

平成 21 年 5 月 22 日現在

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2006～2008

課題番号：18350064

研究課題名 (和文)：生体高分子系ナノ組織体の超分子不斉光化学機能材料への展開

研究課題名 (英文)：Studies on Supramolecular Photochirogenesis Mediated by Biopolymers

研究代表者：和田 健彦 (WADA Takehiko)

東北大学・多元物質科学研究所・教授

研究者番号：20220957

研究成果の概要：本研究、自然共生型プロセスである光による不斉合成に、血清アルブミンを不斉反応場として活用する生体系高分子を用いる超分子不斉光反応という新たな方法論を提案し、この方法論の有用性を実証した。本研究で構築した生体高分子を反応場とする基底状態相互作用解析法、そして基底状態ならびに励起状態双方における相互作用制御に基づく高効率超分子不斉光化学反応の実現は、一般性を有し、今後適用反応例の拡大、基質特異性の向上により不斉光化学反応の有効な方法論としての展開が期待される。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	6,400,000	1,920,000	8,320,000
2007 年度	6,800,000	2,040,000	8,840,000
2008 年度	2,300,000	690,000	2,990,000
年度			
年度			
	15,500,000	4,650,000	20,150,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：複合化学・高分子化学

キーワード：生体高分子, ヒト血清アルブミン, 光反応, 超分子不斉光化学反応, 不斉反応場, 不斉合成

1. 研究開始当初の背景

医学や薬学だけでなく化学・生化学・農学など多くの分野で光学活性物質の必要性が高まっており、今後さらにその需要が増大すると予想され、不斉合成は現在最も注目されている分野の一つである。申請者らは、キラルな増感剤を用いる新規不斉光増感反応の端緒を、世界にさきがけて切り拓いた。すなわち触媒量の光学活性増感剤の存在下で、光異性化・光脱ラセミ化・光環化付加・光極性付加などのエナンチオ区別反応を行うことにより飛躍的な光学収率の向上が可能になることを見出した。

現在不斉光化学の中で、シクロデキストリン (CDx) や修飾ゼオライトなどを用いた超分子不斉光化学反応が新しい方法論として特に注目されている。キラルなホストを用いる

超分子不斉光化学反応は、反応が空間的に規制された“反応場”で進行し、均一溶液中とは異なり、水素結合や疎水性相互作用などの弱い相互作用が協同的かつ効果的に作用することが期待される。我々はアメリカ・コロンビア大学の N. J. Turro 教授との協同研究により空間的に規制された超分子錯体では、これらの弱い相互作用が有効に機能するのみならず、エントロピー的に低温環境が実現されていることを世界に先駆けてキラル増感剤を固定化したゼオライトを用いた超分子不斉光増感反応系を用いて証明した。さらに光増感剤で修飾した CDx 誘導体を合成し、CDx 空間内での増感反応では光学収率は包接率にのみ依存し、温度依存性が全く観測されず反応過程にエントロピー項はほとんど寄与しない特異な系を構築できる事も報告した。

すなわち超分子不斉光化学反応は、不斉反応場において生体系と同様に、弱い相互作用を協同的かつ有効に作用させ、さらにエントロピーファクターを効果的に利用した有効な不斉反応システムとなりうることを期待される。しかし超分子不斉光化学反応を、核酸・タンパク・ペプチド・多糖などの生体系超分子に適用した例は全く報告されていない。タンパクが不斉反応場を有することは広く知られているが、不斉光反応に適用された例は極めて少なく、二重らせん核酸もキラルなグルーブ（溝）を有しており不斉反応場として機能することが予想されるが、この点に注目した報告は皆無である。

本研究は、上記の超分子化学に関する研究、そして不斉光化学研究で得た知識と経験を基に、機能性生体高分子の有する不斉場を単なる「分子認識」から一歩進んで「反応制御（励起状態における）」に利用する。

2. 研究の目的

光反応によるキラル化合物の創出は、従来精力的に研究されてきた不斉修飾触媒等を用いる熱的な不斉反応と相補的な関係にあり、新しい不斉合成法として注目されている。特にキラルな超分子の有する不斉環境場を利用し、励起状態のみならず基底状態におけるホスト-ゲスト間に働く種々の弱い相互作用を協同的に活用し、ホストキラリティーを励起状態相互作用を通じ生成物キラリティーへと伝播する超分子不斉光化学反応が、新しい方法論として注目されている。

