

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 6 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25248038

研究課題名(和文) タンパク質単分子配置による分子コンビナート構築原理の確立

研究課題名(英文) Principles for assembling cascade enzymes

研究代表者

森井 孝 (MORII, Takashi)

京都大学・エネルギー理工学研究所・教授

研究者番号：90222348

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,800,000円

研究成果の概要(和文)：二次元の足場としてDNAナノ構造体を利用して、複数種の酵素をナノメートル精度で1分子ずつ数量と配向を精密に制御して配置した反応場を構築した。異なる塩基配列で選択的に共有結合を形成する三種類のアダプターをキシロース還元酵素、キシリトール脱水素酵素そしてキシルロースリン酸化酵素に融合して、DNAナノ構造体上に配置したところ、三段階の酵素反応によるリン酸化キシルロースの生成が増大した。酵素を組み合わせることでナノスケールで配置した反応場を構築することにより、多段階の物質変換反応をワンポットで高効率に達成する「分子コンビナート」という新しい化学分野の端緒を開いた。

研究成果の概要(英文)：Understanding the effect of spatial organization on the efficiency of multi-enzyme systems reveals a principle that efficiently drives multi-enzymatic cascade. DNA nanostructures provide useful scaffolds for the spatial organization of enzymes to form artificial enzyme cascades. We have developed methods to use sequence-specific DNA binding proteins as adaptors to stably locate the enzymes at specific positions on DNA scaffold. Our protein-adaptor-based method successfully assembled recombinant enzymes in high loading yields with distinctly controlling the number of enzyme molecules and maintaining the catalytic activities of enzymes. An artificial enzyme cascade of xylose reductase (XR) and xylitol dehydrogenase (XDH) has been constructed by coassembling the enzymes on DNA origami. Further extension of this artificial metabolic pathway was achieved by using modular adaptors equipped with the protein-tag to successfully construct XR/XDH/xylulose kinase.

研究分野：生物機能化学

キーワード：核酸関連化学 タンパク質 単分子配置 酵素 代謝 DNAナノテクノロジー 受容体 人工代謝系

1. 研究開始当初の背景

生体内の代謝反応では、連続する代謝反応に関連する酵素が、空間的に近接した配置を取ることによって、効率よく多段階の代謝反応が進行すると考えられている。しかし、酵素をナノメートルの精度で制御して配置することが技術的に困難なため、厳密に数や距離を制御して酵素や受容体を集積化した場合の基質親和性や基質選択性の変化については、実験的な確認が困難だった。さらに、細胞膜上では特定の基質に結合する受容体(リセプター)の集積化がシグナル伝達の制御に関わっていることが示唆されている。しかし、リセプターをナノメートルの精度で制御して配置することが技術的に困難なため、厳密に数や距離を制御してリセプターを集積化した場合の基質親和性や基質選択性の変化については、実験的な確認が困難だった。DNA オリガミは、DNA が特定の組み合わせで塩基対を形成するという性質を利用して作製されるナノ構造体であり、その上に様々な生体高分子を位置特異的に配置することができる。従って、酵素やリセプターをナノメートルの精度で、厳密に数や距離を制御した集積体とした場合の基質親和性、基質選択性、反応速度などを実験的に明らかにすることが可能になる。

2. 研究の目的

二次元もしくは三次元の「足場」として DNA ナノ構造体を利用して、酵素そして酵素機能を補助する受容体を 1 分子ずつ数量と配向を精密に制御して配置した反応場を構築する。これをもとにして、段階的に進行する化学反応場を構築し、分子コンビナートの構築原理を確立する。

3. 研究の方法

段階的に進行する化学反応として、キシロース還元酵素 (XR) とキシリトール脱水素酵素 (XDH) を用いた。DNA ナノ構造体上にこれらの酵素を配置するため、XR と亜鉛フィンガータンパク質アダプターの融合タンパク質 zXR、XDH とベータシクロイシンジッパータンパク質 GCN4 アダプターの融合タンパク質 G-XDH をそれぞれ作製した。DNA ナノ構造体は Rothemund が開発した DNA オリガミ法により構築した。タンパク質を目的アドレスに配置した DNA ナノ構造体は、原子間力顕微鏡 (AFM) を用いた一分子観測により同定、収率を評価した。Rev ペプチドと Rev Response Element (RRE) RNA の複合体を基本骨格とし、様々な基質に対するリセプター、蛍光性 RNP センサーが作製できる。RNP は容易に DNA オリガミ上の特定の位置に配置出来るため、基質結合場に触媒基を隣接させることにより触媒活性を発揮する RNP 酵素を作製した。集積化した状態での受容体の挙動を明らかにするためには、受容体との結合挙動が光学的シグナルによって検出できる蛍光性受容体を用いる必要がある。そのため、蛍光分子ライブラリーを利用して、RNP リセプターを蛍光セン

