及び実験法Ⅱ (分担：西尾、吉岡、寺本)
- ・大学院： 複合材料化学Ⅱ (西尾)、複合材料化学専攻実験 (西尾、吉岡、寺本)、複合材料化学演習 (西尾、吉岡、寺本)

### B-2. 学外における教育活動

#### 公開講座等

- ・吉岡まり子：「女子中高生のための関西科学塾 2010」講師 (授業テーマ：植物バイオマスから環境低負荷型ポリマー材料を作る～生分解性プラスチックとバイオマスプラスチックについて学ぼう～) (独立行政法人 科学技術振興機構女子中高生の理系進路選択支援事業、主催：京都大学大学院理学研究科附属天文台、2009 年 9 月)
- ・寺本 好邦：平成 21 年度 京都大学森林科学公開講座 (実行委員)

## C. その他

- ・西尾嘉之：農学研究科副研究科長
- ・吉岡まり子：科学技術振興調整費評価作業部会 (国際共同研究推進評価作業部会) 委員 (独立行政法人科学技術振興機構、2009 年 8 月～2010 年 1 月)