

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 17 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23550252

研究課題名(和文) ジェランガムのゲル化に伴う分子間・分子内水素結合の変化と秩序構造形成の同時観察

研究課題名(英文) Gelation Mechanism and Hydrogen Bonding Behavior of Gellan Gum Studied by Vibrational Spectroscopy and Small Angle X-ray Scattering

研究代表者

佐藤 春実 (Harumi, Sato)

神戸大学・人間発達環境学研究所・准教授

研究者番号：10288558

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,500,000円、(間接経費) 1,350,000円

研究成果の概要(和文)：ジェランガムは「グルコース・グルクロン酸・グルコース・ラムノース」の4糖の繰り返し単位で構成されており、グルクロン酸由来のカルボキシル基(COO-基)を繰り返し単位に1つ有しているのが大きな特徴である。ジェランガムは、熱水中ではランダムコイル状に溶解し、カチオン存在下で冷却することで2重らせんを形成し、それらが凝集・会合することでゲルを形成するといわれているが、ゲル化における官能基レベルでの変化の詳細については殆ど分かっていない。本研究では、赤外分光法、ラマン分光法、小角X線散乱法を用いて、ジェランガムのゲル化過程の詳細、カチオン変化、pH変化によるゲル化への影響を官能基レベルで明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Gellan gum is an extracellular polysaccharide produced by *Pseudomonas elodea*, and is composed of tetrasaccharide (glucose, glucuronic acid, glucose, rhamnose) repeating units, containing one carboxyl side group. It is widely used in the food industry and biomedical fields since it forms transparent gels which have a heat and acid resistant nature. Gellan gum has the characteristic property of temperature-dependent and cation-induced gelation. This gelation involves the formation of double helical junction zones followed by the double helical segments of gellan gum to form a three-dimensional network by complexation with cations and hydrogen bonding with water. In the present study, we have investigated gelation mechanism of gellan gum by using infrared and Raman spectroscopy. It is likely that the hydrogen bonding between water and gellan gum becomes weak during the coil to double-helix transition.

研究分野：化学

科研費の分科・細目：材料化学 ・ 高分子・繊維材料

キーワード：ゲル化 水素結合 ジェランガム 赤外分光法 ラマン分光 X線散乱

### 1. 研究開始当初の背景

近年、微生物由来の多糖類の開発により新しい特性を有した多糖類が数多く開発されている。ジェランガムは *Sphingomonas elodea* という微生物が菌体外に産出する水溶性の多糖類であり、増粘安定剤として各種食品に幅広く利用されている。ジェランガムは直鎖状のヘテロ多糖類で、グルコース、グルクロン酸、グルコース、ラムノースの4糖の繰返し単位から構成されており、グルクロン酸由来のカルボキシル基を繰返し単位に1つだけ有しているのが大きな特徴である。

ジェランガムは、十分なカチオンの存在下で、透明で熱や酸に強い良質のゲルを形成することが知られており、そのゲル化機構は示すように、はじめジェランガムの分子鎖がランダムコイル状に広がっていたものが、二重らせんを形成するモデルが提案されている。しかしながらこのゲル化機構の詳細については未だよく分かっていない。

### 2. 研究の目的

そこで本研究では、このゲル化機構の鍵を握る水素結合の様子を観察するのに最も適している手法である赤外、ラマン分光法を用いて、官能基レベルでのゲル化に伴う水素結合の変化をとらえ、さらに赤外、ラマン分光測定と同時にあるいは同じ条件で小角X線散乱 (SAXS) 測定を行うことでゾル-ゲル転移に伴う分子鎖全体の構造変化と併せて解析する。ジェランガムの分子鎖がランダムコイル状態にあるときには、溶媒である水とOH基およびCOOH基との間で水素結合を形成していると考えられるが、温度の低下と共にジェランガム分子鎖が二重らせん構造を形成していく過程では、この水素結合が壊れていくものと考えられる。このときCOOH基周りの環境が変化することが期待されるので、赤外スペクトルに強い吸収帯を有するC=O基をマーカーとすることで、ゲル化に伴う水素結合の変化をとらえることができると考えられる。