サーへと変換する方法論を開発した。

4. 研究成果

(1) アダプター融合酵素およびモジュール型アダプター融合酵素の作製

得られたアダプター融合酵素 z-XR と G-XDH はそれぞれもとの酵素と同等もしくはそれ以上の活性を示した。キシロース還元酵素とアダプターの融合タンパク質 z-XR は、期待したアドレスに 50%程度しか配置されないことが明らかになった。そこで、設計通りにタンパク質を配置した DNA ナノ構造体を高効率で作製するために、SNAP タグをアダプターに融合し、タグ基質を DNA ナノ構造体に導入、反応させて、安定かつ高収率に目的とするタンパク質を DNA ナノ構造体上に配置する方法を開発した。その結果、SNAP タグを融合したモジュール型アダプターは、ほぼ定量的に目的とする DNA ナノ構造体の位置にタンパク質を配置することが出来ることがわかった。

(2) 複数種の酵素を配置した多段階変換反応の効率化

これまでに開発した SNAP タグを利用した共有結合型アダプターに加えて、Halo タグと CLIP タグを利用した、異なる塩基配列で選択的に共有結合を形成するアダプターを開発した。これら三種類のアダプターをキシロース還元酵素 (XR)、キシリトール脱水素酵素 (XDH) そしてキシロースリン酸化酵素 (XK) に融合して、DNA ナノ構造体上に XR、XDH、XK を配置したところ、XK によるリン酸化キシロースの生成が増大した。

(3) RNP 酵素の作製

RNP は DNA オリガミ上に容易に配置できる。この特長を活かすために、基質結合場に触媒基を隣接させることにより、触媒活性を発揮する RNP 酵素を作製した。RNP リセプターをもとにして、触媒活性を発揮する RNP を得るための RNP ライブラリーを作製した。基質結合場の近傍に触媒分子を配置することにより、近接効果によって反応が加速される可能性がある。そこで、近接効果を発現できるような三次元構造をもつ RNP を獲得するため、「多様な立体構造をもつ RNP ライブラリー」を構築した。構造多様性を持つ ATP 結合性 RNP リセプターの RNA サブユニットライブラリーと、触媒分子を様々な構造モチーフを介してペプチドサブユニットの N 末端に導入したペプチドライブラリーを組み合わせ、600 種類以上の構造多様性に富んだ「触媒分子導入 RNP リセプターライブラリー」を構築した。この RNP ライブラリーから、標的反応に対する触媒活性を示す RNP を選択した。簡便かつ迅速に、触媒活性を指標とした RNP のスクリーニングを行うために、加水分解反応により蛍光特性が変化するウンベリフェリルエステルを有する ATP 誘導体を基質として合成した。この基質を用いて、加水分解活性を指標としたスクリーニングを行った結果、エステル加水分解への触媒活性を示す RNP リセプターを得ることに成功した。

(4) 受容体と酵素が共同して働く分子コンビナート

DNA ナノ構造体上に XDH を配置し、その補酵素であるニコチンアミドアデニンジヌクレオチド(NAD⁺)に対して高い認識能を有しているリセプターを配置した。この組織体では、溶液中では反応が進行しないNAD⁺濃度でも酵素反応が進行した。これらは、実際に集積化したリセプターを構築する事によってはじめて明らかになった知見であり、本研究で目的とする「受容体と酵素が共同して働く分子コンビナート」を設計する上で、重要な知見が得られた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計15件)

