

機関番号：13901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20750132

研究課題名(和文) 光応答性 RNA 用いた RNA 機能の光スイッチング

研究課題名(英文) Photoswitching of RNA Function by using photoresponsive RNA

研究代表者：

梁 興国 (LIANG XINGGUO)

名古屋大学・工学研究科・准教授

研究者番号：60447828

研究成果の概要(和文)：光照射で分子構造が大きく変化するアゾベンゼンを RNA に導入することで、光応答性 RNA を作成した。導入したアゾベンゼン分子の光異性化により、RNA/RNA 又は RNA/DNA 二重鎖の形成と解離の光制御を実現した。更に、多数のアゾベンゼンをエンザイム機能を持つリボザイムに導入し、光照射でリボザイムの高次構造を変化させ、RNA 鎖の特異的な切断の光制御も実現し、細胞内で RNA 機能を光で制御できることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：By chemically modifying RNA with azobenzene moieties, whose molecular structures change greatly with light irradiation, photoresponsive RNA is prepared. By using the photoisomerization of introduced azobenzene, formation and dissociation of RNA/RNA and RNA/DNA duplex has been photoregulated. Furthermore, multiple azobenzenes have been introduced to a ribozyme with enzymatic activity, and photoswitching of RNA cleavage at a specific site has been realized. The photoresponsive RNA is promising to be used for photoswitching RNA function.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：核酸化学

科研費の分科・細目：複合化学・生体関連化学

キーワード：RNA、アゾベンゼン、光制御、光スイッチング、リボザイム

1. 研究開始当初の背景

近年、分子レベルで細胞機能を外部刺激による制御する研究が盛んに行われている。遺伝子発現を光で ON-OFF スwitching できれば、生体内のプロセスの機構解明や発病メカニズムの解析に使われる強力なツールとして注目を集めている。本研究を行う前に、既に代表的な光異性化分子であるアゾベンゼンを組み込んだ光応答性 DNA を合成し、様々な DNA 機能の光制御に成功していた。その機構は平面分子の *trans*-アゾベンゼン(可視光照射で生成)が塩基対の間に挿入す

ることで DNA 二重鎖(B型構造)を安定化するのに対し、*cis*-アゾベンゼン(UV 光照射で生成)が非平面分子であるために挿入できず、立体障害により二重鎖を不安定化することである。一方、細胞内で遺伝子発現を調整する様々な機能性 RNA が近年報告されている。従って、細胞のプロセスを制御する場合は、より機能が富む RNA を光応答性を付加するのが有効であると考えた。しかし、RNA/RNA 二重鎖の場合は、DNA 二重鎖の B 型と違い、A 型構造をとるので、簡単に光応答性 DNA の結果から類推できない。

2. 研究の目的

本研究では優れた光応答性 RNA を構築し、RNA 機能の光スイッチングを目的とした。具体的に、光応答性分子であるアゾベンゼンを RNA に導入し、RNA/RNA 二重鎖形成の効率的な光制御を目指した。また、光応答性機能性 RNA の構築を目指して、エンザイム機能を持つ Ribozyme にアゾベンゼンを導入し、その RNA 切断機能の ON-OFF 光スイッチングを狙った。本研究の位置づけは、細胞内での遺伝子発現の光制御を実現出来るための準備段階である。

3. 研究の方法

(1) アゾベンゼンを導入したホスホアミダイドモノマーを DNA/RNA 自動合成機で RNA 配列に導入する。UV-Vis 吸収、NMR、円偏光二色性 (CD)、 T_m などの測定により、光応答性 RNA の機能を評価する。

(2) 機能性 RNA の高次構造の光制御を狙う。即ち、多数のアゾベンゼンを導入するリボザイムの分子設計を行い、照射により最も RNA 切断機能の違いが大きくなる分子設計を選択する。ここでは、電気泳動により、RNA 切断反応の効率を評価する。更に、このストラテジーの一般性を明らかにするために、様々な分子設計を行い、その光制御能への影響を調べ、照射による生じた活性変化のメカニズムを究明する。

