

令和元年5月13日現在

機関番号：24506

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K14008

研究課題名(和文) 光による電荷バランスの変化に基づくベシクルの崩壊

研究課題名(英文) Disruption of vesicles via change of charge balance upon light irradiation

研究代表者

遊佐 真一 (Yusa, Shin-ichi)

兵庫県立大学・工学研究科・准教授

研究者番号：00301432

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：側鎖に親水性のホスホリルコリン基を含む高分子(PMPC)ブロックと、カチオンおよびアニオン性ブロックからなる反対電荷のジブロック共重合体を、水中で電荷を中和して混合すると、ポリイオンコンプレックス(PIC)ベシクルを生じる。PICベシクルは電荷バランスが崩れると崩壊する。またPMPCと光で側鎖が分解するポリマー(PNBM)からなるジブロック共重合体を作製した。このポリマーに光を照射すると、PNBM側鎖が脱離して、アニオン性のポリメタクリレートを生じた。PNBMをアニオン性ブロックに用いてPICベシクルを作製すると、光で電荷バランスを崩し、PICベシクルが崩壊すると考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

反対電荷のジブロック共重合体を、電荷を中和するように混合すると、PICベシクルを形成する。PICベシクルは電荷のバランスがずれると崩壊する。PNBMは、光照射で側鎖の分解に伴い、アニオン性ポリマーに変化する。したがって、PNBMを含むアニオン性ポリマーを用いて、PICベシクルを作製すると、光に反応してアニオンの電荷が増加するため、電荷バランスが崩れてPICベシクルは崩壊する。PICベシクルの空孔内部に親水性のゲスト分子を取り込ませておくと、光に反応した制御放出を行えると期待される。このような光応答PICベシクルは、ドラッグデリバリーシステム(DDS)における新規なキャリアとして利用できる。

研究成果の概要(英文)：Oppositely charged diblock copolymers composed of biocompatible hydrophilic polymer (PMPC) containing pendant phosphorylcholine groups and cationic/anionic polymers are mixed with neutralized to form polyion complex (PIC) vesicles in aqueous solution. The PIC vesicles collapsed due to charge unbalance. Diblock copolymers (PMPC-PNBM) composed of PMPC and poly(o-nitrobenzyl methacrylate) (PNBM) was also prepared. The pendant group in the PNBM block can be decomposed upon light irradiation to generate anionic polymethacrylate. When PNBM is used as an anionic block to prepare PIC vesicles, the PIC vesicles can release encapsulated hydrophilic guest molecules upon light irradiation because of charge unbalance to generate methacrylate anions.

研究分野：高分子合成

キーワード：高分子ミセル 静電相互作用 ブロック共重合体 包接錯体 光異性化 ベシクル 刺激応答 水溶性高分子

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

これまでに申請者は生体膜を形成するリン脂質の親水部と同じ構造で、双性イオンのホスホリルコリン基を側鎖結合したブロックであるポリ(2-メタクリロイロキシエチルホスホリルコリン)(PMPC)に対して、反対電荷を持つイオン性ブロックのポリ(メタクリルアミドプロピルトリメチルアンモニウムクロライド)(PMAPTAC)またはポリ(アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸ナトリウム)(PAMPS)の重合度が20対200のジブロック共重合体(P20M200とP20A200)を合成した。水中で両者の電荷を打消すように混合することで、PICベシクルの作製に成功した(*J. Mater. Chem. B*, **2015**, 3, 5523.)。このPICベシクルは、カチオン性のP20M200と、アニオン性のP20A200の電荷を中和するように、等モル混合したときに、会合体のサイズと散乱光強度が最大となった。つまり、PICベシクルの形成には、混合する反対電荷のポリマーの電荷バランスが重要な因子となる。

光に応答して、電荷の増減が変化する官能基を、PICを形成する反対電荷を持つポリマー鎖中に導入することができれば、光によりポリマー中の電荷の数を制御することができる。つまり、このような系ではPICベシクルの水溶液に光を照射することで、電荷のバランスが崩れるため、PICベシクルが崩壊すると予想される。したがって、PICベシクルへの光照射により内包ゲスト分子を制御放出できると期待される。

