

エナジー・ネクスト研究

研究代表者 朝日 透
(先進理工学部 生命医科学科 教授)

1. 研究課題

エネルギー問題が叫ばれて久しい今日、次世代エネルギー材料・デバイスに関する研究は国際社会および日本社会の抱えるエネルギー問題解決に大きく貢献する。本プロジェクトでは新しいエネルギー変換・貯蔵、分子エネルギープロセス、省エネルギープロセス、生物資源エネルギーの開発に取り組み、次世代・次々世代のエネルギーの開発指針を提案できる研究推進と拠点形成を目指す。電荷の生成・輸送・貯蔵・放出の制御に関する研究に基づき、光屈曲材料、固相反応、無溶媒重合、バイオ燃料、エネルギー生産に関わる酵素の探索などを研究のキーワードとして取り上げ、次世代、次々世代のエネルギー材料・デバイス・システムの開発、省エネルギープロセスの開発、新しい解析手法の開発に繋げることが特色となる。

2. 主な研究成果

2.1 ねじれながら屈曲するフォトメカニカル結晶の創製

フォトメカニカル結晶とは、光を当てると曲がる結晶のことである。本研究では、キラルなアゾベンゼン結晶に紫外光を照射すると、ねじれを伴いながら光源から遠ざかる方向に屈曲することを見出した。これは、紫外光照射によって、アゾベンゼン分子が *trans* 体から *cis* 体に光異性化し、それによって結晶構造が変化することに起因していると考えられる。

キラルなアゾベンゼン結晶を合成し、溶媒蒸発により結晶を育成した。単結晶 X 線構造解析により、空間群 $P2_1$ に属することが分かった。昇華法により微結晶を作製し、得られた微結晶の広い面は(001)面であることが分かった。図 1 は、平板状の微結晶の(001)面が正面に見えている状態である。(001)面に紫外光を照射すると、左巻きのねじれを伴いながら光源から遠ざかる方向に屈曲した。紫外光を止めると数分で元の形に戻った。反対側から、つまり(00 $\bar{1}$)面から紫外光を照射した場合も、左巻きのねじれを伴いながら屈曲した。次に、このようなねじれ屈曲が生じるメカニズムを考察した。分子レベルでは、*trans* 体から *cis* 体に異性化すると、*a* 軸方向（結晶の幅方向）は短くなり、*b* 軸方向（結晶の長さ方向）は長くなると考えられる。結晶レベルでは、光照射された面で *a* 軸方向の短縮および *b* 軸方向の伸長が起こる。一方、光照射されていない側の面では異性化しない。したがって、結晶内でひずみが生じ、結晶が変形する。この場合、*b* 軸方向の伸長が光源から遠ざかる方向への屈曲という動きにつながり、さらに *a* 軸方向の短縮の影響によってねじれが誘起されたと考えられる。

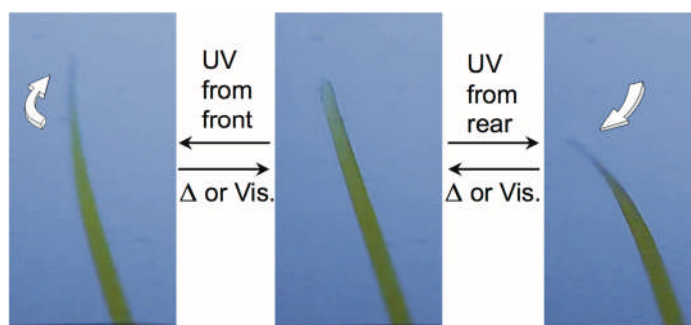


図 1. キラルアゾベンゼン結晶のねじれ屈曲

本研究成果は小島秀子客員教授との共同研究の成果であり、国際誌 *Chemistry - A European Journal* に掲載された。

2.2 チミン誘導体分子の結晶中光反応による再生可能高分子の開発

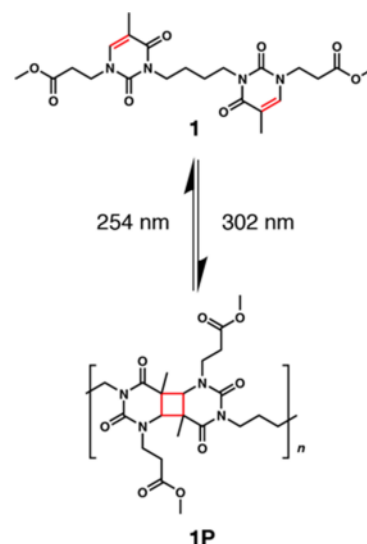
光や熱などの外部刺激により簡便かつ可逆に重合・解重合できる高分子は、再生可能分子・自己修復性分子として低環境負荷材料やコーティング材料、フォトレジストへの応用が期待される。

他方、構造制御された高分子の合成は、高分子の機能性や安定性の向上のために有用である。結晶中での重合反応は、分子が規則正しく密に配列している環境で反応が進行することから、構造制御された高分子の合成が可能である。しかしながら、結晶中での重合反応においては、モノマー分子が適切な位置に適切な構造で結晶格子中に配置されていなければならず、限られた分子でしか達成されていない。