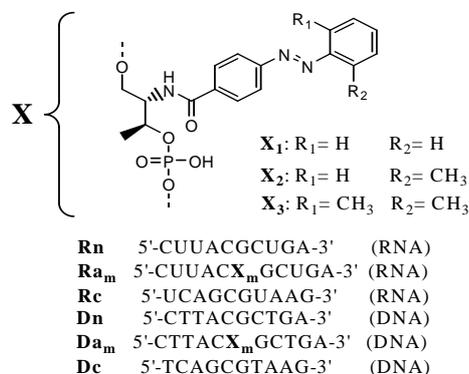
(3) 人工分子であるアゾベンゼンを機能性 RNA の siRNA (short interfering RNA) に導入し、化学修飾による RNA 干渉 (RNAi, RNA interference) への影響を調べ、光応答性の RNAi 系の構築をチャレンジする。

4. 研究成果

(1) 光応答性 RNA による RNA ハイブリダイゼーションの光制御

これまでの研究と同様に、D-threoninol をリンカーとしてアゾベンゼンを RNA に導入した (Scheme 1)。これらの配列を含む二重鎖の融解温度 (T_m) の測定結果を Table 1 に示す。光制御の効果は *trans-cis* 異性化に伴う DNA 二重鎖の融解温度の変化 (T_m) により評価した (Table 1)。アゾベンゼンを含む RNA/RNA 二重鎖 (**Ra₁/Rc**) の場合は、*trans-cis* の異性化に伴う T_m の変化 (T_m) が 12.2 °C と、同じ配列を持つ DNA 二重鎖の場合 (**Da₁/Dc**) より約 5 °C 大きかった。更に、光応答性 RNA の配列を変化させた場合でも 10 °C 程度の T_m が得られ、高い光制御能を示した。以上のことから、アゾベンゼンを RNA 鎖に導入することで、RNA/RNA 二重鎖の形成と解離の効率的な光制御に成功した。この RNA/RNA 二重鎖 (**Ra₁/Rc**) の光制御効率は、RNA にアゾ

ベンゼンを導入した RNA/DNA 二重鎖 (**Ra₁/Dc**) および DNA にアゾベンゼンを導入した DNA/RNA 二重鎖 (**Da₁/Rc**) の場合と比べても、高かった (Table 1)。



Scheme 1. Sequences used in this study.

Table 1. T_m of several duplexes measured in this study.

Duplex	T_m (°C ^a)		
	<i>trans</i>	<i>cis</i>	ΔT_m
Ra₁/Rc	49.0	36.8	12.2
Da₁/Dc	42.9	35.6	7.3
Ra₂/Dc	34.3	25.0	9.3
Da₂/Rc	41.1	30.0	11.1
Rn/Rc (Native)	50.7		
Dn/Dc (Native)	40.9		
Rn/Dc (Native)	34.2		
Dn/Rc (Native)	40.9		

^a Conditions: [DNA] = [RNA] = 5 μM, [NaCl] = 100 mM, pH7.0 (10 mM phosphate buffer)

DNA/DNA 二重鎖と RNA/RNA 二重鎖の光制御を比較した結果、DNA 二重鎖 (**Da₁/Dc**) 形成の光制御では、Native の二重鎖と比べ *trans*-体が安定化し *cis*-体が不安定化していた。それに対し、RNA 二重鎖 (**Ra₁/Rc**) では主に *cis*-体での顕著な不安定化に基づくことが明らかとなった。また、DNA の場合と同様に、2 位 (R1, R2 の部位) をメチル基で置換したアゾベンゼンを RNA に導入したところ、DNA と同様に光制御能の向上が見られたものの、その効果は DNA 二重鎖の場合よりも小さかった。これは、RNA 二重鎖が、DNA 二重らせんとは異なる堅固な A 型二重らせんを形成するためと考えられる。以上のように、D-threoninol をリンカーとしてアゾベンゼンを RNA に導入することで、DNA 二重鎖の場合と同様に、RNA 二重鎖の形成と解離の高効率光制御を実現した。

(2) 遺伝子発現の光制御を目指したアゾベンゼン修飾 siRNA の分子設計

ターゲット RNA を特異的に分解する RNA 干渉 (RNAi) は新規遺伝子治療法としての応

用が期待されており、修飾 RNA の利用や詳細なメカニズムの解明など、盛んに研究が行われている。ここでは、アゾベンゼンを導入した siRNA を用いて、RNA 干渉による遺伝子発現の光制御を目指して、光応答性 siRNA を設計した。