- ① Kiyonaka, S., Kajimoto, T., Sakaguchi, R., Shinmi, D., Omatsu-Kanbe, M., Matsuura, H., Imamura, H., Yoshizaki, T., Hamachi, I., Morii, T., Mori, Y., Genetically encoded fluorescent thermo-sensors for visualizing subcellular thermoregulation in living cells. *Nat. Methods* 10, 1232-1238 (2013) doi: 10.1038/nmeth.2690
- ② Carrette, Lieselot L. G.; Morii, Takashi; Madder, Annemieke, Toxicity inspired cross-linking for probing DNA-peptide interactions. *Bioconjugate Chem.* 24 (12), 2008-2014 (2013). doi: 10.1021/bc400327q
- ③ Ngo, Tien Anh; Nakata, Eiji; Saimura, Masayuki; Kodaki, Tsutomu; Morii, Takashi A protein adaptor to locate a functional protein dimer on molecular switchboard. *Methods* 67, 142-150 (2014) doi: 10.1016/j.ymeth.2013.10.014
- ④ Carrette, Lieselot L. G.; Morii, Takashi; Madder, Annemieke, Peptidosteroid Tweezers Revisited: DNA Binding Through an Optimised Design. *Eur. J. Org. Chem.* 14, 2883-2891 (2014). doi: 10.1002/ejoc.201301854
- ⑤ M. Inoue, S. Kaida, S. Nakano, C. Annoni, E. Nakata, T. Konno, T. Morii, Phosphorylation regulates fibrillation of an aggregation core peptide in the second repeat of microtubule-binding domain of human tau. *Bioorg. Med. Chem.* 22, 6471-6480 (2014) doi:10.1016/j.bmc.2014.09.032
- ⑥ E. Nakata, H. Dinh, T.A. Ngo, M. Saimura, T. Morii, A modular zinc finger adaptor accelerates the covalent linkage of proteins at specific locations on DNA nanoscaffolds. *Chem. Commun.* 51, 1016-1019 (2015). doi: 10.1039/c4cc08167f
- ⑦ E. Nakata, H. Dinh, T.A. Ngo, M. Saimura, T. Morii, A modular zinc finger adaptor accelerates the covalent linkage of proteins at specific locations on DNA nanoscaffolds. *Chem. Commun.* 51,

1016-1019 (2015). doi: 10.1039/c4cc08167f

⑧ T. A. Ngo, E. Nakata, M. Saimura, T. Morii, Spatially Organized Enzymes Drive Cofactor-Coupled Cascade Reactions. *J. Am. Chem. Soc.* 138, 3012-3021 (2016). doi: 10.1021/jacs.5b10198

⑨ E. Nakata, Y. Yukimachi, Y. Uto, H. Hori, T. Morii, Latent pH-responsive ratiometric fluorescent cluster. *Sci. Tech. Adv. Mater.* 17, 431-436 (2016). doi: 10.1080/14686996.2016.1204888

⑩ A. Rajendran, E. Nakata, S. Nakano, T. Morii, Nucleic acids-templated enzyme cascades. *ChemBioChem.* 18, 696-716 (2017). doi: 10.1002/cbic.201600703

⑪ T. Tamura, S. Nakano, E. Nakata, T. Morii, Construction of a library of structurally diverse ribonucleopeptides with catalytic groups. *Bioorg. Med. Chem.* 25, 1881-1888 (2017). doi: 10.1016/j.bmc.2017.02.007

⑫ T. N. Nguyen, E. Nakata, M. Saimura, H. Dinh, T. Morii, Design of Modular Protein-Tags for the Orthogonal Covalent Bond Formation at Specific DNA Sequences (2017). doi: 10.1021/jacs.7b01640

⑬ 森井 孝, DNA 折り紙、高分子 66, 107 (2017).

[学会発表] (計67件)

森井 孝 Construction of Protein Assemblies on Molecular Switchboard A3RONA2013, 2013.8.31, Konan University (招待講演)

森井 孝, DNA ナノ構造体による機能性タンパク質組織体の構築, 高分子討論会, 2013.9.12, 金沢大学 (招待講演)

Takashi Morii, Construction of Protein Assemblies on Molecular Switchboard, Asian Chemical Biology Initiative 2014 Manila Meeting, 2014.1.25, Manila (招待講演)

T.A. Ngo, E. Nakata, M. Saimura, S. Nakano, T. Kodaki, T. Morii, Construction of a molecular switchboard by using monomeric and homodimeric protein adaptors, Gordon Research Conference, 2013.6.9-13, Proctor Academy, Andover, NH, USA