2. 研究の目的

本研究の目的は次の通りである。

- (1) 反対電荷のジブロック共重合体によりPICベシクルを形成する
- (2) 光で電荷の量が変化するポリマーの合成
- (3) 光でPICベシクルの電荷バランスを崩すことにより、内包していたゲスト分子を制御放出する。

3. 研究の方法

研究目的の(1)を達成するために、図1に示すポリマーの合成を行った。まず水溶性で生体適合性のMPCの可逆的付加-開裂連鎖移動(RAFT)型制御ラジカル重合を行うことで、PMPCマクロ連鎖移動剤を作製した。PMPCマクロ連鎖移動剤を用いてカチオン性のMAPTACおよびアニオン性のAMPSのRAFT重合を、それぞれ行うことにより、反対電荷を持つジブロック共重合体のP20M200とP20A200を合成した。次にこれらのジブロック共重合体を、水中で電荷を中和するように混合することで、ポリイオンコンプレックス(PIC)ベシクルを形成することを、動的分散(DLS)測定による流体力学的半径( $R_h$ )の変化と、散乱光強度の変化から調べた。

研究目的の(2)を達成するために、光照射によって疎水性のニトロベンジル基が親水性のカルボン酸に変化することに注目し、疎水性の*o*-ニトロベンジルメタクリレート(NBM)を使用した。PMPCマクロ連鎖移動剤を使用して、NBMをRAFT重合することで、光応答性の両親媒性ジブロック共重合体(PMPC-PNBM)を合成した。このポリマーは水中でPNBMブロックが疎水性なため、コア-シェル型の球状の高分子ミセルを形成した。このミセルに光を照射すると、NBM側鎖の光開裂が起こり、側鎖が親水性のカルボキシレート基となるため、アニオン性の水溶性ポリマーに変化する。光照射により側鎖が開裂して、負電荷が増加することを、可視紫外吸収スペクトルで調べた。

側鎖に*o*-ニトロベンジル基を含むポリマーを用いて、PICベシクルを作製すると、光照射によりアニオンが増加して電荷バランスが崩れるため、ベシクル構造を崩壊できると期待される。

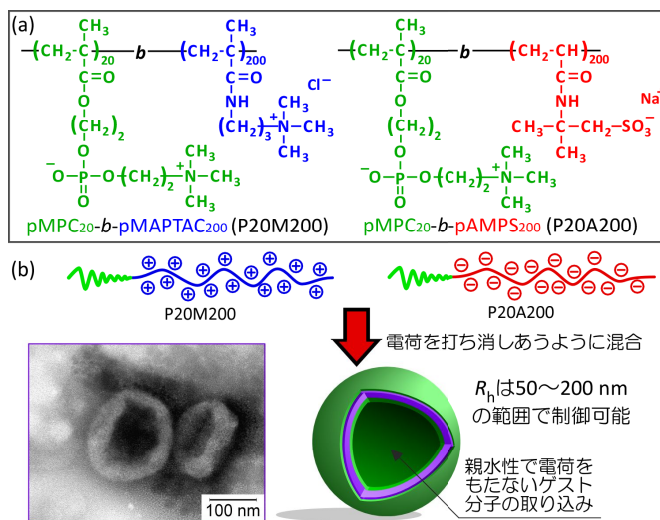


図1 (a)ジブロック共重合体の化学構造と、(b)PICベシクルのTEM画像と概念図。

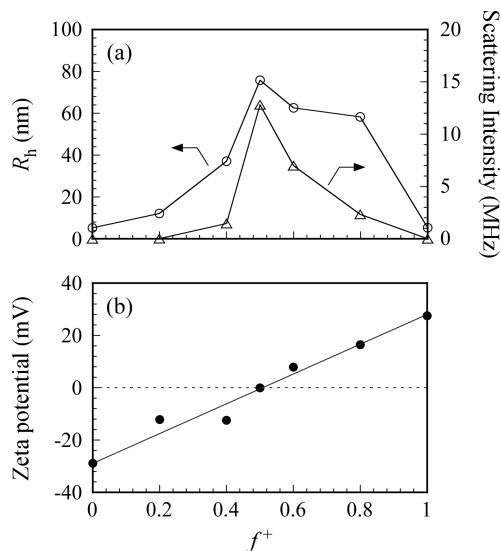


図2 (a) P20M200とP20A200を水中で混合したときの流体力学的半径( $R_h$ , ○)および散乱光強度(△)の混合比( $f^+ = [\text{MAPTAC}]/([\text{MAPTAC}] + [\text{AMPS}])$ )に対するプロット。(b)  $f^+$ に対するゼータ電位の変化。