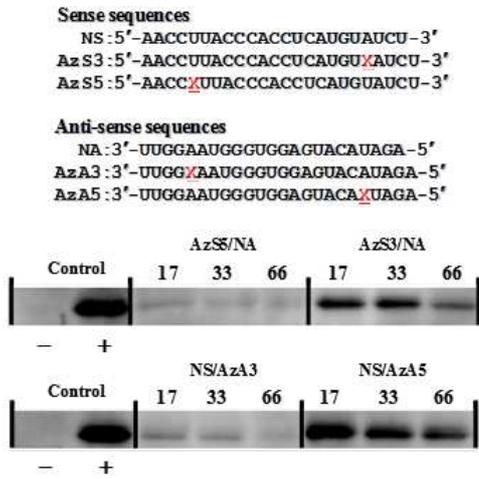


Fig. 1. RNAi effect of azobenzene-modified siRNA at various concentrations (17, 33, 66 nM). The bands show the Piasy protein expressed from target mRNA.

ターゲット遺伝子 (Mouse Piasy) を含む Plasmid と二重鎖 RNA を細胞に導入し、RNA 干渉効果を Western Blotting によって検出した。まず、RNA に導入した *trans* アゾベンゼンの RNA 干渉に及ぼす影響を調べた。Fig 1. に示すように、Sense 鎖の 5'末端 (Antisense 鎖の 3'末端) 側に導入した **AzS5/NA**, **NS/AzA3** では RNA 干渉によりタンパク質の発現が抑制されていると分かった。興味深いことに、これらの場合は、未修飾の siRNA に比べ、RNA 干渉の効果を大きく向上した。一方、Antisense 側に導入した **AzS3/NA**, **NS/AzA5** では、RNA 干渉が阻害されていることが示唆された。これは siRNA と酵素や認識タンパクとの相互作用においてアゾベンゼンが局所的に影響していることが考えられる。以上のことから、光照射によってアゾベンゼンを *cis* 体へと異性化させることで二重鎖の局所的な構造変化を引き起こし、RNA 干渉を光制御することが期待できる。

(3) 光応答性リボザイムの構築

リボザイムは、エンザイム機能を持つ RNA 配列である。Hammerhead Ribozyme は RNA を切断する代表的なリボザイムで、本研究では、Fig. 2b に示すように、多数のアゾベンゼンを導入し、光応答性リボザイムを構築した。リボザイムの両末端にあるアゾベンゼン修飾 DNA はハイブリダイズすると、塩基対とアゾベンゼンが交互に並ぶ形になる。シス体 (紫外光、UV) の場合では、ヘアピンが開き、RNA を切断する。一方、トランス体 (可視光、

Vis) の場合では、安定な二重鎖が形成するので、ヘアピンの形になり、RNA の切断が起こらない。実際に光スイッチングを行ったところ、Fig. 2c に示すように、RNA 切断反応の完全な ON-OFF 光スイッチングを実現した。