中田栄司, Ngo Tien Anh, 仲野瞬, 才村正幸, 小瀧努, 森井孝, DNA origami 上に機能性タンパク質を固定化した分子スイッチボードの開発, 第7回バイオ関連化学シンポジウム, 2013.9.27, 名古屋大学

T.A. Ngo, E. Nakata, M. Saimura, S. Nakano, T. Kodaki, T. Morii, Development of an artificial protein assembly on molecular switchboard. 第7回バイオ関連化学シンポジウム, 2013.9.27, 名古屋大学

C. Annoni, F.F. Liew, S. Nakano, E. Nakata, M.L. Gelmi, T. Morii, Construction of a molecular switchboard by assembling

ribonucleopeptide biosensors. The 40th International Symposium on Nucleic Acids Chemistry, 2013. 11. 13, Kanagawa University

E. Nakata, H.T.T. Dinh, T.A. Ngo, M. Saimura, T. Morii, Site-specific covalent modification of DNA origami by functional proteins. The 40th International Symposium on Nucleic Acids Chemistry, 2013. 11. 14, Kanagawa University

T.A. Ngo, E. Nakata, M. Saimura, T. Kodaki, T. Morii, Development of a homodimeric adaptor for constructing an artificial protein assembly on molecular switchboard. The 40th International Symposium on Nucleic Acids Chemistry, 2013. 11. 14, Kanagawa University

吉村祐輝, ANNONI Chiara, 仲野瞬, 中田栄司, GELMI Maria LUISA, 森井孝, DNA オリガミを用いた RNA アプタマーの集積効果の評価. 日本化学会第 94 春季年会, 2015. 3. 27, 名古屋大学 東山キャンパス

佐々木謙太, 戸田昂人, 中田栄司, 森井孝, DNA オリガミへの機能性タンパク質の 1 分子固定化:共有結合型 DNA 結合アダプターの開発, 日本化学会第 94 春季年会, 2015. 3. 28, 名古屋大学 東山キャンパス

戸田昂人, Ngo Anh Tien, Huyen Thi Thu Dinh, 佐々木謙太, 中田栄司, 森井孝, DNA オリガミへの機能性タンパク質の 1 分子固定化:DNA 結合アダプターと DNA オリガミとの共有結合形成, 日本化学会第 94 春季年会, 2015. 3. 27, 名古屋大学 東山キャンパス

T.A. Ngo, E. Nakata, M. Saimura, T. Kodaki, T. Morii, Construction of organized assembly of enzymes on DNA origami, 日本化学会第 94 春季年会, 2015. 3. 29, 名古屋大学 東山キャンパス

H. T. T. Dinh, E. Nakata, A. T. Ngo, H. Ashida, A. Yokota, T. Morii, Applications of sequence-specific DNA binding adaptors for assembling proteins on DNA origami. 日本化学会第 94 春季年会, 2015. 3. 29, 名古屋大学 東山キャンパス

森井 孝, Spatially organized assembly of enzymes and receptors on the molecular switchboard. Cutting-edge Technologies for New Drug Discovery and Development 2015. 2. 5, Dongguk University (招待講演)

森井 孝, Spatially organized assembly of enzymes on the molecular switchboard. Special Faculty Seminar, 2015. 2. 3, College of Pharmacy, Ewha University, Korea (招待講演)

吉村祐輝, アンノーニ キアラ, 仲 瞬, 中田栄司, 森井孝, 集積化した RNA アプタマーの基質選択性評価, 第 8 回バイオ関連化学シンポジウム, 2014. 9. 11, 岡山

戸田昂人, 中田栄司, Ngo Anh Tien, Huyen Dinh, 才村正幸, 森井孝, タグタンパク質融合アダプ

ーを用いた DNA ナノ構造体への共有結合によるタンパク質ナノ構造体への配置, 第 8 回バイオ関連化学シンポジウム, 2014. 9. 11, 岡山

Annoni Chiara, 仲野瞬, 森井孝, DNA ナノ構造体上に配置した ATP 結合性 RNP リセプターの集積効果, 第 8 回バイオ関連化学シンポジウム, 2014. 9. 11, 岡山