また、赤外とラマン分光法は互いに相補的な情報を与えるので、両法の手法を用いることは、より詳細な情報を得る上で非常に有効である。特に、カルボキシル基がカルボキシラトを形成している場合には、赤外とラマンスペクトルには、それぞれ異なる波数位置に対称、逆対称伸縮のバンド (1440 および 1560 $\text{cm}^{-1}$  付近) が強く現れるので、両法の手法を併せ用いて解析することでより詳細な情報を得ることができる。また、ジェランガム分子鎖のOH基からの情報は、溶媒である水分子には無いOH変角振動によるバンド (1650 $\text{cm}^{-1}$  付近) を調べることで、ゾル-ゲル転移における水素結合の様子を観察することができる。さらに、ラマンスペクトルとSAXSの同時測定から、ゲル化に伴う官能基レベルでの水素結合や分子鎖のコンフォメーションの変化と秩序構造形成過程の両方を同時にとらえることを試みる。

### 3. 研究の方法

赤外分光法の温度変化測定により、ジェランガムのゲル化過程に伴う分子間・分子内水素結合と分子鎖全体のコンフォメーションの変化をとらえ、ゾル-ゲル転移による秩序構造形成過程の様子を、官能基レベルで調べた。

ナトリウムジェランガム (NaGG; 図1) 50 mg に 100 mM-NaCl 重水溶液を 1 mL 加え、1 時間膨潤させた。その後、沸騰水中に 1 時間入れて完全に溶解させ、0.08 mM-CaCl<sub>2</sub> 重水溶液を 1 mL 加え、25 mg / mL (2.5 %) の NaGG 重水溶液を調製した。カチオン変化については、NaCl 重水溶液の代わりに、LiCl, KCl, RbCl, CsCl 重水溶液をそれぞれ用いた。pH 調整 (pH = 2, 3, 4, 7, 10) については、1 M-HCl 重水溶液、1 M-NaOD 重水溶液をそれぞれ用いた。

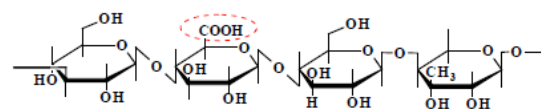


図1. Gellan Gum の構造式

赤外吸収スペクトル測定は、全反射吸収測定

法 (ATR 法) および透過法を用い、温度変化測定 (70 °C → 25 °C) によるジェランガムのゲル化過程を観測した。

#### 4. 研究成果

図 2 にジェランガム (pH 7) の赤外吸収スペクトルとその 2 次微分を示す。1079 cm<sup>-1</sup> にジェラン鎖の C-O-C 逆対称伸縮のバンド、1607 cm<sup>-1</sup> にゲル化の鍵を握る COO<sup>-</sup> 逆対称伸縮のバンドが観測された。

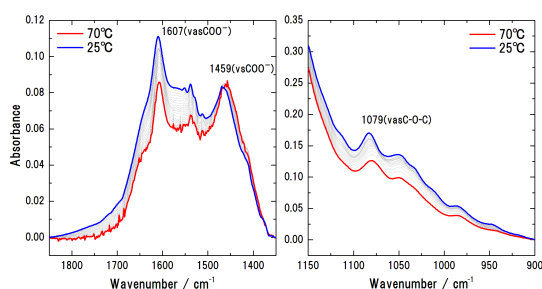


Fig.2 Temperature-dependent IR spectra of gellan gum (pH 7).

これらのバンドのピーク位置をプロットしたものを図 3 に示す。

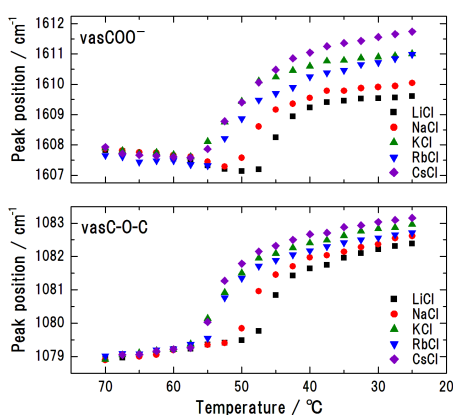


Fig.3 Plots of the wavenumber shift of C-O-C asymmetric stretching band and COO<sup>-</sup> asymmetric stretching band of gellan gum (pH 7) including different cations (Li<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Rb<sup>+</sup>, Cs<sup>+</sup>).