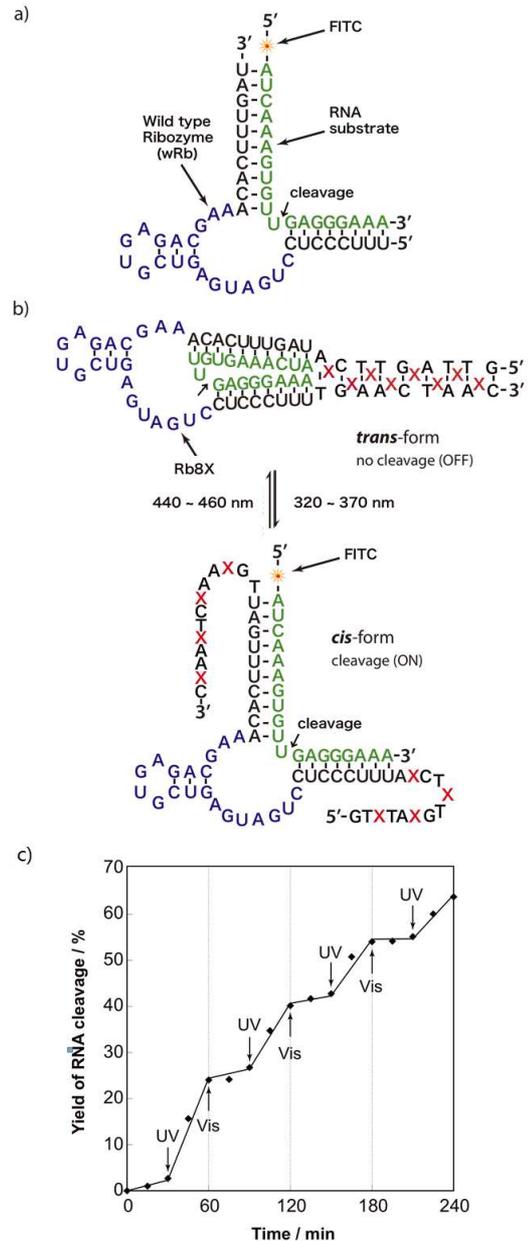


Fig. 2. Molecular design of a photo-responsive hammerhead ribozyme (Rb8X) bearing azobenzene residues (X, in red). (a) The wild-type ribozyme/substrate complex. (b) Reversible changes are induced in the secondary structures Rb8X/substrate complex with light irradiation. Upon irradiation with visible light (440-460 nm), the two strands of the supra-photoswitch hybridize with each other to form a stable duplex, and the steric hindrance caused by the proximity of the arms limited the topological structure of the catalytic loop. Upon irradiation with UV light (320-370 nm), the duplex dissociates, and the topological constraint is released. (c) Photoswitching

of RNA cleavage by Rb8X. The reaction mixture was alternately irradiated with UV (5 min) or visible light (1 min) at 37 °C.

以上のように、RNA にアゾベンゼンの直接導入や、光応答性 DNA の活用により、異なる波長の光を用いることで RNA 機能をコントロールすることに成功した。このような光応答性 RNA を細胞に導入すれば、任意の場所、任意の Timing で、ピンポイントの遺伝子発現の光制御が期待できる。