Dinh Huyen, 中田栄司, Ngo Anh Tien, 蘆田弘樹, 横田明穂, 森井孝, Application of DNA binding adaptors for assembling protein RuBisCO on DNA nano-scaffold. 第 8 回バイオ関連化学シンポジウム, 2014. 9. 11, 岡山

中田栄司・Ngo Tien Anh・Dinh Huyen・仲野瞬・才村正幸・小瀧努・森井孝, DNA origami に機能性タンパク質を固定化した分子スイッチボード開発, 第 63 回高分子討論会, 2014. 09. 26, 長崎

Eiji Nakata, Dinh Huyen, Tien Anh Ngo, Masayuki Saimura, Takashi Morii, Site-specific and Covalent Modification of a Single Protein Molecule on DNA Nanoscaffold. ISNAC2014 第 41 回国際核酸化学シンポジウム, 2014. 11. 5, 福岡

Y. Yoshimura, C. Annoni, S. Nakano, E. Nakata, T. Morii, Evaluation of the substrate selectivity of clustered ATP-binding RNA aptamers. ISNAC2014 第 41 回国際核酸化学シンポジウム, 2014. 11. 5, 福岡

H. Dinh, E. Nakata, T.A. Ngo, H. Ashida, A. Yokota, T. Morii, Application of DNA binding proteins for assembling proteins RuBisCO and Carbonic Anhydrase on DNA nanoscaffold. ISNAC2014 第 41 回国際核酸化学シンポジウム, 2014. 11. 5, 福岡

C. Annoni, S. Nakano, E. Nakata, Y. Yoshimura, T. Morii, Assessment of both equilibrium and kinetic aspects of ATP-binding ribonucleopeptide (RNP) clusters arranged on DNA nanoscaffold. ISNAC2014 第 41 回国際核酸化学シンポジウム, 2014. 11. 5, 福岡

西田 圭佑・DINH Huyen・NGO Anh Tien・中田 栄司・森井 孝, タンパク質の選択的な配置を目指した DNA ナノチューブの構造制御, 日本化学会第 95 春季年会, 2015. 3. 26-29, 千葉

NGO Anh Tien・○中田 栄司・才村 正幸・森井 孝, DNA ナノ構造体上に配置した酵素集合体の機能評価, 日本化学会第 95 春季年会, 2015. 3. 26-29, 千葉

戸田 昂人・中田 栄司・才村 正幸・森井 孝, タグタンパク質を融合した DNA 結合アダプターによる DNA ナノ構造体とタンパク質間の共有結合形成, 日本化学会第 95 春季年会, 2015. 3. 26-29, 千葉

佐々木 謙太・中田 栄司・才村 正幸・森井 孝, 共有結合を介した DNA ナノ構造体への DNA 結合アダプター融合タンパク質の配置,

日本化学会第 95 春季年会, 2015. 3. 26-29, 千葉

DINH, Huyen; NAKATA, Eiji; NGO, Tien Anh; ASHIDA, Hiroki; YOKOTA, Akiho; MORII, Takashi, Orthogonal assembly of RuBisCO and Carbonic Anhydrase on a DNA nanoscaffold. 日本化学会第 95 春季年会, 2015. 3. 26-29, 千葉

ANNONI, Chiara; NAKANO, Shun; YOSHIMURA, Yuki; NAKATA, Eiji; MORII, Takashi, Evaluation of the cluster effect by systematically assembling ATP-binding RNP receptors on DNA origami. 日本化学会第 95 春季年会, 2015. 3. 26-29, 千葉

吉村 祐輝・ANNONI Chiara・仲野 瞬・中田 栄司・森井 孝, タグタンパク質を融合した DNA 結合アダプターによる DNA ナノ構造体とタンパク質間の共有結合形成, 日本化学会第 95 春季年会, 2015. 3. 26-29, 千葉

Dinh Huyen · Nakata Eiji · Ngo Anh Tien · Ashida Hiroki · Morii Takashi, Orthogonal assembly of RuBisCO and Carbonic Anhydrase on a DNA nanoscaffold. 第 9 回バイオ関連化学シンポジウム, 2015. 9. 10, 熊本

中田 栄司 · Huyen Dinh · Nguyen Minh Thang · Ngo Tien Anh · 才村 正幸 · 森井 孝, DNA ナノ構造体への共有結合型 DNA 結合アダプターを介した酵素の配置, 第 9 回バイオ関連化学シンポジウム, 2015. 9. 11, 熊本