本研究の共同研究者の齋藤らは、生体 DNA 構成塩基のひとつであるチミンが、異なる波長の光照射により可逆な[2+2]光環化付加反応することに着目し、結晶中で可逆に重合・解重合するビスチミンモノマー分子(1)を初めて合成した(Scheme 1)。光照射により可逆的重合可能で、構造制御された高分子は、再利用材料などへの応用も期待される。

本研究では、らせん構造や平板状構造など特徴的な立体構造の高分子を結晶中で可逆に重合することを目標とし、ベンゼン環を架橋構造とする多置換チミン誘導体分子の結晶性と光反応性の関係性を明らかにすることを目的とした。チミン骨格を3つ有するトリスチミン誘導体分子において、隣接する分子の光反応部位同士が 4.2Å 以内に位置する反応可能な結晶構造を有し、実際に光照射により高分子量化することを見出した(図2及び図3)。

本研究成果はモナッシュ大齋藤敬准教授、小島秀子客員教授、東工大植草秀裕准教授らとの共同研究の成果であり、研究の一部は理工総研「JX エネルギーの組織連携活動に係る若手奨励研究(代表者: 宇田川 瑛弘)」からの支援を受けて行われた。



Scheme 1. ビスチミン誘導体(1)の結晶中可逆的光重合

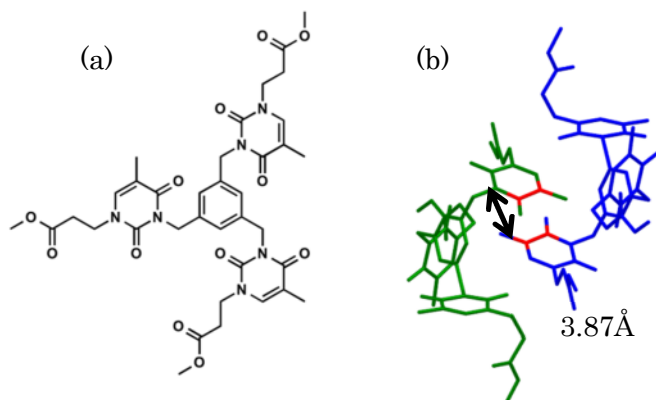


図2 トリスチミン誘導体分子の(a)分子構造と(b)結晶構造

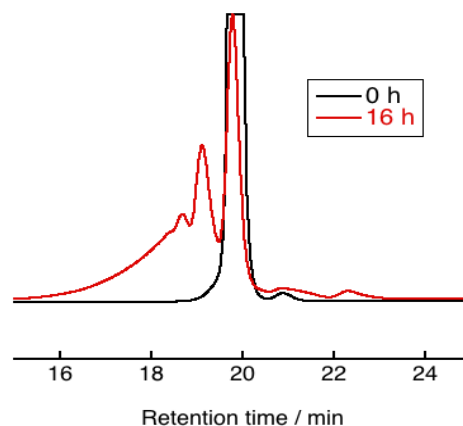


図3 トリスチミン誘導体の光照射前後のGPCクロマトグラム

2.3 1細胞ゲノム増幅の高精度化を実現する液滴区画化反応

微生物由来の酵素スクリーニング

ゲノムの効率化に向けて1細胞解析の高精度・並列解析技術の開発を進めている。1細胞の微量ゲノム増幅における一番の大敵は反応環境の汚染である。市販の全ゲノム増幅試薬では5 μL の反応場で5~50個のコンタミネーションDNA断片が存在すると言われる。ここで、通常のマイクロリットルサイズのゲノム増幅反応液を数十万個のマイクロ液滴反応場へと変換する事を考えた。理論的には、反応液をピコリットル容量の液滴までサイズダウンすると、1反応区画当たりのコンタミネーションDNAの存在率は従来法の千分の1以下になり、非特異的な増幅を排除した反応環境を実現することが出来る(図4)。反応場の微小区画化の更なる効果として、コンタミネーションDNA断片と