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 18 件) すべて査読有

1. "Nick Sealing by T4 DNA Ligase on a Modified DNA Template Tethering a Functional Molecule on D-Threoninol." Liang, X.G.; Fujioka, K.; Asanuma, H. *Chem. Eur. J.*, **accepted**. **2011**
2. "Preparation of photoresponsive DNA tethering ortho-methylated azobenzene as a supraphotoswitch." Asanuma, H.; Nishioka, H.; Ishikawa, T.; Liang, X. G.; *Current Protocols in Nucleic Acid Chemistry*, **accepted**. **2011**
3. "Design of a Functional Nanomaterial with Recognition Ability for Constructing Light-Driven Nanodevices." Liang, X.G.; Mochizuki, T.; Fujii, T.; Kashida, H.; Asanuma, H. *LNCS* **2011**, 6518, 112-122.
4. "Unexpectedly stable artificial duplex from flexible acyclic threoninol." Asanuma, H.; Toda, T.; Murayama, K.; Liang, X.G.; Kashida, H. *J. Am. Chem. Soc.*, **2010**, 132, 14702-14703.
5. Construction of photoresponsive RNA for photoswitching RNA hybridization." Ito, H.; Liang, X.G.; Nishioka, H.; Asanuma, H. *Org. Biomol. Chem.*, **2010**, 8, 5519-5524.
6. "Robust and photo-controllable DNA capsules using azobenzenes." Tanaka, F.; Mochizuki, T.; Liang, X.G.; Asanuma, H.; Tanaka, S.; Suzuki, K.; Kitamura, S.; Nishikawa, A.; Ui-Tei, K.; Hagiya, M. *Nano Lett.*, **2010**, 10, 3560-3565.
7. Hara, Y.; Fujii, T.; Kashida, H.; Sekiguchi, K.; Liang, X.G.; Niwa, K.; Takase, T.; Yoshida, Y.; Asanuma, H. *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2010**, 49, 5502-5506.
8. "Accumulation of fluorophores into DNA duplexes to mimic the properties of quantum dots." Kashida, H.; Sekiguchi, K.; Liang, X.G.; Asanuma, H. *J. Am. Chem. Soc.*, **2010**, 132, 6223-6230.
9. "Photoregulation of DNA transcription by using photoresponsive T7 promoters and clarification of its mechanism." Liang, X.G.; Wakuda, R.; Fujioka, K.; Asanuma, H. *FEBS J.* **2010**, 277, 1551-1561.
10. "A light-driven DNA nanomachine for efficiently photoswitching RNA digestion." Zhou M.G.; Liang, X.G.; Mochizuki, T.; Asanuma, H. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2010**, 49, 2167-2170.
11. "Effect of the ortho modification of azobenzene on the photoregulatory efficiency of DNA hybridization and thermal stability of its cis-form." Nishioka H.; Liang, X.G.; Asanuma, H. *Chem. Eur. J.* **2010**, 16, 2054-2062.
12. "An interstrand-wedged duplex composed of alternating DNA base pairs and covalently attached intercalators." Liang, X.G.; Nishioka H.; Mochizuki, T.; Asanuma, H. *J. Mater. Chem.* **2010**, 20, 575-581.
13. "In-Stem Molecular Beacon containing a Pseudo Base Pair of Threoninol Nucleotides for Removal of Background Emission." Kashida, H.; Takatsu, T.; Fujii, T.; Sekiguchi, K.; Liang, X.G.; Niwa, K.; Takase, T.; Yoshida, Y.; Asanuma, H. *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2009**, 48, 7044-7047.
14. "A Supra-Photoswitch Involving Sandwiched DNA Base Pairs and Azobenzenes for Light-Driven Nanostructures and Nanodevices." Liang, X.G.; Mochizuki, T.; Asanuma, H. *Small* **2009**, 5, 1761-1768.
15. "Construction of Photon-Fueled DNA Nanomachines by Tethering Azobenzenes as Engines." Liang, X.G.; Nishioka, H.; Takenaka, N.; Asanuma, H. *LNCS* **2009**, 5347, 21-32.
16. "A DNA Nanomachine Powered by Light Irradiation." Liang, X.G.; Nishioka, H.; Takenaka, N.; Asanuma, H. *ChemBioChem*, **2008**, 9, 702-705.
17. "Molecular Design for Reversing the Photoswitching Mode of Turning ON and OFF DNA Hybridization" Liang, X.G.; Takenaka, N.; Nishioka, H.; Asanuma, H. *Chem. Asian J.*, **2008**, 3, 553-560.
18. "Diastereomer Separation of Azobenzene-Tethered Oligodeoxyribonucleotides and Determination of Their Absolute Configurations by Enzymatic Digestion." Liang, X.G.; Komiyama, M.; Asanuma, H. *Nucleosides, Nucleotides & Nucleic Acids*, **2008**, 27, 332-350.

[学会発表] (計 50 件)