西田 圭佑 · Dinh Huyen · 中田 栄司 · 森井 孝, 三次元的な酵素配置を目指した DNA ナノチューブの構築, 第 9 回バイオ関連化学シンポジウム, 2015. 9. 11, 熊本

Huyen Dinh, Eiji Nakata, Tien Anh Ngo, Hiroki Ashida, Takashi Morii, Orthogonal assembly of RuBisCO and carbonic anhydrase on a DNA nanoscaffold. ISNAC2015 第 42 回国際核酸化学シンポジウム, 2015. 9. 23, 姫路

Keisuke Nishida, Huyen Dinh, Eiji Nakata, Takashi Morii, Construction of DNA nanotubes toward the three-dimensionally constrained assembly of enzymes. ISNAC2015 第 42 回国際核酸化学シンポジウム, 2015. 9. 24, 姫路

Thang Minh Nguyen, Eiji Nakata, Masayuki Saimura, Takashi Morii, Expansion of modular adaptors for covalently locating multiple enzymes on DNA nanoscaffold. ISNAC2015 第 42 回国際核酸化学シンポジウム, 2015. 9. 24, 姫路

Eiji Nakata, Huyen Dinh, Nguyen Minh Thang, Ngo Tien Anh, Masayuki Saimura, Takashi Morii, Site-specific covalent modification of individual protein molecule on DNA nanoscaffold. ISNAC2015 第 42 回国際核酸化学シンポジウム, 2015. 9. 24, 姫路

Takashi Morii, Spatially organized assembly of enzymes on the DNA scaffold., The Asian 3 Roundtable on Nucleic Acids, 2015. 09. 18-20, Suwon, Korea

Eiji Nakata, Takashi Morii, Rational design of latent ratiometric fluorescent pH probes based on self-assembled SNARF derivatives. 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem2015), 2015. 12. 15-20, Hawaii, USA

Tien Anh Ngo, Eiji Nakata, Huyen Dinh, Thang Minh Nguyen, Masayuki Saimura, Takashi Morii, Development of various types of protein adaptors to locate a single molecule of functional protein on molecular switchboard. 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem2015), 2015. 12. 15-20, Hawaii, USA

Tomoki Tamura, Kenta Ariyama, Shun Nakano, Takashi Morii, Construction and screening of the RNP library with catalytic functional group. 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem2015), 2015. 12. 15-20, Hawaii, USA

Huyen Dinh, Eiji Nakata, Tien Anh Ngo, Takashi Morii, Orthogonal assembly of RuBisCO and carbonic anhydrase on a DNA nanoscaffold. 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem2015), 2015. 12. 15-20, Hawaii, USA

Shun Nakano, Tomoki Tamura, Takashi Morii, Specific detection of ATP by fluorescent ribonucleopeptide sensors., 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem2015), 2015. 12. 15-20, Hawaii, USA

Thang Minh Nguyen, Eiji Nakata, Huyen Dinh, Tien Anh Ngo, Masayuki Saimura, Takashi Morii, Development of modular adaptors to covalently locate multiple enzymes on DNA nanoscaffold., 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem2015), 2015. 12. 15-20, Hawaii, USA

Tien Anh Ngo, Eiji Nakata, Masayuki Saimura, Takashi Morii, Factor governing the efficiency of cascade reactions by spacially organized enzymes. 日本化学会第 96 春季年会, 2016. 3. 24-27, 京都

Thang Minh Nguyen, Eiji Nakata, Masayuki Saimura, Takashi Morii, Development of orthogonal modular adaptors for assembling multiple proteins on DNA nanostructure. 日本化学会第 96 春季年会, 2016. 3. 24-27, 京都