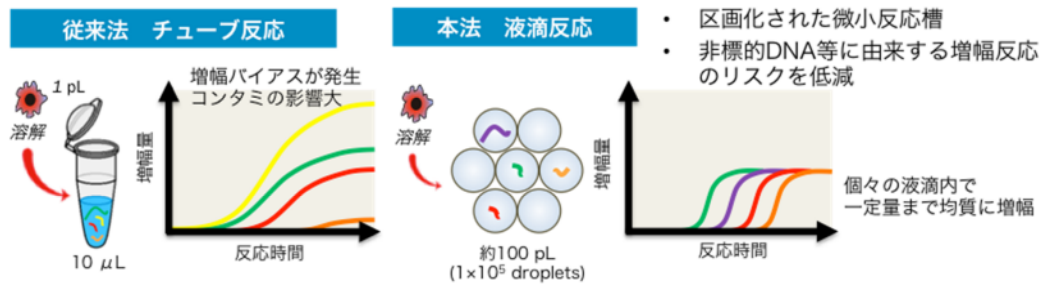


図1 液滴区画化反応による高精度な1細胞ゲノム増幅のコンセプト

標的DNAとの増幅競合を排除でき、増幅バイアス発生の低減を同時に実現可能と考えた(図1)。

我々が開発したマイクロ流体デバイスでは、水溶液の定常流をオイルでせん断することで液滴を毎秒1000個の速度で生成する。この時、液滴径は30–140 μm (14 pL–1.4 nL)の範囲で制御可能である。細胞またはDNA分子を含む水溶液をデバイスに導入すると、細胞や分子がポアソン分布に従って液滴中に封入・区画化される。本液滴は熱安定性が高く、核酸増幅のための加熱・酵素反応を経ても形状が安定的に維持される。DNA結合性蛍光色素を利用すれば、液滴内部でのphi29ポリメラーゼによる1分子DNAの鎖置換増幅をモニタリングできる(図2)。1細胞ゲノム解析に向けた実証試験として、大腸菌1細胞から抽出したゲノムDNA断片(約5 fg)を 10^5 個のピコリットル液滴に分配し増幅反応を行った。この結果、コンタミネーションDNA由来の増幅を従来の約1500分の1に抑制できた。これは、微小反応場中ではコンタミネーションDNAの過剰増幅が抑制された効果と考えられる。次に、次世代シーケンサーにて増幅産物の塩基配列を読み取り、大腸菌の全ゲノム領域に対するカバー率を求めた。すなわち、1細胞ゲノムDNAの増幅産物から読み取った配列情報を元に、全ゲノムをどれだけ復元できるかを調べた。この結果、

本法で得られた増幅産物では、従来法と比べて約30%広くゲノム領域をカバーし、全ゲノムの約90%を復元することができた(図2)。上記の結果より、本法では増幅バイアスとコンタミネーションリスクを抑えて高精度な

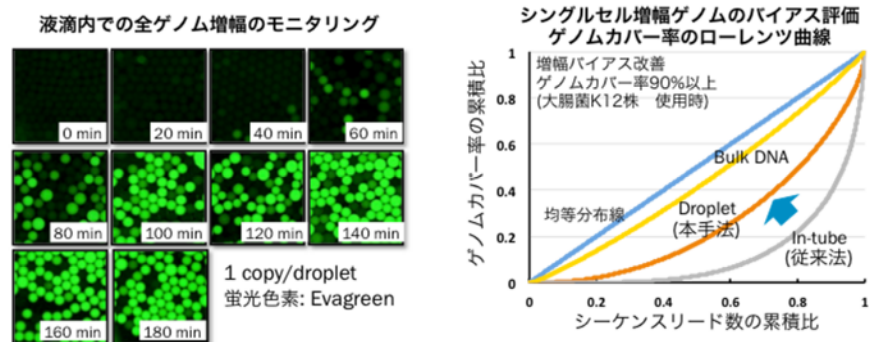


図2 液滴区画化反応による1細胞ゲノム増幅の効果

1細胞ゲノム解析を実現できることが示された。本法は、未知の難培養微生物からドラフトゲノム配列を獲得する際などに有効な試料調製法であると考えている。

3. 共同研究者

逢坂 哲彌(先進理工学部・応用化学科・教授)

竹山 春子(先進理工学部・生命医科学科・教授)

森 康郎(次世代蓄電エネルギー連携研究所・上級研究員)

五條堀 孝(ナノ・ライフ創新研究機構・招聘研究教授)

横島 時彦(理工学研究所・主任研究員)

秀島 翔(ライフサポートイノベーション研究所・次席研究員)

4. 研究業績

4.1 学術論文

1. K.Otogawa, K.Ishikawa, M.Shiro and T.Asahi, “Crystal structure of (S) -4- carbamoyl -4- (1,3-dioxo-isoindolin-2-yl)butanoic acid”, *Acta.Cryst. E*, **71** (1), 107-109, 査読有(2015). doi: 10.1107/S2056989014027121
2. Y.Ogino, T.Asahi, “Model of complex chiral drug metabolic systems and numerical simulation of the remaining chirality toward analysis of dynamical pharmacological activity”, *J. Theor. Biol.*, **373**, 117-131(2015).
3. A.Udagawa, T.Fujie, Y.Kawamoto, A.Saito, S.Takeoka, T.Asahi, “Interfacial effects on the crystallization and surface properties of poly(l-lactic acid) ultrathin films”, *Polymer Journal*, **48**, 157-161(2016).
4. Ueoka R, Uria AR, Reiter S, Mori T, Karbaum P, Peters EE, Helfrich EJM, Morinaka BI, Gugger M, Takeyama H, Matsunaga S, Piel J., “Metabolic and evolutionary origin of actin-binding polyketides from diverse organisms”, *Nature chemical biology*, **11**: 705-712, (2015).
5. Ohmori M, Haruta K, Kamimura S, Koike H, Uchida T, and Takeyama H., “A simple method for nanobubble generation and stability of the bubbles”, *Journal of Experimental Biology.*, **15**: 41-44, (2015).
6. Nishikawa Y, Hosokawa M, Maruyama T, Yamagishi K, Mori T, Takeyama H., “Monodisperse Picoliter Droplets for Low-Bias and Contamination-Free Reactions in Single-Cell Whole Genome Amplification”, *PLoS one*, **10**(9), (2015).
7. Mori T, Iwamoto K, Wakaoji S, Araie H, Kohara Y, Okamura Y, Shiraiwa Y, and Takeyama H., “Characterization of a novel gene involved in cadmium accumulation screened from sponge-associated bacterial metagenome”, *Gene.*, **576**: 618-625, (2016).
8. Hikima J, Sakai M, Aoki T, Takeyama H, Hawke J, Mori K, Tashiro K, Kuhara S., “Draft Genome Sequence of the Fish Pathogen *Mycobacterium pseudoshottsii* Strain JCM15466, a Species Closely Related to *M. marinum*”, *Genome announcement*, **4**(1), (2016).