1. 伊藤浩・梁興国・浅沼浩之、siRNA の化学修飾による RNAi 活性の向上 (口頭)、日本化学会第 9 1 春季年会、2011 年 3 月 26 日-29 日、神奈川大学。
2. 浅沼浩之・大澤卓矢・藤井大雅・梁興国・榎田啓・吉田安子・嶋田直彦・丸山厚、カチオン性グラフトポリマーとの併用による超高感度インシステムモレキュラービーコンシステム (口頭)、日本化学会第 9 1 春季年会、2011 年 3 月 11 日、講演予稿集。
3. 石川顕慎・西岡英則・沢邊恭一・梁興国・浅沼浩之、DNA 機能の可視光制御を目指したアゾベンゼン修飾の分子設計 (口頭)、日本化学会第 9 1 春季年会、2011 年 3 月 11 日、講演予稿集。
4. 梁興国・水谷春華・浅沼浩之、光で操作可能なナノデバイスを構築するための光応答性粘着末端の分子設計 (口頭)、日本化学会第 9 1 春季年会、2011 年 3 月 11 日、講演予稿集。
5. 西岡英則・石川顕慎・梁興国・浅沼浩之、二種類の修飾アゾベンゼンを用いた高度な光駆動型 DNA ナノデバイスの構築 (口頭)、日本化学会第 9 1 春季年会、2011 年 3 月 11 日、講演予稿集。
6. 熊南和哉・梁興国・榎田啓・浅沼浩之、ストランドインベーターへの応用を目指した人工ヌクレオチドの設計 (口頭)、日本化学会第 9 1 春季年会、2011 年 3 月 11 日、講演予稿集。
7. X.G. Liang (oral, invited) Molecular biology and nanotechnology of azobenzene-modified nucleic acid, G-COE symposium in Nagoya on Biochemistry and Bionanotechnology, Jan. 12, 2011, Nagoya (Japan).
8. H. Asanuma, H. Nishioka, T. Mochizuki, X.G. Liang (invited), On-off photoswitching of DNA function with azobenzene-tethered DNA, Pacificchem 2010, Dec. 15-20, 2010, Hawaii, USA.
9. X.G. Liang, M. G. Zhou, T. Mochizuki, H. Asanuma, Construction of Photoresponsive Nanodevices by Using a Novel Nanomaterial Involving Multiple Azobenzenes. (oral), The 37th International Symposium on Nucleic Acids Chemistry 2010, November 10-12, 2010, Yokohama, Japan.
10. X.G. Liang; T. Mochizuki; H. Nishioka; H. Asanuma Nanotechnology of azobenzene- modified DNA for constructing photoresponsive nanostructures and nanodevices (oral), PACIFICHEM 2010, December 15-20, 2010, Honolulu, USA.
11. T. Kato; X.G. Liang; H. Asanuma, Unexpected non-specific DNA synthesis by thermophilic DNA polymerase (oral), PACIFICHEM 2010, December 15-20, 2010, Honolulu, USA
12. X.G. Liang; K. Fujioka; R. Wakuda; H. Asanuma, Reversible photoswitching of gene expression with azobenzene-modified DNA (oral), PACIFICHEM 2010, December 15-20, 2010, Honolulu, USA
13. H. Itoh; X.G. Liang; H. Asanuma, Photo-switching of RNA function by using azobenzene-modified RNA (oral), PACIFICHEM 2010, December 15-20, 2010, Honolulu, USA.
14. 藤井大雅・原 雄一・吉田 安子・梁興国・榎田啓・浅沼浩之、非対称色素クラスターを利用した高感度 In-Stem Molecular Beacon の開発 (口頭)、第 59 回高分子討論会、2010 年 9 月 15-17 日、北海道大学。
15. 西岡英則・梁興国・浅沼浩之、可視光による DNA 機能の可逆的な光スイッチングを目指したアゾベンゼン誘導体の分子設計 (口頭)、第 59 回高分子討論会、2010 年 9 月 15-17 日、北海道大学。
16. 梁興国・加藤智博・浅沼浩之 好熱性 DNA ポリメラーゼによる異常な DNA 合成 (口頭)、第 20 回バイオ・高分子シンポジウム、2010 年 7 月 28 日-29 日、東京。
17. 西岡英則・梁興国・浅沼浩之「オルト位メチル修飾によるシス体アゾベンゼンの熱安定性の向上およびその機構解明」日本化学会第 90 回春季年会、2010 年 3 月 26 日-29 日、(3G6-52)、大阪。
18. 周 孟光・梁興国・浅沼浩之「アゾベンゼン修飾 DNA エンザイムによる RNA 切断の光制御」(口頭)、日本化学会第 90 春季年会、2010 年 3 月 26 日-29 日、(4D3-09) 大阪。
19. 園田峻・梁興国・浅沼浩之「修飾 DNA の機能向上を目指した機能性分子導入リンカーの分子設計」(口頭)、日本化学会第 90 春季年会、2010 年 3 月 26 日-30 日、(1D3-29)、大阪。
20. Liang, X.G.; Suzuki, M.; Kato, T.; Asanuma, H. A challenge on specific DNA amplification at ambient temperatures. The 3th World Congress of Gene, December 1-7, 2009, Foshan, China. Track 9-1, High Sensitive Analytical Techniques of Biotherapeutics. Co-chair. Invited presentation. (Invited)
21. 周孟光・望月敏夫・梁興国・浅沼浩之「アゾ