一方、タンパク質や酵素が有するキラルな結合サイト、反応場に注目し、これらを不斉反応場として利用する熱的な不斉合成が多数検討され、良好なエナンチオマー過剰率が得られる系も報告されている。しかし、熱反応においては、反応場として用いるタンパク質や酵素構造の熱変性が避けられないといった、本質的な限界も報告されている。一方、反応温度の制約が殆どない光反応は、熱耐性の低いタンパク質、酵素を不斉反応場とする不斉反応として最適の系であると考えられる。

3. 研究の方法

本研究では、入手が容易な単純ペプチドであり疎水的な基質を取り込むことが知られているウシならびにヒト血清アルブミンを不斉反応場とする、2-アントラセンカルボン酸のエナンチオ区別環化二量化反応(下図)について詳細に検討した。

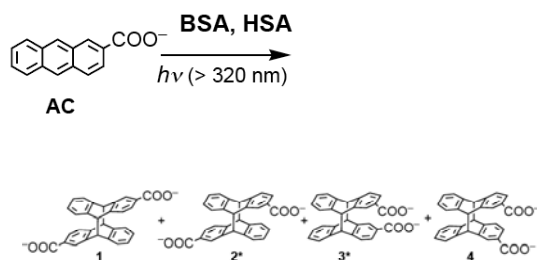


図 2-アントラセンカルボン酸のエナンチオ区別

環化二量化反応

4. 研究成果

(1) ウシ血清アルブミン (BSA) を不斉反応場とする超分子不斉光反応

ウシ血清アルブミン (BSA) は、583 残基のアミノ酸からなる分子量約 66,000 の水溶性輸送タンパクであり、血液中で脂肪酸や芳香族カルボン酸類などの難水溶性成分を包接することが知られている。この結合部位はキラルな環境にあるため不斉反応場としての利用が可能であると考えられるが、光反応に応用した例はほとんど報告されていない。

一方、均一溶媒中のアントラセン誘導体の [4+4] 光環化二量化反応はよく研究されており、1 位または 2 位に置換基を有する誘導体には 4 種類の位置異性体が生成し、そのうち **2**、**3** はキラル化合物となる (上式)。このような二分子系の光反応において超分子不斉光反応を行った例は少なく、非常に興味もたれる。第 1 章では、BSA を不斉反応場とする 2-アントラセンカルボン酸 (AC) のエナンチオ区別 [4+4] 光環化二量化反応について検討した。

BSA と AC の基底状態錯形成挙動を確認するために、紫外可視吸収スペクトル、円二色スペクトル、蛍光スペクトル、蛍光寿命測定など各種分光法により詳細に検討した結果、BSA には AC に対する独立した結合サイトが 4 つ存在し、第 1 サイトには 1 分子の、第 2 サイトには 3 分子のそして第 3、4 サイトには各々 2、3 分子 AC が結合すること、ならびに各サイトの錯形成定数を明らかとした。さらにニトロメタンを消光剤として用いた蛍光寿命測定結果を解析した結果、第 1 ならびに第 2 サイトはタンパク質内部の比較的疎水的環境に存在するのに対し、第 3、第 4 サイトは水溶液からの接近が容易で比較的親水性の高い領域に存在することが明らかとなった。

このような基底状態相互作用に対する知見を基に、BSA を不斉反応場とする AC のエナンチオ区別光環化二量化反応について種々の AC/BSA 比の水溶液中での光照射により、詳細に検討した。BSA 存在下での光照射実験では、BSA 濃度の増加に伴い head-to-head 生成物 (3+4) がより優先的に生成し、AC 分子同士が互いに双極子モーメントを打ち消す head-to-tail 生成物 (1+2) が優先生成物である BSA 非存在下とは大きく生成物分布が異なり、生成物比 ($[H-H]/[H-T]$) は水中と比べて逆転したことから、BSA が有効な光反応場として機能することが明らかとなった。また、第 1 サイトは反応に関与しないこと、第 2-4 サイトは各々異なる位置異性体比、エナンチオ区別性を示すことを明らかとし、最高 58% のエナンチオマー過剰率 (ee) が得られることを見出した。さらにニトロメタン添加系での光照射実験も検討し、第 3、第 4 サイトに存在する AC を消光することにより、ee の向上が観測され、第 2 ならびに第 3 サイトが高いエナンチオ区別性を発現する