4.2 学会発表

1. 乙川光平, 萩野禎之, 石川和彦, 下澤東吾, 田中真人, 小島秀子, 城始勇, 朝日透, “サリドマイド加水分解産物の有機溶媒中における脱水反応の検証”, Symposium on Molecular Chirality 2015, 日本・東京, 2015年6月.
2. 萩原裕樹, 石川和彦, 小島秀子, 朝日透, “アキラルなベンゾフェノンから生成するキラル結晶

- の絶対構造と光学活性”, Symposium on Molecular Chirality 2015, 日本・東京, 2015 年 6 月.
3. 谷口卓也, 城始勇, 小島秀子, 朝日透, “キラルなアゾベンゼン誘導体結晶の光屈曲”, Symposium on Molecular Chirality 2015, 日本・東京, 2015 年 6 月.
 4. 松本匡貴, 松田梓, 中川鉄馬, 高鍋彰文, 朝日透, “銅酸化物高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+d}$ の光学的性質と対称性の研究”, Symposium on Molecular Chirality 2015, 日本・東京, 2015 年 6 月.
 5. 石川和彦, 田中真人, 城始勇, 小島秀子, 朝日透, “アラニンのキラル結晶の光学活性と結晶構造の関係”, Symposium on Molecular Chirality 2015, 日本・東京, 2015 年 6 月.
 6. 鳥山廣樹, 荻野禎之, 下澤東吾, 柴田哲男, 田中真人, 朝日透, “固体・溶液円二色性分光法と理論計算を用いたサリドマイドの二量体構造形成の解析”, Symposium on Molecular Chirality 2015, 日本・東京, 2015 年 6 月.
 7. 荻野禎之, 田中真人, 柴田哲男, 朝日透, “サリドマイド骨格分子が示す複雑代謝挙動の実験・理論的解析”, Symposium on Molecular Chirality 2015, 日本・東京, 2015 年 6 月.
 8. 下島 洋, 下澤 東吾, 石田 みやび, 朝日 透, “Billirubin 依存型蛍光タンパク質 UnaG のキラル特性解析”, Symposium on Molecular Chirality 2015, 日本・東京, 2015 年 6 月.
 9. 中川鉄馬, 中村洸太, 田中真人, 朝日透, “異方性媒質における旋光性と円二色性の新たな測定原理式の導出と光学的異方性測定”, Symposium on Molecular Chirality 2015, 日本・東京, 2015 年 6 月.
 10. 宇田川 瑛弘, 藤枝 俊宣, 川本 裕子, 齋藤 晃広, 武岡 真司, 朝日 透, “ポリ L-乳酸ナノシートの結晶化および表面物性における界面の効果”, Symposium on Molecular Chirality 2015, 日本・東京, 2015 年 6 月.
 11. 小島秀子, 高鍋彰文, 谷口卓也, 朝日透, “キラル結晶のフォトメカニカル機能”, Symposium on Molecular Chirality 2015, 日本・東京, 2015 年 6 月.
 12. K.Nakagawa, G. Villora, K.Shimamura, T.Asahi, “Magneto-optical spectroscopic study on CeF_3 single-crystal with the Generalized-High Accuracy Universal Polarimeter”, 11th International Conference on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications, Vancouver・Canada, June 2015.
 13. M.Matsumoto, K.Nakagawa, A.Matsuda, S.Watauchi, T.Asahi, “Optical property and symmetry breaking of copper based high-temperature superconducting material $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+x}$ ”, Chirality 2015, Boston・USA, June 2015.
 14. A.Takanabe, M.Tanaka, K.Johmoto, H.Uekusa, T.Mori, T.Asahi, H.Koshima, “High-accuracy Universal Polarimeter Study of Salicylidene-phenylethylamine Crystals with Photomechanical Function”, ICCOSS 2015(the 22nd International Conference on the Chemistry of the Organic Solid State), 日本・新潟, July 2015.
 15. T.Taniguchi, J.Fujisawa, H.Koshima, T. Asahi, “Photomechanical Bending of Chiral and Racemic Azobenzene Crystals”, ICCOSS 2015(the 22nd International Conference on the Chemistry of the Organic Solid State), 日本・新潟, July 2015.
 16. A.Udagawa, P.Johnston, K.Saito, A.Sakon, R.Toyoshima, H.Uekusa, H.Koshima, T.Asahi, “Photo-reversible Topochemical Polymerization via [2+2]-Cycloaddition of Thymine Derivative in the Crystal”, ICCOSS 2015(the 22nd International Conference on the Chemistry of the Organic Solid State), 日本・新潟, July 2015.

17. H.Koshima, M.Kitajima, Y.Hagiwara, T.Asahi, "Photomechanical Motion of Benzophenone Crystals", ICCOSS 2015(the 22nd International Conference on the Chemistry of the Organic Solid State), 日本・新潟, July 2015.
18. Y.Ogino, T.Asahi, "Modeling of multiple dimensional metabolism of chiral thalidomide and microscopic interaction with pharmacological receptor", 2015 年日本数理生物学会/日中韓数理生物学コロキウム合同大会, 日本・京都, August 2015.
19. K.Nakagawa, K.Ishikawa, T.Asahi, "Absolute Structure and Chiroptical Properties of Benzil Crystals", 15th International Conference on Chiroptical Spectroscopy, 日本・北海道, August 2015.
20. T.Asahi, H.Toriyama, Y.Ogino, M.Tanaka, T.Shimozawa, N.Shibata, "Chiroptical study on thalidomide in solid and solution state", 15th International Conference on Chiroptical Spectroscopy, 日本・北海道, August 2015.
21. 小宮潤, 小島秀子, 朝日透, "PABI 結晶のフォトクロミック特性", 2015 年光化学討論会, 日本・大阪, September 2015.
22. 萩原裕樹, 北島麻衣, 小島秀子, 朝日透, "ジイソプロピルベンゾフェノン系結晶のビラジカル生成と光屈曲運動", 2015 年光化学討論会, 日本・大阪, September 2015.
23. 宇田川瑛弘, P.Johnston, 齋藤敬, 佐近彩, 豊島良祐, 植草秀裕, 小島秀子, 朝日透, "チミン誘導体結晶の可逆的[2+2]光環化付加反応", 2015 年光化学討論会, 日本・大阪, September 2015.
24. A.Takanabe, M.Shiro, H.Ikeda, T.Katsufuji, H.Koshima, T.Asahi, "Thermodynamic phase transition through crystal-to-crystal process of photochromic chiral salicylidene-phenylethyl-amines", 2015 年光化学討論会, 日本・大阪, September 2015.
25. T.Taniguchi, M.Shiro, H.Koshima, T.Asahi, "Light-driven Bending of Chiral and Racemic Crystals of Azobenzene Derivatives", 2015 年光化学討論会, 日本・大阪, September 2015.
26. 中川鉄馬, 中村洸太, 田中真人, 朝日透, "異方性媒質における旋光性と円二色性の新たな測定原理式の導出とその電気石結晶への応用", 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会, 日本・名古屋, 2015 年 9 月.
27. 松本匡貴, 中川鉄馬, 松田梓, 綿打敏司, 朝日透, "高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+x}$ ($\text{Bi}2212$) の光学的性質と空間及び時間反転対称性の破れ", 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会, 日本・名古屋, 2015 年 9 月.
28. 松本匡貴, 中川鉄馬, 綿打敏司, 松田梓, 朝日透, "銅酸化物高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+x}$ の光学的性質と対称性の破れ", 日本物理学会[物性]2015 年秋季大会, 日本・大阪, 2015 年 9 月.
29. 中川鉄馬, ガルシアビジョラ, 島村清史, 朝日透, "G-HAUP による弗化セリウム結晶の磁気光学的研究", 日本物理学会[物性]2015 年秋季大会, 日本・大阪, 2015 年 9 月.
30. 小宮潤, 小島秀子, 朝日透, "高速フォトメカニカル結晶の開発", 第5回 CSJ 化学フェスタ 2015, 日本・東京, 2015 年 10 月.
31. 宇田川瑛弘, P.Johnston, 齋藤敬, 佐近彩, 豊島良祐, 植草秀裕, 小島秀子, 朝日透, "チミン結晶相[2+2]光環化付加反応により生成した高分子結晶の性質", 第 24 回有機結晶シンポジウム, 日本・広島, 2015 年 11 月.
32. 小宮潤, 田中誠一, 恩田健, 左近彩, 植草秀裕, 小島秀子, 朝日透, "高速フォトクロミック PABI 結晶", 第 24 回有機結晶シンポジウム, 日本・広島, 2015 年 11 月.
33. 谷口卓也, 杉山晴紀, 植草秀裕, 城始勇, 小島秀子, 朝日透, "キラルアゾベンゼンの結晶相熱転

- 移”, 第 24 回有機結晶シンポジウム, 日本・広島, 2015 年 11 月.
34. 小島秀子, 石井沙織, 朝日透, “エステル化におけるマイクロ波効果の発現機構”, 第 9 回日本電磁波エネルギー応用学会, 日本・東京, 2015 年 11 月.
 35. M.Nakamura, K.Otogawa, T.Shimozawa, T.Asahi, “Solvent free chiral inversion of thalidomide and hydrolysis product of thalidomide”, Pacificchem2015, Hawaii・USA, December 2015.
 36. K. Ishikawa, Y. Terasawa, M. Tanaka, M. Shiro, H. Koshima, T.Asahi, “Discrimination of Chiral Crystals with Two-fold Screw Axis Using Optical Activity”, Pacificchem2015, Hawaii・USA, December 2015.
 37. Y.Hagiwara, M.Kitajima, H.Koshima, T.Asahi, “Photochromism and photomechanical bending of diisopropylbenzophenone crystals”, Pacificchem2015, Hawaii・USA, December 2015.
 38. H.Toriyama, Y.Ogino, M.Tanaka, N.Shibata, T.Asahi, T.Shimozawa, “Dynamic formation of enantiomeric thalidomide dimeric structure: Solid and solution state chiroptical spectroscopy and computational analysis”, Pacificchem2015, Hawaii・USA, December 2015.
 39. T.Taniguchi, M.Shiro, H.Koshima, T.Asahi, “UV-visible spectral analysis of azobenzene crystals with optical waveguide spectrometer”, Pacificchem2015, Hawaii・USA, December 2015.
 40. T.Taniguchi, M.Shiro, H.Koshima, T.Asahi, “Photomechanical bending of chiral and racemic crystals of azobenzene derivatives”, Pacificchem2015, Hawaii・USA, December 2015.
 41. Y.Shitashima, T.Shimozawa, M.Ishida, T. Asahi, “Chiroptical properties of fluorescent protein UnaG”, Pacificchem2015, Hawaii・USA, December 2015.
 42. K.Otogawa, Y.Ogino, K.Ishikawa, T.Shimozawa, M.Tanaka, H.Koshima, M.Shiro, T.Asahi, “Verifying dehydration of hydrolysis compound of thalidomide”, Pacificchem2015, Hawaii・USA, December 2015.
 43. A.Udagawa, T.Fujie, Y.Kawamoto, A.Saito, S.Takeoka, T.Asahi, “Interfacial effects on the crystallization and surface properties of poly(L-lactic acid) ultrathin films”, Pacificchem2015, Hawaii・USA, December 2015.
 44. A.Udagawa, P.Johnston, K.Saito, A.Sakon, R.Toyoshima, H.Uekusa, H. Koshima, T.Asahi, “Mechanism of photoreversible topochemical polymerization via [2+2]-cycloaddition of thymine derivative in the crystal”, Pacificchem2015, Hawaii・USA, December 2015.
 45. T. Asahi, “Generalized high-accuracy universal polarimeter study on chiral salicylidenephenylethylamine crystals showing photomechanical effect”, Pacificchem2015, Hawaii・USA, December 2015.
 46. 小宮潤, 田中誠一, 恩田健, 佐近彩, 植草秀裕, 小島秀子, 朝日透, “PABI 結晶の高速フォトクロミズム”, 日本化学会第 96 春季年会, 日本・京都, 2016 年 3 月.
 47. 谷口卓也, 城始勇, 小島秀子, 朝日透, “Enantiomeric Motion of Photomechanical Chiral Azobenzene Crystal”, 日本化学会第 96 春季年会, 日本・京都, 2016 年 3 月.
 48. 下島洋, 下澤東吾, 石田みやび, 朝日透, “蛍光特性を用いたビリルビン依存型蛍光タンパク質 UnaG の自己二量化の解析”, 日本化学会第 96 春季年会, 日本・京都, 2016 年 3 月.

49. 小島秀子, 石井沙織, 朝日透, “マイクロ波加熱によるエステル化反応促進における酸触媒の影響”, 日本化学会第 96 春季年会, 日本・京都, 2016 年 3 月.
50. 高鍋彰文, 田中真人, 上本鉦平, 植草秀裕, 森直, 朝日透, 小島秀子, “フォトメカニカル機能をもつキラルなサリチリデンフェニルエチルアミン結晶の光学的性質”, 第 63 回応用物理学会, 日本・東京, 2016 年 3 月.
51. T. Maruyama, T. Mori, K. Yamagishi, H. Takeyama, “A graphical user interface, DeCon, for “in silico decontamination” of whole genome amplified bacterial single-cells”, Pacificchem2015, Hawaii convention center, December 2015.
52. T. Yoda, M. Hosokawa, Y. Haraguchi, K. Matsuura, T. Shimizu, H. Kambara, H. Takeyama, “Single-cell transcriptome analysis of beating cardiomyocytes derived from human induced pluripotent stem cell”, Pacificchem2015, Hawaii convention center, December 2015.
53. R. Miyaoka, M. Hosokawa, M. Ando, T. Mori, H. Hamaguchi, J. Piel, H. Takeyama, “Identification of the producers of bioactive compounds from marine sponge by using Raman microspectroscopy”, Pacificchem2015, Hawaii convention center, December 2015.
54. Y. Nishikawa, M. Hosokawa, H. Takeyama, “Picoliter-sized droplets for low bias whole genome amplification of single cell genome”, Pacificchem2015, Hawaii convention center, December 2015.
55. M. Hosokawa, Y. Nishikawa, H. Takeyama, “Droplet-based cell manipulation for analyzing environmental microbes at single-cell resolution”, Pacificchem2015, Hawaii Sheraton Waikiki, December 2015.
56. T. Mori, M. Takahashi, Y. Yumiko, T. Shibata, T. Takagi, R. Tanaka, H. Miyake, K. Kuroda, M. Ueda, H. Takeyama, “Bacterial metagenomes as potential resources for isolation of biorefinery enzymes in brown macroalgae degradation”, Hawaii Hyatt Regency Waikiki, December 2015.
57. Muhammad W. Lewaru, M. Ito, Michiko, C Ojimi, T. Mori, Y. Nakano, S. Suda, H. Takeyama, “Bacterial diazotrophic community dynamics within the corals *Acropora tenuis* and *Pocillopora verrucosa* in Okinawa shallow reef, Japan”, 第 17 回マリンバイオテクノロジー学会, 東京海洋大学 品川キャンパス, 2015 年 3 月.
58. 宮岡理美, 細川正人, 安藤正浩, モリテツシ, 濱口宏夫, J. Piel, 竹山春子, “顕微ラマン分光法を用いた海洋カイメン *Theonella swinhoei* からの生理活性物質生産菌体の検出”, 第 17 回マリンバイオテクノロジー学会, 東京海洋大学 品川キャンパス, 2015 年 3 月.
59. 丸山徹, 伊藤通浩, 竹山春子, “サンゴ共在細菌叢の形成・維持機構の推定”, 第 17 回マリンバイオテクノロジー学会, 東京海洋大学 品川キャンパス, 2015 年 3 月.
60. 渡邊麗, 丸山徹, 竹山春子, 服部正平, 須田互, 引間順一, 酒井正博, 高橋幸則, 青木宙, “免疫賦活物質投与におけるマダイ (*Pagrus major*) の腸内細菌叢への影響”, 第 17 回マリンバイオテクノロジー学会, 東京海洋大学 品川キャンパス, 2015 年 3 月.
61. 西川洋平, 細川正人, 竹山春子, “単一細胞レベルでの微生物ゲノム解析に向けた、Droplet-based multiple displacement amplification 法の開発”, 第 17 回マリンバイオテクノロジー学会, 東京海洋大学 品川キャンパス, 2015 年 3 月.