#### 4. 研究成果

RAFT 重合で作製したカチオン性の P20M200 と、アニオン性の P20A200 の分子量分布がゼマイことをゲルパーミエーションクロマトグラフィー (GPC) 測定により確認した。また、各ブロック共重合体の組成を核磁気共鳴 (NMR) スペクトル測定から確認した。

混合前の水中での P20M200 と P20A200 の  $R_h$  は、どちらも会合しないため 5 nm 程度の小さな値を示した。これら反対電荷の P20M200 と P20A200 を、電荷を中和するように等量混合すると、 $R_h$  は約 80 nm に増加した (図 2)。ここで P20M200 と P20A200 の混合の割合 ( $f^*$ ) を次の式のように定義する。

$$f^* = [\text{MAPTAC}] / ([\text{MAPTAC}] + [\text{AMPS}])$$

$f^* = 0$  のときは、P20A200 のみの溶液であることを示し、 $f^* = 1$  のときは、P20M200 のみの溶液であることを示す。 $f^* = 0.5$  のときは、ゼータ電位もゼロに近い値となったため、完全に両者のポリマーの電荷は中和されている。 $R_h$  および散乱光強度は  $f^* = 0.5$  のときに最大値を示したので、電荷を中和するように混合することが、PIC ベシクルの形成に重要であることがわかった。さらに  $f^*$  が 0.5 からずれた場合に、どのような会合体が形成されるのかを確かめるために、さまざまな  $f^*$  での、透過型電子顕微鏡 (TEM) 観察を行った (図 3)。アニオン性ポリマーが過剰な状態の  $f^*$  が 0.4 以下になるとベシクル構造が崩壊することを確認した。さらに、カチオン性ポリマーが過剰な状態の  $f^* = 0.8$  ではベシクル構造が維持されていたが、それ以上の値になるとベシクルは崩壊した。したがって、反対電荷のポリマーを等量混合して、電荷を中和したときは、ベシクルを形成するが、混合するポリマーの比率をずらして、電荷バランスが、ずれたときに PIC ベシクルが崩壊することを確認できた。光で電荷バランスを変えることができれば、ベシクルの空孔内部に取り込んだゲスト分子を制御放出できると期待される。

PMPC-PNBM を RAFT 型制御ラジカル重合で合成した。PNBM は光を吸収すると、側鎖の *o*-トロペンジル基が脱離して、可視-紫外吸収スペクトルが変化することが知られている。そこで、得られたジブロック共重合体を水に溶解して、光を照射したときの可視-紫外吸収スペクトルの変化を測定した (図 4)。照射時間の増加に伴い、268 nm のピーク強度は減少して、309 nm のピーク強度は増加した。この挙動は光照射による側鎖の、*o*-トロペンジル基の脱離を示唆する。

以上の結果から PIC ベシクルでは、電荷バランスを中和することで、サイズが大きくなり、電荷のバランスがずれると、ベシクルが崩壊することを確認した。また、PNBM は光を照射することにより、側鎖の分解により、負電荷が増大することがわかった。今後これらの実験結果を組み合わせることにより、本研究の最終目的である光照射で、電荷バランスを崩すことで PIC ベシクルを崩壊して、内包ゲスト分子を制御放出可能になると期待される。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 7 3 件)

H. Qutaish, S. Tanaka, Y. V. Kaneti, J. Lin, Y. Bando, A. A. Alshehri, S. Yusa, Y. Yamauchi, M. S. A. Hossain, J. Kim, Soft-templated synthesis of mesoporous nickel oxide using poly (styrene-*block*-acrylic acid-*block*-ethylene glycol) block copolymers, *Microporous and Mesoporous Material*, 審査有, 271 (2018) 16-22 (DOI: 10.1016/j.micromeso.2018.05.015)