C-O-C 逆対称伸縮のバンドは、50 °C 付近で大きく高波数シフトを示した。これは、ジェランガムのコイル・ヘリックス転移によるものであると考えられる (図 4)。それと同時に、COO<sup>-</sup> 逆対称伸縮のバンドも高波数シフトを示した。COO<sup>-</sup> 基は水素結合部位であり、水

素結合が強くなれば低波数シフトを示す。さらに、ジェランガムはゲル化することで 2 重らせん内、2 重らせん同士の水素結合が強くなる (図 4)。したがって、COO<sup>-</sup> 逆対称伸縮のバンドの高波数シフトの要因は、これらとは別の要因、つまり COO<sup>-</sup> 基と溶媒である重水との水素結合が弱まったためであると推測できる。また、溶媒に加える 1 価のカチオンを変化させた場合では、イオン半径の大きいカチオンを用いた方が、より高温でコイル・ヘリックス転移が起こっており (図 3)、過去の報告と一致する。

また、ラマンスペクトル測定、小角 X 線散乱測定においても同様にゲル化過程を観測し、提唱されているゲル化モデルを支持する結果を得た。

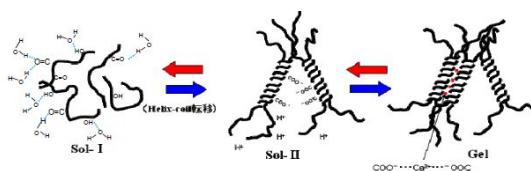


Fig.4 Gelation mechanism of gellan gum.

図 5 にジェランガムの pH 変化によるゲル化後の赤外吸収スペクトルを示す。どの pH の場合でも、COO<sup>-</sup> 逆対称伸縮のバンド (1609 cm<sup>-1</sup>) が観測され、さらに pH 2, 3 の場合では、1710 cm<sup>-1</sup> に C=O 伸縮のバンドが観測された。さらに、ゲル化後の状態 (Fig.6) を見ると、pH 2, 3 の場合ではゲルが白くなっていることから、C=O 基の存在がゲル化に大きく影響していることが示唆された。

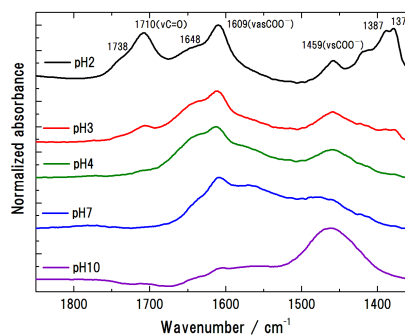


Fig.5 IR spectra in the C=O and COO<sup>-</sup> stretching band region of gellan gum (gel) with various pH values (pH2, 3, 4, 7, 10).