62. 山岸恵輔, モリテツシ, 丸山徹, 伊藤通浩, 中野義勝, 竹山春子, “シングルセルゲノム増幅技術の評価と環境細菌種への応用”, 第 17 回マリンバイオテクノロジー学会, 東京海洋大学 品川キャンパス, 2015 年 3 月.
63. 高橋真美, モリテツシ, 柴田敏行, 黒田浩一, 張成年, 植田充美, 竹山春子, “褐藻分解菌 *Falsirhodobacter* sp. alg1 から獲得したアルギン酸リアーゼ AlyFRB の特性評価”, 第 17 回マリンバイオテクノロジー学会, 東京海洋大学 品川キャンパス, 2015 年 3 月.
64. 細川正人, 西川洋平, 小川雅人, 竹山春子, “微小液滴によるシングルセルの超並列ゲノム増幅”, 第 9 回バイオ関連化学シンポジウム, 熊本大学工学部 黒髪南地区キャンパス, 2015 年 9 月.
65. 山岸恵輔, モリテツシ, 丸山徹, 伊藤通浩, 竹山春子, “Evaluation of whole genome amplification methods for single-cell genomics”, 第 30 回微生物生態学会土浦大会, 土浦亀城プラザ, 2015 年 10 月.
66. 大久保悠介, 伊藤通浩, 丸山徹, 新里宙也, 五斗進, 竹山春子, “Genomic analysis of coral-associated bacteria to understand coral-bacteria interactions”, 第 30 回微生物生態学会土浦大会, 土浦亀城プラザ, 2015 年 10 月.
67. T. Maruyama, T. Mori, K. Yamagishi, H. Takeyama, “Quality control of bacterial single-amplified genome sequences”, 第 30 回微生物生態学会土浦大会, 土浦亀城プラザ, 口頭発表, 2015 年 10 月.
68. モリテツシ, 高橋真美, 田中礼士, 柴田敏行, 成年張, 黒田浩一, 植田充美, 竹山春子, “Rhodobacteraceae 科に属する *Falsirhodobacter* sp. alg1 の新規アルギン酸リアーゼ AlyFRB の特性評価”, 第 67 回日本生物工学会大会, 鹿児島 城山観光ホテル, 2015 年 10 月.
69. 細川正人, 西川 洋平, 小川雅人, 竹山春子, “微小液滴を用いた単一細胞のハイスループットな全ゲノム増幅法の開発”, 第 67 回日本生物工学会大会, 鹿児島 城山観光ホテル, 2015 年 10 月.
70. 宮岡理美, モリテツシ, 細川正人, 安藤正浩, 小川雅人, 西川洋平, 濱口宏夫, Jörn Piel, 竹山春子, “顕微ラマン分光法を用いた海洋カイメン *Theonella swinhoei* からの生理活性物質生産菌体の同定”, 第 67 回日本生物工学会大会, 鹿児島 城山観光ホテル, 2015 年 10 月.
71. 千々岩樹佳, 高橋真美, モリテツシ, 竹山春子, “ショウジョウバエ腸内における蛍光タンパク質安定発現株の局在観察”, 第 67 回日本生物工学会大会, 鹿児島 城山観光ホテル, 2015 年 10 月.
72. 宮岡理美, 細川正人, モリテツシ, 安藤正浩, 濱口宏夫, 竹山春子, “顕微ラマン分光法を用いた生理活性物質生産菌体内における二次代謝産物の *in situ* 検出からの生理活性物質生産菌体の同定”, 日本生物工学会東日本支部 第 10 回 学生発表討論会, 東京 大学セミナーハウス, 2015 年 11 月.
73. 西川洋平, “マイクロドロップレットによる単一微生物からの効率的な全ゲノム増幅法の開発”, 第 4 回日本生物工学会東日本支部コロキウム, 東京工業大学 大岡山キャンパス, 2016 年 3 月.
74. 西川洋平, 細川正人, 竹山春子, “微小液滴を用いた単一微生物からの低バイアス全ゲノム増幅法の開発”, 第 10 回日本ゲノム微生物学会年会, 東京工業大学 大岡山キャンパス, 2016 年 3 月.
75. 大久保悠介, 伊藤通浩, 丸山徹, 新里宙也, 五斗進, 中野義勝, 竹山春子, “サンゴ共生細菌ゲノムに見出された特徴的遺伝子群”, 第 10 回日本ゲノム微生物学会年会, 東京工業大学 大岡山キャンパス, 2016 年 3 月.

76. 丸山徹, 伊藤通浩, 若王子智史, 新里宙也, 藤村弘行, 中野義勝, 須田彰一郎, 竹山春子, “サンゴと共生藻の相互作用をトランスクリプトームから読み解く”, 第 10 回日本ゲノム微生物学会年会, 東京工業大学 大岡山キャンパス, 2016 年 3 月.
77. M. Hosokawa, N. Yohei, M. Kogawa, H. Takeyama, “Droplet microfluidics for massively parallel and accurate single-cell genome amplification”, 日本化学会第 96 春季年会, 同志社大学 京田辺キャンパス, 2016 年 3 月.

4.3 招待講演

1. T. Asahi, K. Ishikawa, A. Takanabe, T. Taniguchi, “Chiroptics of condensed matters”, 11th International Conference on Ceramic Materials and Components for Energy and Environmental Applications, Vancouver • Canada, June 2015.
2. 竹山春子 “生物遺伝子資源を活用した新しいバイオエンジニアリングへの挑戦：ロバストネスな環境・社会へ” 日本セラミックス協会男女共同参画委員会, 早稲田大学, 2016 年 3 月.
3. 竹山春子 “海洋有用遺伝子資源とマリンバイオテクノロジー” “海洋政策研究セミナー『日本の選択を考えるー海洋遺伝資源をめぐる国連の動きにどう対処するかー』”, 笹川平和財団ビル 11 階, 2016 年 2 月.
4. 竹山春子 “環境遺伝子資源の利活用のための技術開発”, “システムナノ技術に関する時限研究専門委員会第 2 回研究会” 機械振興会館 B3-6 号室, 2015 年 6 月.
5. 竹山春子 “シングルセルを解析するための様々な試み” 日本生物工学会 “未来へのバイオ技術” 勉強会, バイオインダストリー協会会議室, 2015 年 5 月.
6. 竹山春子 “海洋環境からの有用資源のスクリーニングとそれをサポートする技術開発” 酵素工学会, 大阪府立大学 I-site なんば, 2015 年 4 月.

5. 研究活動の課題と展望

チミン誘導体分子の結晶中光反応による再生可能高分子の開発の研究においては、今後、トリスチミン誘導体の長時間光照射後の結晶構造解析により、得られた高分子量体の 3 次元的構造を明らかにし、その知見をもとに異なる構造のチミン誘導体結晶による高分子の合成に展開する。

また、細菌の代謝に関わる酵素の活性評価および遺伝子の取得をハイスループットシステムで行えるプラットフォーム構築に取り組む。