R. Kawatani, Y. Kawata, S. Yusa, M.A. Kelland, H. Ajiro, Synthesis of Thermosensitive Poly(*N*-vinylamide) Derivatives Bearing Oligo Ethylene Glycol Chain for Kinetic Hydrate Inhibitor, *Macromolecules*, 審査有, 51 (2018), 7845-7852 (DOI: 10.1021/acs.macromol.8b01573)

C. M. Phan, S. Yusa, T. Honda, K. K. Sharker, A. E. Hyde, C. V. Nguyen, Micelle and Surface

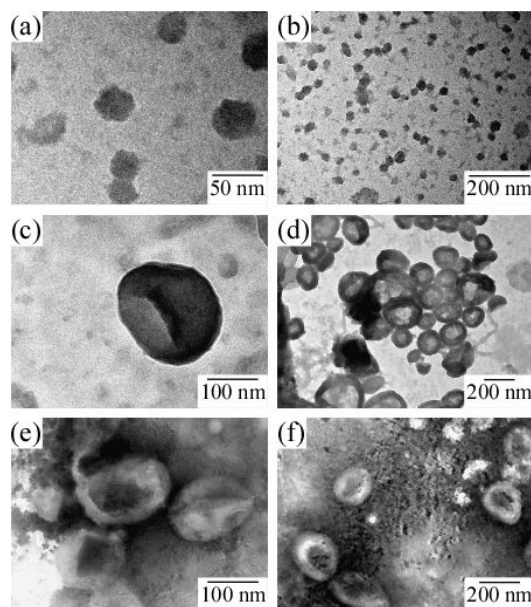


図 3 P20M200 と P20A200 を水中で混合したときの各  $f^*$  での透過型電子顕微鏡観察:  $f^* = 0.4$  (a, b),  $0.6$  (c, d),  $0.8$  (e, f)。

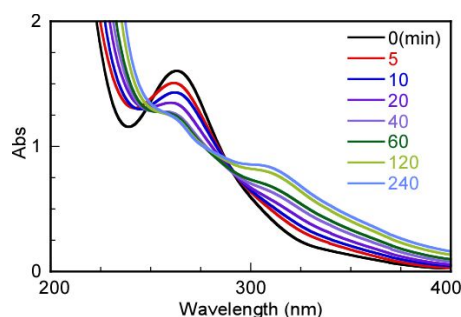


図 4 PMPC-PNBM 水溶液への光照射時間に対する吸収スペクトルの変化。

- Tension of Double-Chain Cationic Surfactants, *ACS Omega*, 審査有, 3 (2018), 10907-10911 (DOI: 10.1021/acsomega.8b01667)
- A. E. Hyde, C. M. Phan, S. Yusa, Dynamic interfacial tension of nonanoic acid/hexadecane/water system in response to pH adjustment, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 審査有, 553 (2018) 562-568 (DOI: 10.1016/j.colsurfa.2018.06.002)
- B. Kalaska, K. Kamiński, J. Miklosz, K. Nakai, S. Yusa, D. Pawlak, M. Nowakowska, A. Mogielnicki, K. Szczubiałka, Anticoagulant properties of poly(sodium 2-(acrylamido)-2-methylpropanesulfonate)-based di- and triblock polymers, *Biomacromolecules*, 審査有, 19 (2018) 3104-3118 (DOI: 10.1021/acs.biomac.8b00691)
- R. Takahashi, T. Narayanan, S. Yusa, T. Sato, Kinetics of Morphological Transition between Cylindrical and Spherical Micelles in a Mixture of Anionic–Neutral and Cationic–Neutral Block Copolymers Studied by Time-Resolved SAXS and USAXS, *Macromolecules*, 審査有, 51 (2018) 3654-3662 (DOI: 10.1021/acs.macromol.8b00101)
- H. Imoto, R. Katoh, T. Honda, S. Yusa, K. Naka, Self-association behavior of amphiphilic molecules based on incompletely condensed cage silsesquioxanes and poly(ethylene glycol)s, *Polymer Journal*, 審査有, 50 (2018) 337-345 (DOI: 10.1038/s41428-017-0021-7)
- K. Itsuki, Y. Kawata, K. K. Sharker, S. Yusa, Ultrasound-and Thermo-Responsive Ionic Liquid Polymers, *Polymers*, 審査有, 10 (2018) 301 (DOI: 10.3390/polym10030301)
- G. Shi, S. B. Trisnanto, K. Nakai, S. Yusa, T. Yamada, S. Ota, Y. Takemura, Evaluation of dispersibility in liquid and AC magnetization properties of polyion complex-coupled magnetic nanoparticles, *Journal of the Magnetics Society of Japan*, 審査有, 42 (2018) 41-48 (DOI: 10.3379/msjmag.1803R007)
- T. Honda, A. Nakao, K. Ishihara, Y. Higaki, K. Higaki, A. Takahara, Y. Iwasaki, S. Yusa, Polymer coating glass to improve the protein antifouling effect, *Polymer Journal*, 審査有, 50 (2018) 381-388 (DOI: 10.1038/s41428-018-0026-x)
- R. Nakahata, S. Yusa, Preparation of Water-soluble Polyion Complex (PIC) Micelles Covered with Amphoteric Random Copolymer Shells with Pendant Sulfonate and Quaternary Amino Groups, *Polymers*, 審査有, 10 (2018) 205 (DOI: 10.3390/polym10020205)
- M. Ito, K. Takano, H. Hanochi, S. Yusa, Y. Nakamura, S. Fujii, pH-Responsive aqueous bubbles stabilized with polymer particles carrying poly(4-vinylpyridine) colloidal stabilizer, *Frontiers in Chemistry*, 審査有, 6 (2018) 269 (DOI: 10.3389/fchem.2018.00269)
- S. Tanaka, J. Lin, Y. V. Kaneti, S. Yusa, Y. Jikihara, T. Nakayama, M. B. Zakaria, A. A. Alshehri, J. You, M. S. A. Hossain, Y. Yamauchi, Gold nanoparticles supported on mesoporous iron oxide for enhanced CO oxidation reaction, *Nanoscale*, 審査有, 10 (2018) 4779-4785 (DOI: 10.1039/C7NR08895G)
- H. Matsuoka, S. Moriya, S. Yusa, Fundamental properties, self-assembling behavior, and their temperature and salt responsivity of ionic amphiphilic diblock copolymer having poly(*N*-isopropylacrylamide) in aqueous solution, *Colloid and Polymer Science*, 審査有, 296 (2018) 77-88 (DOI: 10.1007/s00396-017-4217-3)
- A. Hyde, S. Fujii, K. Sakurai, C. Phan, S. Yusa, Concentration-dependent aggregation behavior of asymmetric cationic surfactant hexyldimethyloctylammonium bromide, *Chem. Lett.* 審査有, 46 (2017) 271-273 (DOI:10.1246/cl.161007)
- R. Nakahata, S. Yusa, Solution properties of amphoteric random copolymers bearing pendant sulfonate and quaternary ammonium groups with controlled structures, *Langmuir*, 審査有, 35 (2019) 1690-1698 (DOI: 10.1021/acs.langmuir.7b03785)
- S. H. Voon, C. S. Kue, T. Imae, W. S. Saw, H. B. Lee, L. V. Kiew, L. Y. Chung, S. Yusa, Doxorubicin-loaded micelles of amphiphilic diblock copolymer with pendant dendron improve antitumor efficacy: In vitro and in vivo studies, *International journal of pharmaceuticals*, 審査有, 534 (2017) 136-143 (DOI: 10.1016/j.ijpharm.2017.10.023)
- K. Shiraishi, S. Yusa, M. Ito, K. Nakai, M. Yokoyama, Photo Irradiation-Induced Core Crosslinked Poly(ethylene glycol)-*block*-poly(aspartic acid) Micelles: Optimization of Block Copolymer Synthesis and Characterization of Core Crosslinked Micelles, *Polymers*, 審査有, 9 (2017) 710 (DOI: 10.3390/polym9120710)
- N. Shibayama, H. Kanda, S. Yusa, S. Fukumoto, A. K. Baranwal, H. Segawa, T. Miyasaka, S. Ito, *Nano Convergence*, All-inorganic inverse perovskite solar cells using zinc oxide nanocolloids on spin coated perovskite layer, 審査有, 4 (2017) 18 (DOI: 10.1186/s40580-017-0113-2)
- S. Tanaka, Y. V. Kaneti, R. Bhattacharjee, M. N. Islam, R. Nakahata, N. Abdullah, S. Yusa, N. Nguyen, M. J. A. Shiddiky, M. S. A. Hossain, Y. Yamauchi, Mesoporous Iron Oxide Synthesized Using Poly(styrene-*b*-acrylic acid-*b*-ethylene glycol) Block Copolymer Micelles as Templates for Colorimetric and Electrochemical Detection of Glucose, *ACS Applied Materials & Interfaces*, 審査有, 10 (2018) 1039–1049 (DOI: 10.1021/acsami.7b13835)