## 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 20 件)

1. Daitaro Ishikawa, Takashi Nishii, Fumiaki Mizuno, Harumi Sato, Sergei Kazarian, and Yukihiro Ozaki, "Potential of a Newly Developed High Speed Near-infrared (NIR) Camera (Compovision) in Polymer Industrial Analyses - Monitoring of Crystallinity and Crystal Evolution of Poly Lactic Acid (PLA) and Concentration of PLA in PLA/ Poly-(R)-3-hydroxybutyrate (PHB) Blend-", *Applied Spectroscopy*, **67**(12),1441-1446(2013). (査読有)
2. Hal Suzuki, Shinya Ishii, Harumi Sato, Shigeki Yamamoto, Yusuke Morisawa, Yukihiro Ozaki, Tetsuji Uchiyama, Chiko Otani and Hiromichi Hoshina, "Brill transition of nylon-6 characterized by low-frequency vibration through terahertz absorption spectroscopy", *Chemical Physics Letters* **575**, 36-39 (2013). (査読有)
3. Miriam Unger, Harumi Sato, Yukihiro Ozaki, Dieter Fischer, Heinz W. Siesler, "Temperature-Dependent Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Raman Mapping Spectroscopy of Phase-Separation in a Poly(3-hydroxybutyrate)-Poly(L-Lactic Acid) Blend", *Applied Spectroscopy*, **67**, 2, 141-147(2013). (査読有)
4. Hiromichi Hoshina, Shinya Ishii, Shigeki Yamamoto, Yusuke Morisawa, Harumi Sato, Tetsuji Uchiyama, Yukihiro Ozaki, and Chiko Otani, "Terahertz Spectroscopy in Polymer Research, "Assignment of Intermolecular Vibrational Modes and Structural Characterization of Poly(3-Hydroxybutyrate)", *IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology*, Vol.3, No.3, pp248-258(2013). (査読有)
5. Shigeki Yamamoto, Yusuke Morisawa, Harumi Sato, Hiromichi Hoshina, and Yukihiro Ozaki, "Quantum Mechanical Interpretation of Intermolecular Vibrational 2 Modes of Crystalline Poly-(R)-Hydroxybutyrate Observed in Low-Frequency Raman and Terahertz Spectra", *J. Phys. Chem. B*, **117**, 2180-2187 (2013). (査読有)
6. Toshiaki Suzuki, Xinlei Yan, Yasutaka Kitahama, Harumi Sato, Tamitake Itoh, Takeshi Miura, and Yukihiro Ozaki, "Tip-Enhanced Raman Spectroscopy Study of Local Interactions at the Interface of Styrene-Butadiene Rubber/Multiwalled Carbon Nanotube Nanocomposites", *J. Phys. Chem. C* **117**, 1436-1440(2013). (査読有)
7. Xinlei Yan, Tamitake Itoh, Yasutaka Kitahama, Toshiaki Suzuki, Harumi Sato, Takeshi Miyake, Yukihiro Ozaki, "A Raman Spectroscopy Study on Single Wall Carbon Nanotube/Polystyrene Nanocomposites: Mechanical Compression Transferred from the Polymer to Single-Wall Carbon Nanotubes" *J. Phys. Chem. C*, **116**, 17897-17903(2012). (査読有)
8. Yohei Ando, Harumi Sato, Hideyuki Shinzawa, Masami Okamoto, Isao Noda, Yukihiro Ozaki, "Isothermal melt crystallization behavior of neat poly(l-lactide) (PLLA) and PLLA/organically modified layered silicate (OMLS) nanocomposite studied by two-dimensional (2D) correlation spectroscopy, *Vibrational Spectroscopy* **60**, 158-162(2012). (査読有)