Huyen Dinh, Eiji Nakata, Tien Anh Ngo,

Masayuki Saimura, Takashi Morii, Construction of an enzyme assembly on DNA scaffold via a modular adaptor. 日本化学会第 96 春季年会, 2016. 3. 24-27, 京都
仲野瞬・田村友樹・Chang Young-Tae・森井孝, 蛍光分子ライブラリーを利用したリボヌクレオペプチドセンサーのスクリーニング, 日本化学会第 96 春季年会, 2016. 3. 24-27, 京都
田村友樹・仲野瞬・有山健太・森井孝, リボヌクレオペプチドによるエステル加水分解, 日本化学会第 96 春季年会, 2016. 3. 24-27, 京都
有山健太・田村友樹・仲野瞬・森井孝, 金属イオン錯体を導入したリボヌクレオペプチドによるエステル加水分解, 日本化学会第 96 春季年会, 2016. 3. 24-27, 京都
中田栄司, Ngo Anh Tien, Dinh Huyen, Nguyen Minh Thang, 才村正幸, 森井孝, DNA ナノ構造体に酵素を配置した分子スイッチボード, 第 10 回バイオ関連化学シンポジウム, 2016. 9. 7-9, 金沢
仲野瞬, 田村友樹, Chang Young-Tae, 森井孝, 蛍光分子ライブラリーを利用したリボヌクレオペプチドセンサーの構築, 第 10 回バイオ関連化学シンポジウム, 2016. 9. 7-9, 金沢
田村友樹, 仲野瞬, 森井孝, 構造多様性を有する RNP リセプターライブラリーの構築, 第 10 回バイオ関連化学シンポジウム, 2016. 9. 7-9, 金沢
T. M. Nguyen, E. Nakata, M. Saimura, T. Morii, Evaluation of orthogonal modular adaptors for assembling proteins on DNA scaffold. The 43rd International Symposium on Nucleic Acids Chemistry, 2016. 9. 27-29, Kumamoto
H. T. T. Dinh, E. Nakata, T. A. Ngo, T. Morii, Activity of the assembled enzyme on DNA scaffold. The 43rd International Symposium on Nucleic Acids Chemistry, 2016. 9. 27-29, Kumamoto
S. Nakano, T. Tamura, Y. T. Chang, T. Morii, Screening of ribonucleopeptide receptor-based sensors by using fluorophore library. The 43rd International Symposium on Nucleic Acids Chemistry, 2016. 9. 27-29, Kumamoto
E. Nakata, T. A. Ngo, M. Saimura, T. Morii, The efficiency of cascade reactions by spatially organized enzymes on DNA scaffold. The 43rd International Symposium on Nucleic Acids Chemistry, 2016. 9. 27-29, Kumamoto
T. Tamura, S. Nakano, T. Morii, Construction of a structurally diverse library of ribonucleopeptides. The 43rd International Symposium on Nucleic Acids Chemistry, 2016. 9. 27-29, Kumamoto
S. NAKANO, T. TAMURA, Y-T. CHANG, T. MORII,

ATP sensors selected from a fluorophore library. 日本化学会第 97 春季年会, 2017-3. 16-20, 慶應義塾大学日吉キャンパス

A. RAJENDRAN, S. PARK, E. NAKATA, Y. KWON, T. MORII, Topologically interlocked DNA nanostructures inside a DNA origami. 日本化学会第 97 春季年会, 2017-3. 16-20, 慶應義塾大学日吉キャンパス

H. DINH, E. NAKATA, T. MORII, Activity of spatially organized enzyme on DNA scaffold. 日本化学会第 97 春季年会, 2017-3. 16-20, 慶應義塾大学日吉キャンパス

T. MORII, A Bioorganic Chemistry Approach to Understanding Molecular Recognition in Protein-Nucleic Acid Complexes. 日本化学会第 97 春季年会, 2017-3. 16-20, 慶應義塾大学日吉キャンパス (受賞講演)

T. TAMURA, S. NAKANO, T. MORII, Catalytic activity of an RNP receptor library with structural diversity. 日本化学会第 97 春季年会, 2017-3. 16-20, 慶應義塾大学日吉キャンパス

E. NAKATA, H. DINH, T. NGUYEN, M. SAIMURA, T. MORII, Enzymatic cascade reactions on the DNA scaffold. 日本化学会第 97 春季年会, 2017-3. 16-20, 慶應義塾大学日吉キャンパス

小西宏明・中田栄司・仲野瞬・森井孝, DNA オリガミを利用したナノリポソーム, 日本化学会第 97 春季年会, 2017-3. 16-20, 慶應義塾大学日吉キャンパス

[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:

<http://www.iae.kyoto-u.ac.jp/material/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森井 孝 (MORII, Takashi)

京都大学エネルギー理工学研究所・教授

研究者番号: 9 0 2 2 2 3 4 8

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

()

なし