サイトであることが明らかとし、BSA が超分子不斉光化学反応における有効な不斉光反応場として機能することを初めて明らかとした。

また、求めた錯形成定数から、各光照射条件下における結合 AC のサイト分布と、光消光剤存在下での光反応によるサイト選択的な反応結果を検討することで、複数の結合サイトが反応に関与する BSA 存在下での詳細な反応機構を解明することに成功した。またエタノールやクラウンエーテル存在下での光反応ならびに分光学的検討結果より、AC は BSA と疎水ならびに静電相互作用を駆動力として結合し、第 2 サイトは疎水性が高く、強く空間規制されており、高いエナンチオ選択性を示すこと、第 3 サイト以降ではエナンチオ選択性は高くないものの、第 2 サイトと同じエナンチオマーを与えるサイトであることを明らかとした。

(2) ヒト血清アルブミン (HSA) を不斉反応場とする超分子不斉光反応

第 2 章ではヒト血清アルブミン (HSA) をキラル反応場とする、AC のエナンチオ区別環化二量化反応について検討した。HSA はアミノ酸配列のみならず、X 線構造によりその構造が明らかとされており、また薬物を中心に多くの基質の結合部位、錯形成挙動についても報告されており、これらの情報に基づき AC の結合部位や光反応機構の詳細な解明が期待できる。

HSA と AC の基底状態錯形成挙動について、BSA 同様に各種分光学的手法を駆使することにより詳細に検討した結果、5 つの独立したサイトが存在し、AC は第 1 から第 4 サイトには各々 1、1、3、5 分子結合し、第 5 サイトには多数の AC 分子が弱く結合していることが明らかとなった。また、第 1-3 サイトにはカルボン酸としておもに疎水相互作用ならびに水素結合により結合するのに対し、第 4、第 5 サイトではカルボキシレートとして静電相互作用により結合することが示唆された。さらに HAS に対する結合サイト、結合定数が報告されている *p*-ヨード素安息香酸ならびにワルファリンを拮抗阻害剤する AC の結合挙動解析から、AC の結合する第 1 ならびに第 2 サイトを特定することに成功し、第 2 サイトに結合した AC 分子の励起状態は、近傍に存在するトリプトファンにより、ほぼ静的に消光されることが明らかとなった。

これらの基底状態における結合挙動結果に基づき、HAS を不斉反応場とする超分子不斉反応を検討した。その結果、第 1 ならびに第 2 は二量化反応には関与せず、環化二量化反応は第 3 サイト以降で進行することが明らかとなった。室温における反応だけでなく、いくつかの温度における光反応を詳細に検討した結果、これまで報告されている 2 分子系不斉光反応の最高値である 90 %ee が得られ、HSA が極めて有効な不斉光反応場として機能することを明らかとした。

HSA 存在下でのエナンチオ区別光環化二量化反応機構について、拮抗阻害剤存在下で

の反応、消光剤存在下での光反応ならびに種々の AC/HSA 条件下いくつかの温度における光反応について詳細に検討した結果、第 3 サイトが最も高い高いエナンチオ選択性を示すことが明らかとなった。また、二量体 3 のエナンチオ選択性は各サイトで大きく異なっており、第 4 サイトでは第 3、第 5 サイトで生成する 3 の対掌体が生成することも明らかとした。

以上、本研究では、初めて血清アルブミンを不斉反応場とする、超分子不斉光合成反応について詳細に検討し、最高 90% と二分子系光不斉反応としては最高のエナンチオ選択性を実現すると共に、タンパク質など生体高分子が極めて有効な不斉光反応場として機能することを明らかにした。また、温度や溶媒、阻害剤などの外部因子により、光生成物比ならびに光学収率の制御が可能であることを明らかとすると共に、分光学的手法を駆使することにより複数の結合サイトを有するタンパク質中における複雑な光反応の反応機構を、ある程度解明することに成功した。本研究により構築した手法は一般性を有し、今後生体高分子を不斉反応場とする高効率な超分子不斉光化学反応系構築に展開できると期待する。

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 30 件)