9. Nattaporn Suttiwijitpukdee, Harumi Sato, Miriam Unger, and Yukihiro Ozaki, "Effects of Hydrogen Bond Intermolecular Interactions on the Crystal Spherulite of Poly(3-hydroxybutyrate) and Cellulose Acetate Butyrate Blends: Studied by FT-IR and FT-NIR Imaging Spectroscopy", *Macromolecules*, **45** (6), 2738-2748 (2012). (査読有)
10. Harumi Sato, Nattaporn Suttiwijitpukdee, Takeji Hashimoto, and Yukihiro Ozaki, "Simultaneous Synchrotron SAXS/WAXD Study of Composition Fluctuations, Cold-Crystallization, and Melting in Biodegradable Polymer Blends of Cellulose Acetate Butyrate and Poly(3-hydroxybutyrate)", *Macromolecules*, **45** (6), 2783-2795 (2012). (査読有)
11. Xinlei Yan, Yasutaka Kitahama, Harumi Sato, Toshiaki Suzuki, Xiaoxia Han, Tamitake Itoh, Liliane Bokobza, Yukihiro Ozaki, "Laser Heating Effect on Raman Spectra of Styrene-Butadiene Rubber /Multiwalled Carbon Nanotube Nanocomposites", *Chemical Physics Letters*, **523**, 87-91 (2012). (査読有)
12. Hiromichi Hoshina, Shinya Ishii, Yusuke Morisawa, Harumi Sato, Isao Noda, Yukihiro Ozaki, Chiko Otani, "Isothermal Crystallization of Poly(3-hydroxybutyrate) Studied by Terahertz Two-Dimensional Correlation Spectroscopy", *Applied Physics Letters*, **100**, 011907-1-3 (2012). (査読有)
13. Xiaoli Sun, Longhai Guo, Harumi Sato, Yukihiro Ozaki, Shouke Yan, Isao Takahashi, "A study on the crystallization behavior of poly(beta-hydroxybutyrate) thin films on Si wafers", *Polymer*, **52**, 3865-3870(2012). (査読有)
14. Longhai Guo, Nicolas Spegazzini, Harumi Sato, Takeji Hashimoto, Hiroyasu Masunaga, Sono Sasaki, Masaki Takata, Yukihiro Ozaki, "Multistep Crystallization Process Involving Sequential Formations of Density Fluctuations, Intermediate Structures, and Lamellar Crystallites: Poly(3-hydroxybutyrate) As Investigated by Time-Resolved Synchrotron SAXS and WAXD" *Macromolecules*, **45**, 313-328 (2012). (査読有)
15. Harumi Sato, Yuriko Ando, Hiroshi Mitomo, Yukihiro Ozaki, "Infrared Spectroscopy and X-ray Diffraction Studies of Thermal Behavior and Lamella Structures of Poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) (P(HB-co-HV)) with PHB Type Crystal Structure and PHV Type Crystal Structure" *Macromolecules*, **44**, 2829-2837 (2011). (査読有)
16. Nattaporn Suttiwijitpukdee, Harumi Sato, Jianming Zhang, and Takeji Hashimoto, "Effects of Intermolecular Hydrogen Bondings on Isothermal Crystallization Behavior of Polymer Blends of Cellulose Acetate Butyrate and Poly(3-hydroxybutyrate)" *Macromolecules*, **44**, 3467-3477(2011). (査読有)
17. Longhai Guo, Harumi Sato, Takeji Hashimoto, Yukihiro Ozaki, "Thermally Induced Exchanges of Hydrogen Bonding Interactions and Their Effects on Phase Structures of Poly(3-hydroxybutyrate) and Poly(4-vinylphenol) Blends" *Macromolecules*, **44**, 2229-2239 (2011). (査読有)
18. Miriam Unger, Harumi Sato, Yukihiro Ozaki, Heinz W. Siesler, "Crystallization Behavior of Poly(3-hydroxybutyrate) (PHB), Poly( $\epsilon$ -caprolactone) (PCL) and Their Blend (50:50 wt.%) Studied by 2D FT-IR Correlation Spectroscopy", *Macromolecular Symposia*, **305**, 90-100 (2011). (査読有)
19. Nattaporn Suttiwijitpukdee, Harumi Sato,



- Jianming Zhang, Takeji Hashimoto, Yukihiro Ozaki, "Intermolecular Interactions and Crystallization Behaviors of Biodegradable Polymer Blends between poly(3-hydroxybutyrate) and Cellulose Acetate Butyrate Studied by DSC, FT-IR, and WAXD", *Polymer*, **52**, 461-471 (2011). (査読有)
20. Shin Tachibana, Yusuke Morisawa, Akifumi Ikehata, Harumi Sato, Noboru Higashi, and Yukihiro Ozaki, "Far-Ultraviolet Spectra of n-Alkanes and Branched Alkanes in the Liquid Phase Observed by an Attenuated Total Reflectance-Far Ultraviolet Spectrometer", *Applied Spectroscopy*, **65**, 221-226(2011). (査読有)
- [学会発表](計 39 件)
1. 低波数ラマン、テラヘルツ分光及び量子化学計算を用いたポリグリコール酸の分子間相互作用に関する研究, 宮田真衣, 佐藤春実, 山本茂樹, 保科宏道, 尾崎幸洋, テラヘルツ分光法の最先端, 日本分光学会, 2013年10月28日-29日, 京都大学 北部総合教育研究棟, 日本分光学会テラヘルツ分光部会
  2. 赤外、ラマン分光法と量子化学計算を用いたポリブチレンサクシネートの結晶構造と結晶相転移の研究, 野間翔太・佐藤春実・Kummetha Raghunatha Reddy・山本茂樹・宮田真衣・尾崎幸洋, 高分子討論会, 2013年9月11-13日, 金沢大学
  3. 振動分光法・X線回折法・量子力学計算を用いたポリグリコール酸の分子間相互作用と熱挙動に関する研究, 宮田真衣, 佐藤春実, 山本茂樹, Kummetha Raghunatha Reddy, 尾崎幸洋, 高分子討論会, 2013年9月11-13日, 金沢大学
  4. ポリヒドロキシブタン酸における弱い水素結合が結晶構造安定化と熱的挙動に果たす役割, 佐藤春実, 門屋直人, 尾崎幸洋, 平成25年度繊維学会秋季研究発表会, 2013年9月5-6日, 豊田工業大学
  5. 振動分光法および量子化学計算を用いたポリブチレンサクシネートの延伸による結晶相転移の研究, 野間翔太, 佐藤春実, 山本茂樹, Kummetha Raghunatha Reddy, 尾崎幸洋, 平成25年度繊維学会秋季研究発表会, 2013年9月5-6日, 豊田工業大学
  6. Crystal Structures and Thermal Behavior of Polyhydroxyalkanoates Studied by Infrared Spectroscopy and Wide Angle X-ray Diffraction, H. Sato, Y. Ozaki, Seventh International Conference on Advanced Vibrational Spectroscopy (ICAVS-7), 25-30 August, 2013, Kobe Convention Center, Japan.
  7. Isothermal Crystallization of Poly(3-hydroxybutyrate) and Cellulose Acetate Butyrate Blends studied by IR and NIR Imaging, H. Sato, N. Suttiwijitpukdee, M. Unger, Y. Ozaki, Seventh International Conference on Advanced Vibrational Spectroscopy (ICAVS-7), 25-30 August, 2013, Kobe Convention Center, Japan.
  8. Gelation Mechanism of Gellan Gum Studied By Infrared Spectroscopy, F. Nishimura, T. Sakiyama, H. Sato, Kenji Kubota, Y. Ozaki, Seventh International Conference on Advanced Vibrational Spectroscopy (ICAVS-7), 25-30 August, 2013, Kobe Convention Center, Japan.
  9. Crystal Structures and Thermal Behavior of Low Molecular Weight Poly(3-Hydroxybutyrate) Studied by Infrared Spectroscopy and Wide Angle X-Ray Diffraction, N. Kadoya, H. Sato, Y. Ozaki, Seventh International Conference on Advanced Vibrational Spectroscopy (ICAVS-7), 25-30 August, 2013, Kobe Convention Center, Japan.
  10. Crystalline structure and thermal behavior of poly(butylene succinate) studied by Raman spectroscopy and quantum chemical calculations, S. Noma, H. Sato, K. R. Reddy, S. Yamamoto, Y. Ozaki, 19th European Symposium on Polymer Spectroscopy (ESOPS19), Prague, 12 - 13 July 2013.
  11. Gelation mechanism of gellan gum studied by infrared and Raman spectroscopy, H. Sato, T. Sakiyama, K. Kubota, Y. Ozaki, 19th European Symposium on Polymer Spectroscopy (ESOPS19), Prague, 12 - 13 July 2013.
  12. Intermolecular Interactions of Polyglycolic acid Studied by Vibrational Spectroscopy, Wide Angle X-ray Diffraction, and Quantum Chemical Calculation, H. Sato, M. Miyada, S. Yamamoto, Y. Ozaki, 19th European Symposium on Polymer Spectroscopy (ESOPS19), Prague, 12 - 13 July 2013.
  13. Intermolecular vibrational modes of crystalline poly-(R)-3-hydroxybutyrate, S. Yamamoto, Y. Morisawa, H. Sato, H. Hoshina, Y. Ozaki, 19th European Symposium on Polymer Spectroscopy (ESOPS19), Prague, 12 - 13 July 2013.
  14. Role of Hydrogen Bonding of Poly(3-hydroxybutyrate) Studied by Infrared Spectroscopy and Wide Angle X-ray Diffraction, H. Sato, The 3rd discussion meeting on advanced Polymer, 青島八大賓館, June 2-3, 2013, Qingdao, China.
  15. 低波数ラマンと量子力学計算を用いたポリグリコール酸の分子間相互作用に関する研究, 宮田真衣, 佐藤春実, 山本茂樹, Kummetha Raghunatha Reddy, 尾崎幸洋, 高分子学会年次大会, 2013年5月29-31日, 京都国際会議場
  16. FT-IRおよびFT-NIRイメージング分光法によるポリヒドロキシブタン酸/セルロース誘導体の球晶における水素結合の影響, 佐藤春実, Suttiwijitpukdee Nattaporn, 尾崎幸洋, 高分子学会年次大会, 2013年5月29-31日, 京都国際会議場
  17. 赤外ラマン分光法及び量子化学計算によるポリブチレンサクシネート(PBS)の結晶構造と熱挙動の研究, 野間翔太, 佐藤春実, Kummetha Raghunatha Reddy, 山本茂樹, 宮田真衣, 尾崎幸洋, 高分子学会年次大会, 2013年5月29-31日, 京都国際会議場
  18. Simultaneous Synchrotron SAXS/WAXD Study of Composition Fluctuations, Cold-Crystallization, and Melting in Biodegradable Polymer Blends of Cellulose Acetate Butyrate and Poly(3-hydroxybutyrate) H. Sato, N. Suttiwijitpukdee, T. Hashimoto, Y. Ozaki, The 9th SPSJ International Polymer Conference (IPC2012) December 11-14, 2012, Kobe, JAPAN.
  19. FT-IR and FT-NIR Imaging Spectroscopy Studies on Effects of Hydrogen Bond Intermolecular Interactions of Poly(3-hydroxybutyrate) and Cellulose Acetate Butyrate Blends, H. Sato, N.