S. Yusa, R. Nakahata, Formation of Polyion Complex (PIC) Micelles Covered with Amphoteric Random Copolymer Shells, IACIS2018 (Rotterdam, the Netherlands), 21-25, May. 2018, Oral.

S. Yusa, Preparation of Amphoteric Random Copolymers and Their Application, International Conference on Advanced Polymers, Biomaterials and Nanomedicine Meeting 2018, Hilton Resorts and SPA (Mauritius), 4-7, Aug. 2018, Oral

S. Yusa, T. Honda, A. Nakao, K. Ishihara, Y. Higaki, K. Higaki, A. Takahara, Y. Iwasaki, Antifouling Polymer Coating on Glass, LFM 2018, NTUST (Taipei, Taiwan), 14-16, May. 2018, Oral

S. Kozuka, K. Kuroda, K. Ishihara, S. Yusa, Controlled Nanostructures of Amphiphilic Diblock Copolymers with Pendant Siloxane and Phosphorylcholine Group, LFM 2018, NTUST (Taipei, Taiwan), 14-16, May. 2018, Oral

K. K. Sharker, Y. Ohara, S. Yusuke, S. Yusa, Thermo-Responsive Behavior of Random Copolymers Bearing Anionic and Cationic Pendants with Well Controlled Structure, The 12th SPSJ International Polymer Conference (IPC2018), International Conference Center Hiroshima (Hiroshima), 4-7, Dec. 2018, Oral

遊佐真一、pH-responsive polyion complex (PIC) vesicles (招待講演) 第69回コロイドおよび界面化学討論会、筑波大学筑波キャンパス(茨城県)平成30年9月18~20日(2018) 口頭

S. Yusa, R. Nakahata, Y. Kawata, Solution Property of Copolymers Composed of Cationic and Anionic Monomers (Invited lecture), IUMRS-ICAM 2017, Kyoto University, Kyoto (Japan), 27th, Aug-1st Sep. 2017, Oral

S. Kozuka, S. Yusa, Preparation of Templates for Producing Titania Hollow Particles via Polymerization-induced Self-assembly (PISA), IUMRS-ICAM 2017, Kyoto University, Kyoto (Japan), 27th, Aug-1st Sep. 2017, Poster

S. Yusa, K. Nakai, K. Ishihara, Giant Polyion Complex Vesicles (Invited lecture), ASAM6, Hoa Binh hotel, Hanoi (Vietnam), 27th-30th, Sep. 2017, Oral

Y. Ohara, K. Nakai, K. Ishihara, S. Yusa, Preparation of pH-Responsive Nanocapsules by Oppositely Charged Polymers (Best Poster Award), ASAM6, Hoa Binh hotel, Hanoi (Vietnam), 27th-30th, Sep. 2017, Poster

S. Yusa, K. Nakai, K. Ishihara, Polyion Complex Vesicles with Surface Phosphorylcholine Groups (Invited lecture), ISNSC9, the Università di Napoli Federico II, Napoli (Italia), 4-7th, Sep. 2017, Oral

S. Yusa, Polyampholyte bearing Pendant Sulfonate and Quaternary Amino Groups (Invited lecture), ICBZM2017, the University of Tokyo, Tokyo (Japan), 18-20th, Oct. 2017, Oral