1. Nishiyama, Yasuhiro; Wada, Takehiko; Asaoka, Sadayuki; Mori, Tadashi; McCarty, Taylor A.; Kraut, Nadine D.; Bright, Frank V.; Inoue, Yoshihisa, "Entrainer Effect on Photochirogenesis in Near- and Supercritical Carbon Dioxide: Dramatic Enhancement of Enantioselectivity", *J. Am. Chem. Soc.*, **130**, 7526-7527 (2008). (査読有)
2. Lu, Runhua; Yang, Cheng; Cao, Yujuan; Tong, Linhui; Jiao, Wei; Wada, Takehiko; Wang, Zhizhong; Mori, Tadashi; Inoue, Yoshihisa, "Enantiodifferentiating Photoisomerization of Cyclooctene Included and Sensitized by Aroyl- β -cyclodextrins: A Critical Enantioselectivity Control by Substituents", *J. Org. Chem.*, **73**, 7695-7701 (2008). (査読有)
3. Sandanayaka, Atula S. D.; Araki, Yasuyuki; Wada, Takehiko; Hasobe, Taku, "Structural and Photophysical Properties of Self-Assembled Porphyrin Nanoassemblies Organized by Ethylene Glycol Derivatives", *J. Phys. Chem. C*, **112**, 19209-19216 (2008). (査読有)
4. Xiao, Debao; Wada, Takehiko; Inoue, Yoshihisa, "Supramolecular enantiodifferentiating photoisomerization of (Z)-cyclooctene in lyotropic and thermotropic liquid crystals", *Chirality*, **21**, 110-113 (2008). (査読有)
5. Fukuhara, Gaku; Klaerner, Frank-Gerrit; Mori, Tadashi; Wada, Takehiko; Inoue, Yoshihisa, "Supramolecular complexation and photochirogenesis with inherently chiral molecular clip: enantiodifferentiating photoisomerization of (Z,Z)-1,3-cyclooctadiene and polar photoaddition to 1,1-diphenylpropene", *Photochem. Photobiol. Sci.*, **7**, 1493-1500 (2008). (査読有)