- Suttiwijitpukdee, M. Unger, Y. Ozaki, The 9th SPSJ International Polymer Conference (IPC2012) December 11-14, 2012, Kobe, JAPAN.
20. Gelation Mechanism and Hydrogen Bonding Behavior of Gellan Gum Studied by Vibrational Spectroscopy and Small Angle X-ray Scattering T. Sakiyama, H. Sato, K. Kubota, Y. Ozaki, The 9th SPSJ International Polymer Conference (IPC2012) December 11-14, 2012, Kobe, JAPAN.
  21. 「生分解性ポリエステル」の結晶構造と分子間相互作用」佐藤春実, 名工大一産総研F.S・名大一産総研F.S合同セミナー「グリーンポリマーにおける機能の高度化と評価・解析技術に関する最近の動向」2012年12月, 産業技術総合研究所中部センター
  22. SAXS/WAXD Study of Composition Fluctuations, Cold-Crystallization, and Melting in Cellulose Acetate Butyrate and Poly(3-hydroxybutyrate) blends, H. Sato, N. Suttiwijitpukdee, T. Hashimoto, Y. Ozaki, 第61回高分子討論会, 名古屋工業大学 2012年9月19-21日
  23. 振動分光法および小角X線散乱法を用いたジェランガムのゲル化過程に関する研究, 崎山貴文, 佐藤春実, 窪田健二, 尾崎幸洋, 第61回高分子討論会, 名古屋工業大学 2012年9月19-21日
  24. 振動分光法で生分解性高分子の構造と相互作用を探る, 佐藤春実, 白樺夏季大学, 2012年8月24-26日, 関東甲信越地区国立大学草津セミナーハウス
  25. ジェランガムのゲル化におけるpHの影響, 崎山貴文・佐藤春実, 窪田健二, 尾崎幸洋, 第58回高分子研究発表会(神戸), 兵庫県民会館, 2012年7月13日
  26. 赤外分光法とX線回折法によるポリグリコール酸の結晶構造と熱挙動に関する研究, 宮田真衣・佐藤春実, 尾崎幸洋, 第61回高分子学会年次大会, パシフィコ横浜, 2012年5月29-31日
  27. ジェランガムのゲル化におけるpHの影響, 崎山貴文・佐藤春実, 尾崎幸洋, 窪田健二, 第61回高分子学会年次大会, パシフィコ横浜, 2012年5月29-31日
  28. 赤外分光法を用いたP(MMA-co-MA)における水素結合とその熱挙動の研究, 佐藤春実, 下村佳子, 尾崎幸洋, 第61回高分子学会年次大会, パシフィコ横浜, 2012年5月29-31日
  29. 時間分解小角・広角X線散乱測定によるポリヒドロキシブタン酸の結晶化過程の研究, 佐藤春実, Guo Longhai, Spegazzini Nicolas, 尾崎幸洋, 橋本竹治, 増永啓康, 高田昌樹, 佐々木園, 第61回高分子学会年次大会, パシフィコ横浜, 2012年5月29-31日
  30. Crystal Structures and Thermal Behavior of Poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) Studied by Infrared Spectroscopy and Wide Angle X-ray Diffraction, H. Sato, Y. Ozaki, 11<sup>th</sup> European Symposium on Polymer Blends, Donostia - San Sebastian, Spain, Mar. 25-28, 2012.
  31. Infrared Spectroscopy and Wide Angle X-ray Diffraction studies of Crystal Structures and Thermal Behavior of Poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate), H. Sato, Y. Ozaki, The 12th Pacific Polymer Conference (PPC12), The Shilla Hotel, Jeju, Korea, Nov. 13-17, 2011.
  32. Time-Resolved Synchrotron SAXS and WAXD Studies on Morphological Evolutions of Poly(3-hydroxybutyrate) during Isothermal Crystallization, Y. Ozaki, L. Guo, N. Spegazzini, H. Sato, T. Hashimoto, H. Masunaga, S. Sasaki, M. Takata, The 12th Pacific Polymer Conference (PPC12), The Shilla Hotel, Jeju, Korea, Nov. 13-17, 2011.
  33. Inter- and Intramolecular Hydrogen Bonding Change by Structural Formation of Gellan Gum studied by Vibrational Spectroscopy, T. Sakiyama, H. Sato, K. Kubota, Y. Ozaki, The 12th Pacific Polymer Conference (PPC12), The Shilla Hotel, Jeju, Korea, Nov. 13-17, 2011.
  34. 時間分解SAXS/WAXDによるポリヒドロキシブタン酸の結晶化初期過程の研究, 佐藤春実, 第1回FSBL研究発表会, 大阪国際会議場, 2011年11月8日
  35. ポリヒドロキシアルカン酸の結晶構造形成における弱い水素結合の役割, 佐藤春実, 尾崎幸洋, 第60回高分子討論会, 岡山大学, 2011年9月28-30日(依頼講演)
  36. 振動分光法を用いたジェランガムの構造形成と分子間・分子内水素結合の変化に関する研究, 崎山貴文, 佐藤春実, 窪田健二, 尾崎幸洋, 第60回高分子討論会, 岡山大学, 2011年9月28-30日
  37. Raman Spectra of Styrene-Butadiene Rubber/Multiwall Carbon Nanotubes Nanocomposites, H. Sato, X. Yan, Y. Kitahama, T. Itoh, T. Suzuki, L. Bokobza, Y. Ozaki, Sixth International Conference on Advanced Vibrational Spectroscopy (ICAVS-6), June 12-17, 2011.
  38. Thermal Behavior and Lamella Structures of Poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) (P(HB-co-HV)) Studied by Infrared Spectroscopy, H. Sato, Y. Ozaki, Sixth International Conference on Advanced Vibrational Spectroscopy (ICAVS-6), June 12-17, 2011.
  39. 赤外分光法によるジェランガムのゲル化に伴う分子間・分子内水素結合の変化に関する研究, 崎山貴文, 佐藤春実, 尾崎幸洋, 窪田健二, 第60回高分子学会年次大会, 大阪国際会議場, 2011年5月25-27日
- 〔図書〕(計 0 件)
- 〔産業財産権〕  
出願状況(計 0 件)
- 取得状況(計 0 件)
- 〔その他〕  
ホームページ等
6. 研究組織
- (1)研究代表者 佐藤 春実 (Harumi Sato)  
神戸大学・人間発達環境学研究所・准教授  
研究者番号: 10288558
  - (2)研究分担者 窪田 健二 (Kenji Kubota)  
群馬大学・理工学研究科・教授  
研究者番号: 40153332
  - (3)連携研究者 尾崎 幸洋 (Yukihiro Ozaki)  
関西学院大学・理工学部・教授  
研究者番号: 00147290