Y. Ohara, K. Ishihara, S. Yusa, Self-assembly of Polyion Complex Vesicles and Collapse the vesicles by changing pH, ICBZM2017, the University of Tokyo, Tokyo (Japan), 18-20th, Oct. 2017, Poster

R. Komatsu, S. Kobayashi, K. Ando, Y. Iwasaki, S. Yusa, K. Morigaki, Fabricating a nanometric gap junction by attaching a patterned lipid bilayer with PDMS via polymeric materials, TethMem 2017, Schloß Schönbrunn, Vienna (Austria), 7-9th, Aug. 2017, Poster

S. Yusa, Thermo-responsive Polyion Complex Micelles (Invited Lecture), Energy Materials Nanotechnology, EMN Croatia Meeting, Dubrovnik (Croatia), 4-7, May 2016, Oral

S. Yusa, Water-soluble Thermo-Responsive Diblock Copolymer Prepared via Organotellurium-Mediated Controlled Radical Polymerization (TERP) (Invited Lecture), International Nanomedicine Conference, Hilton Mauritius Resorts & SPA (Mauritius), 1-4, Aug. 2016, Oral

S. Yusa, Water-soluble Nanoaggregates Formed by Electrostatic Interactions, The 6th Annual World Congress of Nano Science and Technology-2016 (Nano S&T-2016) in Holiday Inn Singapore Atrium, Singapore, October 26-28, 2016, Oral

C. V. Nguyen, S. Yusa, C. M. Phan, Stabilization of aqueous thin film with a photo-responsive surfactant, 8th International Workshop on Advanced Materials Science and Nanotechnology, IWAMSN 2016, Ha Long City (Vietnam), Nov. 8-12, 2016, Oral

S. Yusa, S. Ohno, K. Ishihara, Polymer Micelles Formed from Oppositely Charged Anionic pH-responsive Unimer Micelles and Cationic Diblock Copolymers, 3rd International Conference on Biomaterials Science (ICBS2016) in Tokyo, Ito Hall at The University of Tokyo, Tokyo, Japan, November 28-30, 2016, Oral

遊佐 真一、制御ラジカル重合による医用高分子の合成 (招待講演) 高分子学会医用高分子研究会、東京理科大学森戸記念館 (東京) 平成29年3月6日 (2017) 口頭

〔図書〕(計6件)

S. Fujii, E. J. Wanless, S. Yusa, G. B. Webber, N. Ishida, Springer, Stimulus-Responsive Soft Surface/Interface Toward Applications in Adhesion, Sensor and Biomaterial, 2018, 287-397.

遊佐真一、シーエムシー出版、リビングラジカル重合 —機能性高分子の合成と応用展開

一、2018、139-145

遊佐真一、「7章2節 生体親和性の高い高分子の精密合成技術」,「DDS 先端技術の製剤への応用開発」技術情報協会、2017年、ISBN:978-4-86104-663-6

S. Yusa, Chapter 11 Stimuli-responsive Polymer Micelles, in “Stimuli-Responsive Interfaces”, T. Kawai, M. Hashizume (Eds.), 2017, ISBN:978-981-10-2461-0

遊佐真一、「高分子ミセルとドラッグデリバリーシステム(DDS)」,「構造制御による革新的ソフトマテリアル創成～ブロックコポリマーを中心として～」CSJ カレントレビュー、化学同人、2018、183-190

遊佐真一、「pH 応答性ポリマーミセルを鋳型にした中空粒子の合成」,「中空微粒子の合成と応用」,シーエムシー出版、2016、21-27

〔産業財産権〕

○出願状況(計2件)

名称:低曳糸性増粘剤、及び該増粘剤を配合した化粧品

発明者:曾我部敦、松尾綾野、遊佐真一

権利者:株式会社 資生堂

種類:特許

番号:特願 2018-203705

出願年:2018年

国内外の別:国内

名称:新規ポリマーおよびそれらの製造方法

発明者:海老原頌子、有福達治、遊佐真一

権利者:公立大学法人兵庫県立大学他

種類:特許

番号:特願 2017-031837

出願年:2017年

国内外の別:国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.eng.u-hyogo.ac.jp/msc/yusa/index.html>

## 6. 研究組織

(1)研究分担者

なし

(2)研究協力者

なし

※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、研究者個人に帰属されます。