6. Hasobe, Taku; Sandanayaka, Atula S. D.; Wada, Takehiko; Araki, Yasuyuki, "Fullerene-encapsulated porphyrin hexagonal nanorods. An anisotropic donor-acceptor composite for efficient photoinduced electron transfer and light energy conversion", *Chem. Comm.*, 3372-3374 (2008). (査読有)
7. D'Souza, Francis; Rogers, Lisa M.; Islam, D.-M. Shafiqul; Araki, Yasuyuki; Ito, Osamu; Wada, Takehiko, "Fluorescence resonance energy transfer between cationic porphyrins accelerated with DNA as a template", *Chem. Lett.*, **37**, 460-461 (2008). (査読有)
8. Pirrung, Michael C.; Bleecker, Anthony B.; Inoue, Yoshihisa; Rodriguez, Fernando I.; Sugawara, Norimitsu; Wada, Takehiko; Zou, Yunfan; Binder, Brad M, "Ethylene receptor antagonists: strained alkenes are necessary but not sufficient", *Chem. Biology*, **15**, 313-321 (2008). (査読有)
9. Saito, Hideaki; Mori, Tadashi; Origane, Yumi; Wada, Takehiko; Inoue, Yoshihisa, "Chiroptical properties and racemization behavior of highly distorted donor-acceptor tetracyanoanthraquinodimethane with interconvertible planar chirality", *Chirality*, **20**, 278-281 (2008). (査読有)
10. Lu, Runhua; Yang, Cheng; Cao, Yujuan; Wang, Zhizhong; Wada, Takehiko; Jiao, Wei; Mori, Tadashi; Inoue, Yoshihisa, "Supramolecular enantiodifferentiating photoisomerization of cyclooctene with modified β -cyclodextrins: critical control by a host structure", *Chem. Comm.*, 374-376 (2008). (査読有)
11. Nishijima, Masaki; Wada, Takehiko; Mori, Tadashi; Pace, Tamara C. S.; Bohne, Cornelia; Inoue, Yoshihisa, "Highly Enantiomeric Supramolecular [4 + 4] Photocyclodimerization of 2-Anthracenecarboxylate Mediated by Human Serum Albumin", *J. Am. Chem. Soc.*, **129**, 3478-3479 (2007). (査読有)
12. Nishijima, Masaki; Pace, Tamara C. S.; Nakamura, Asao; Mori, Tadashi; Wada, Takehiko; Bohne, Cornelia; Inoue, Yoshihisa, "Supramolecular Photochirogenesis with Biomolecules. Mechanistic Studies on the Enantiodifferentiation for the Photocyclodimerization of 2-Anthracenecarboxylate Mediated by Bovine Serum Albumin", *J. Org. Chem.*, **72**, 2707-2715 (2007). (Cover picture, The April Calendar of JOC in 2008). (査読有)
13. Nishiyama, Yasuhiro; Kaneda, Masayuki; Asaoka, Sadayuki; Saito, Ryota; Mori, Tadashi; Wada, Takehiko; Inoue, Yoshihisa, "Mechanistic Study on the Enantiodifferentiating Anti-Markovnikov Photoaddition of Alcohols to 1,1-Diphenyl-1-alkenes in Near-Critical and Supercritical Carbon Dioxide", *J. Phys. Chem. A*, **111**, 13432-13440 (2007). (査読有)
14. Yang, Cheng; Ko, Young Ho; Selvapalam, Narayanan; Origane, Yumi; Mori, Tadashi; Wada, Takehiko; Kim, Kimoon; Inoue, Yoshihisa, "Dynamic Switching between Single- and Double-Axial Rotaxanes Manipulated by Charge and Bulkiness of Axle Termini", *Org. Lett.*, **9**, 4789-4792 (2007). (査読有)
15. Fukuhara, Gaku; Madenci, Suereyya; Polkowska, Jolanta; Bastkowski, Frank; Klaerner, Frank-Gerrit; Origane, Yumi; Kaneda, Masayuki; Mori, Tadashi; Wada, Takehiko; Inoue, Yoshihisa, "Inherently chiral molecular clips: synthesis, chiroptical properties, and application to chiral discrimination", *Chem.-A Eur. J.*, **13**, 2473-2479 (2007). (Cover picture). (査読有)
16. Yang, Cheng; Mori, Tadashi; Wada, Takehiko; Inoue, Yoshihisa, "Supramolecular enantiodifferentiating photoisomerization of (Z,Z)-1,3-cyclooctadiene included and sensitized by naphthalene-modified cyclodextrins", *New J. Chem.*, **31**, 697-702 (2007). (査読有)
17. Fleck, Martin; Yang, Cheng; Wada, Takehiko; Inoue, Yoshihisa; Bach, Thorsten, "Regioselective [2 + 2]-photocycloaddition reactions of chiral tetronates-influence of temperature, pressure, and reaction medium", *Chem. Comm.*, 822-824 (2007). (査読有)
18. Yang, Cheng; Nishijima, Masaki; Nakamura, Asao; Mori, Tadashi; Wada, Takehiko; Inoue, Yoshihisa, "A remarkable stereoselectivity switching upon solid-state versus solution-phase enantiodifferentiating photocyclodimerization of 2-anthracenecarboxylic acid mediated by native and 3,6-anhydro- β -cyclodextrins", *Tetrahedron Lett.*, **48**, 4357-4360 (2007). (査読有)
19. Yang, Cheng; Fukuhara, Gaku; Nakamura, Asao; Origane, Yumi; Mori, Tadashi; Wada, Takehiko; Inoue, Yoshihisa, "Enhanced ternary 1:2 host-guest complexation of amino- β -cyclodextrins with 2-anthracenecarboxylic acid", *J. Incl. Phenom. Macrocycl. Chem.*, **57**, 433-437 (2007). (査読有)
20. Nishiyama, Yasuhiro; Wada, Takehiko; Mori, Tadashi; Inoue, Yoshihisa, "Critical control by temperature and pressure of enantiodifferentiating anti-markovnikov photoaddition of methanol to diphenylpropene in near critical and supercritical carbon dioxide", *Chem. Lett.*, **36**, 1488-1489 (2007). (査読有)
21. Sakeda, Kosaku; Wakabayashi, Kazuhito; Matsushita, Yoshihisa; Ichimura, Teijiro; Suzuki, Tadashi; Wada, Takehiko; Inoue, Yoshihisa, "Asymmetric photosensitized addition of methanol to (R)-(+)-(Z)-limonene in a microreactor", *J. Photochem. Photobiol., A: Chem.*, **192**, 166-171 (2007). (査読有)
22. G. Fukuhara, T. Mori, T. Wada, and Y. Inoue, "Entropy-Controlled Supramolecular Photochirogenesis: Enantiodifferentiating Z-E Photoisomerization of Cyclooctene Included and Sensitized by Permethylated 6-O-Modified β -Cyclodextrins", *J. Org. Chem.*, **71**, 8233-8233 (2006). (査読有)
23. C. Yang, A. Nakamura, T. Wada, and Y. Inoue, "Enantio-Differentiating Photo-Cyclodimerization of 2-Anthracene-Carboxylic Acid Mediated by γ -Cyclodextrins with a Flexible or Rigid Cap", *Org. Lett.*, **8**, 3005-3005 (2006). (査読有)
24. J. Mizoguchi, Y. Kawanami, T. Wada, K. Kodama, K. Anzai, T. Yanagi, and Y. Inoue, "Enantiodifferentiating Photocyclodimerization of 2-Anthracenecarboxylic Acid Using a Chiral N-(2-Hydroxymethyl-4-pyrrolidiny)benzamide Template", *Org. Lett.*, **8**, 6051-6051 (2006). (査読有)

25. J. Mizoguchi, T. Wada, and Y. Inoue, "Solvent switching of stereoselectivity in [4 + 4] photocyclodimerization of 2-anthracenecarboxylic acid", *Chem. Lett.* **35**, 738-738 (2006). (査読有)
26. G. Fukuhara, T. Mori, T. Wada, and Y. Inoue, "The first supramolecular photosensitization of enantiodifferentiating bimolecular reaction: anti-Markovnikov photoaddition of methanol to 1,1-diphenylpropene sensitized by modified β -cyclodextrin", *Chem. Comm.*, 1712-1712 (2006). (査読有)
27. H. Saito, T. Mori, T. Wada, and Y. Inoue, "Switching of Product's Chirality in Diastereodifferentiating [2+2] Photocycloaddition of (E)- versus (Z)-Stilbene to Chiral Fumarate upon Direct and Charge-Transfer-Band Excitation", *Org. Lett.*, **8**, 1909-1909 (2006). (査読有)
28. C. Yang, A. Nakamura, G. Fukuhara, Y. Origane, T. Mori, T. Wada, and Y. Inoue, "Pressure and Temperature-Controlled Enantio-Differentiating [4+4]-Photo-Cyclodimerization of 2-Anthracene-carboxylate Mediated by Secondary Face- and Skeleton-Modified γ -Cyclodextrins", *J. Org. Chem.*, **71**, 3126-3126 (2006). (査読有)
29. T. Furo, T. Mori, Y. Origane, T. Wada, H. Izumi, and Y. Inoue, "Absolute configuration determination of donor-acceptor [2.2]paracyclophanes by comparison of theoretical and experimental vibrational circular dichroism spectra", *Chirality*, **18**, 205-205 (2006). (査読有)
30. C. Schiel, G. A. Hembury, V. V. Borovkov, M. Klaes, C. Agena, T. Wada, S. Grimme, Y. Inoue, and J. Mattay, "New Insights into the Geometry of Resorc[4]arenes: Solvent-Mediated Supramolecular Conformational and Chiroptical Control", *J. Org. Chem.* **71**, 976-976 (2006). (査読有)

[学会発表] (計 21 件)

1. 和田健彦, "細胞内環境応答型人工核酸の創製—がん細胞特異的遺伝治療薬開発を目指して—", 有機化学コロキウム—有機化学のフロンティア—, 八戸, 2008.10.11.
2. 和田健彦, "刺激応答性人工核酸の創製—がん細胞特異的遺伝子治療薬開発を目指して—", 第7回化学系薬学若手研究者セミナー, 仙台, 2008.10.4.
3. Takehiko Wada, Synthesis of Peptide Ribonucleic Acid (PRNA)-DNA Chimera and Interaction with DNA and RNA, 8th International Biorelated Polymers Symposium, Philadelphia, USA, 2008.08.19.
4. 和田健彦, "外部刺激応答性人工核酸の創製—がん細胞特異的遺伝子治療薬の開発を目指して—", 第20回生体機能関連化学若手の会サマースクール, 白石, 2008.8.7.
5. Takehiko Wada, and Yoshihisa Inoue, SUPRAMOLECULAR PHOTOCHEMISTRY WITH BIOPOLYMERS, XXIInd IUPAC SYMPOSIUM ON PHOTOCHEMISTRY, Gothenburg, Sweden, 2008.07.30.
6. Takehiko Wada, "RNA Recognition and Complexation Behavior Control of α -Peptide Ribonucleic Acids Containing Arginine Residue by External Factors – Toward a Cancer Cell Specific Gene Therapeutic Compound –" 35th Controlled Release Society Annual Meeting, New York, USA, 2008.07.15.
7. 和田健彦, "アルギニン含有 α -ペプチドリボ核酸とRNAとの錯体形成挙動に対するセリン導入効果", 第57回高分子年次大会, 横浜, 2008.5.29.
8. Takehiko Wada and Yoshihisa Inoue, "Supramolecular photochirogenesis with bio- and biorelated molecules", Prof. Nicolas J. Turro's 70 Anniversary Symposium, New York, USA, 2008.05.23.
9. 和田健彦, "生体高分子をキラリ反応場とする超分子不斉光化学", シンポジウム モレキュラー・キラリティー 2008, 岡山, 2008.5.22.
10. Takehiko Wada, Masaki Nishijima, Tamara C. S. Pace, Tadashi Mori, Comelia Bohne, Yoshihisa Inoue, Supramolecular Asymmetric Photochirogenesis: Enantiodifferentiating Photocyclodimerization of Anthracene Derivatives in the Presence of Bovine and Human Serum Albumins, 2007 Korea-Japan Symposium on Frontier Photoscience, Gyeongju, Korea, 2007.11.25.
11. Takehiko Wada, Akihiro Nishio, Nobuya Sawa, Mayuko Kikkawa, Hirofumi Sato, Shiro Futaki, and Yoshihisa Inoue, RNA Recognition and Recognition Control of α -Peptide Ribonucleic Acids Containing Arginine Residue by External Factors, 4th International Peptide Symposium, Cairns, Australia, 2007.11.22.
12. Takehiko Wada, International Conference of 43rd Japanese Peptide Symposium / 4th Peptide Engineering Meeting (43JPS/PEM4; Nov. 8, 2007, Yokohama, Japan)
13. Takehiko Wada, "A novel strategy for reversible control of conformation and DNA/RNA recognition of peptide ribonucleic acid (PRNA) by external factors" 2007 the first Japanese-Swiss Symposium on Chemical Biology (JSCB07), EPFL Lausanne, Swiss, 2007.06.26.
14. 和田健彦, "人工核酸を活用した新しい遺伝子治療法提案", 大阪大学大学院薬学研究科特別講演会, 大阪, 2007.6.12.
15. 和田健彦, "外部刺激応答型人工核酸の創製", 多元研講演会「核酸医薬への応用を目指した人工核酸の新しいサイエンス」, 仙台, 2007.5.18.
16. 和田健彦, "外部刺激応答性人工核酸の構築", FIBER Lectures in NANOBIO NOW Series Part 19, 神戸, 2007.4.7.
17. Takehiko Wada, Ryo Maeda, Tadashi Mori, Nobuhiro Kanomata, and Yoshihisa Inoue, "Enantiodifferentiating Photoisomerization of Cyclic Olefins Sensitized by Chiral [10]Paracyclophanes", ICORP Symposium 2007, Osaka, Japan, 2007.01.23.
18. 和田健彦, "外部刺激応答型人工核酸の創製", 第19回名古屋カンファレンス, 名古屋, 2007.1.18.
19. 和田健彦, "外部刺激応答型人工核酸の創製," 第18回名古屋カンファレンス 招待講演者 (Jan. 18, 2007, 名古屋大学・野依記念交流会館)
20. 和田健彦, "刺激応答型人工核酸の創製," 第52回高分子夏期大学 講演者 (July 27, 2006, 愛

媛・ホテル奥道後)。

21. Takehiko Wada, International Congress on Nanobiotechnology & Nanomedicine (NanoBio2006; June 20, 2006, San Francisco, USA).

〔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〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

和田 健彦 (WADA Takehiko)
東北大学・多元物質科学研究所・教授
研究者番号：20220957

(2) 研究分担者

森 直 (MORI Tadashi)
大阪大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号：70311769