- ベンゼンの光異性化を利用した光応答性 DNAzyme 10-23 の開発」、中部化学関係学協会支部連合協議会、2009年11月7-8日、岐阜。
22. 梁興国・西岡英則・望月敏夫・周孟光・竹中信貴・浅沼浩之、「光駆動型 DNA ナノデバイスの構築とその応用」(口頭)、第58回高分子討論会(3N14)、2009年9月16-18日、熊本大学、熊本。
 23. 樫田啓・高津智彦・梁興国・丹羽孝介・高瀬智和・吉田安子・浅沼浩之「ステム内部での色素会合を利用した高感度モレキュラービーコンの開発」、第58回高分子討論会、2009年9月16日-18日、(1Q-17)、熊本。
 24. 梁興国・望月敏夫・周孟光・西岡英則・竹中信貴・浅沼浩之、「アゾベンゼン導入 DNA のナノテクノロジー」、第24回生体機能関連化学シンポジウム(1A-04)、2009年9月13-15日、九州大学、福岡。
 25. 樫田啓・高津智彦・関口康司・梁興国・丹羽孝介・高瀬智和・吉田安子・浅沼浩之「ペリレン-アントラキノン塩基対を利用した高感度 In-Stem Molecular Beacon の開発」(口頭)、第24回生体機能関連化学シンポジウム、2009年9月13日-15日、(2C-02)、福岡。
 26. Liang, X.G.; Kato, T.; Asanuma, H. De novo DNA synthesis by thermophilic DNA polymerase. The 10th International Conference on Thermophiles Research, O17 (pp55), August 16-21, 2009, Beijing, China. (Invited).
 27. 梁興国・藤岡健太・和久田竜史・浅沼浩之「光応答性 T7 プロモーターを用いた遺伝子発現の光制御—可視光照射による GFP タンパク質生成の光スイッチング—」(口頭)、第19回バイオ・高分子シンポジウム(30)、2009年7月30-31日、東京大学先端研、東京。
 28. H. Nishioka, X.G. Liang, Hiroyuki Asanuma, Efficient Photo-Regulation of DNA Hybridization for Constructing Light-driven Nano Device, *Nagoya University Global COE in Chemistry Annual Symposium*, (R-06), Jun. 9 (2009), Nagoya, Japan.
 29. 梁興国・望月敏夫・竹中信貴・浅沼浩之「ナノ材料化を目指した光応答性 DNA の分子設計 □アゾベンゼンの対称導入による完全 ON-OFF 光制御□」、日本化学会第89春季年会(3H6□36)、2009年3月27-30日、日本大学船橋キャンパス、千葉。
 30. 伊藤浩・西岡英則・梁興国・浅沼浩之「遺伝子発現の光制御を目指したアゾベンゼン修飾 siRNA の分子設計」、日本化学

会 第89春季年会、2009年3月27日-30日、(1J5-19)、千葉。

31. 望月敏夫・梁興国・浅沼浩之「DNA ヘアピン開閉の光制御とその RNA 切断反応の光スイッチングへの応用」、日本化学会第89春季年会、2009年3月27-30日、(3H6-38)、千葉。
32. 藤岡健太・西岡英則・藤井大雅・樫田啓・梁興国・浅沼浩之「メチルチオアゾベンゼンの導入による遺伝子発現の可視光制御」、日本化学会第89春季年会、2009年3月27日-30日、(1J5-18)、千葉。
33. 西岡英則・梁興国・浅沼浩之「DNA ハイブリダイゼーションの高効率な光制御」第2回物質科学フロンティアセミナー、2009年3月12日-13日、(P-7)、名古屋。

他のポスター発表 17 件

[図書] (計1件)

浅沼浩之、梁興国 “DNA のダイナミックな光制御”, “超分子サイエンス&テクノロジー—基礎からイノベーションまで—”, 国武豊喜 監修, p. 941-948, エヌ・ティー・エス (2009).

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称: オリゴヌクレオチドプローブ及びその利用

発明者: 浅沼浩之、梁興国、樫田啓、吉田安子、高瀬智和、丹羽孝介

権力者 (出願人): 独立行政法人 名古屋大学、日本碍子 (株)

出願番号: PCT/JP2009/061980 (特願

2008-285966、特願 2008-172526 の PCT 出願)

出願日: 2009年6月30日

国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

梁興国 (LIANG XINGGUO)

名古屋大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号: 60447828

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし