

令和 6 年 9 月 30 日現在

機関番号：13601

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）

研究期間：2018～2023

課題番号：17KK0104

研究課題名（和文）蛋白質ナノブロック複合体の合理的超四次構造形成による機能性超分子結晶ナノ材料開発

研究課題名（英文）Development of functional supramolecular crystalline nanomaterials based on rational design of super-quaternary structures of protein nanobuilding block complexes

研究代表者

新井 亮一（Arai, Ryoichi）

信州大学・学術研究院繊維学系・准教授

研究者番号：50344023

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 10,200,000円

渡航期間： 6ヶ月

研究成果の概要（和文）：蛋白質ナノブロック研究の成果を基に、計算科学を取り入れて研究をさらに発展させ、人工蛋白質複合体を対称的に集積させた結晶性ナノバイオ材料を合理的に設計開発することを目的として6か月間渡米し、国際共同研究を実施した。蛋白質デザインプログラムを利用して、2次元シート状結晶性複合体を形成するため、ヘリックスドメインを連結した人工蛋白質ナノブロックを設計した。計算結果から、相互作用面の形状やスコア等の条件により2次元格子状複合体のデザイン構造を絞り込み、実際に実験する人工設計蛋白質配列を選抜した。これらの人工遺伝子を合成し、大腸菌により発現、精製後、電子顕微鏡観察により、ナノスケールの構造を調査した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

以前は実験を基盤とした蛋白質工学及び蛋白質設計改変分野の研究が主体であったが、近年、発展が著しい計算科学を駆使した蛋白質デザイン研究分野を先導するワシントン大学Baker研究室に半年間滞在し、世界トップレベルの環境で国際共同研究を行うことにより、最先端の蛋白質デザイン研究に取り組んだことは、学術的にも意義がある。またその後、この成果や経験を利用して、様々な人工蛋白質の設計開発及び改良等にも継続的に取り組んで一定の成果を上げてきたことにより、将来的にバイオ医薬品等の開発につながるための基盤となる試みは社会的意義があると考えられる。

研究成果の概要（英文）：Based on previous protein nanobuilding block research, I stayed in Baker lab at University of Washington for six months to conduct an international collaboration to rationally design and develop crystalline nanobiomaterials with symmetrically assembled artificial protein complexes by incorporating computational science to further develop our research. Using a protein design program, we designed artificial proteins with symmetrically linked complex with forming  $\alpha$ -helix domains which constitute two-dimensional sheet-like crystalline nanobiomaterials. From the calculation results, the designed structures of the 2D lattice-like complexes were screened according to the shape complementarity and energy score of the interfaces, and the designed protein sequences to be experimentally tested were selected. These artificial genes were synthesized. The proteins were expressed by *E. coli*, purified, and their nanoscale structures were examined using electron microscopy.

研究分野：タンパク質工学

キーワード：タンパク質ナノブロック タンパク質複合体 人工タンパク質デザイン タンパク質工学 タンパク質結晶化 ナノマテリアル 機能性超分子複合体 計算科学

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、研究者個人に帰属します。

## 様式 F-19-2

### 1. 研究開始当初の背景

応募者らは、以前より、独自のヌンチャク型二量体人工蛋白質を利用した「蛋白質ナノブロック(Protein Nanobuilding Block: PN-Block)」を開発し、樽型 6 量体及び正四面体型 12 量体の超分子ナノ構造複合体の構築に成功してきた(Kobayashi, N. *et al. J. Am. Chem. Soc.* **137**, 11285–11293, 2015)。次なる課題として、さらに複雑な構造を構築するためには、段階的に秩序だてて自己組織化する技術の開発が必要であると考えられた。そこで、科研費の基課題(16K05841)では、複数の異なる温度で可逆的に熱変性・再生する蛋白質ナノブロックを開発し、サーマルサイクラーによる温度変化プログラミングにより逐次的に自己組織化させる基盤技術を開発することを目指した。これにより、蛋白質ナノブロックを利用して、より複雑で高度なナノ構造複合体を作製することができるようになり、独自の分子技術として、ナノテクノロジーやバイオ医薬、バイオテクノロジー等の発展への貢献が期待できると考え、以下の研究項目に取り組んできた。

- (1) 異なる変性温度で可逆的熱変性する二量体人工蛋白質の開発及び安定化機構解析
- (2) 異なる変性温度で可逆的に熱変性・再構成する自己組織化蛋白質ナノブロックの開発
- (3) 温度変化による蛋白質ナノブロックの逐次的自己組織化ナノ構造構築及び解析

### 2. 研究の目的

以前の科研費基課題では、独自の二量体人工蛋白質 WA20 を応用した蛋白質ナノブロック戦略の高度化として、温度変化による蛋白質ナノブロックの逐次的自己組織化超分子複合体構造を構築する研究を行ってきた。その成果を基に本課題の国際共同研究では、計算科学を取り入れて研究をさらに発展させ、人工蛋白質複合体を対称的に集積させた結晶性ナノバイオ材料を合理的に設計開発することを目的とした。

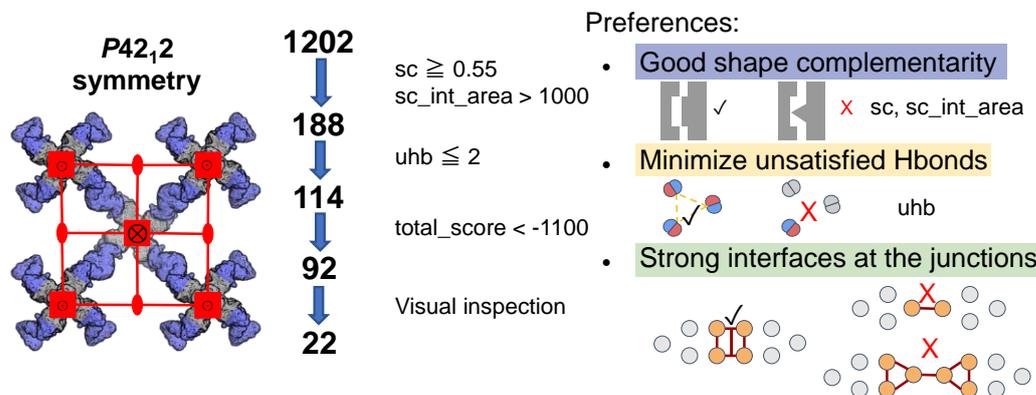
### 3. 研究の方法

2019年4月から9月まで半年間渡米し、ワシントン大学の Baker 研究室で、計算機及び実験設備やサポートが充実した世界最高レベルの研究環境を活かして、人工蛋白質設計による超分子結晶ナノ材料開発に関する国際共同研究を実施した。

方法の概要は以下の通りである。まず、蛋白質デザインプログラム WORMS や Rosetta 等を利用して、2次元シート状結晶性ナノ材料を形成するように、 $\alpha$ ヘリックスドメインを連結した対称的に会合する人工蛋白質ナノブロック複合体をデザインした。計算結果から、相互作用面の形状やスコア等の条件により 2次元格子状複合体のデザイン構造を絞り込み、実際に実験する人工設計蛋白質配列を選抜した。これらの人工遺伝子を合成し、大腸菌により発現し、精製後、電子顕微鏡観察により、ナノスケールの構造を調査した。

### 4. 研究成果

まず、蛋白質デザインプログラム WORMS や Rosetta 等を利用して、2次元シート状結晶性ナノ材料を形成するように、 $\alpha$ ヘリックスドメインを連結した対称的に会合する人工蛋白質複合体をデザインした。WORMS というプログラム(Hsia, Y. *et al. Nat. Commun.* **12**, 2294, 2021)は、複数の $\alpha$ ヘリックスバンドルドメインについて $\alpha$ ヘリックスを融合することにより自在に連結し、様々な対称性で空間的に配置した複合体をデザインするプログラムである。また、 $\alpha$ ヘリックスを融合した部位については、蛋白質デザインの統合的プログラム Rosetta (Leman, J.K. *et al. Nat. Methods* **17**, 665–680, 2020)を用いて、アミノ酸配列を適切にデザインした。特に2次元シート状結晶性ナノ材料構築のために、WORMS プログラムを利用して  $P42_12$  対称性で2次元シート状に配置した人工蛋白質ナノブロック複合体を 1202 種類デザインした(図1)。次に相互作用面の形状相補性や水素結合の妥当性、連結部位の相互作用の強さなどを指標にして絞り込み、最終的に目視での確認を経て実際に実験する 22 種類の配列を決定した(図2)。



22 designs fused with GFP were ordered for characterization

図1 WORMS による  $P42_12$  対称性 2次元シート状結晶性人工蛋白質ナノブロック設計概要

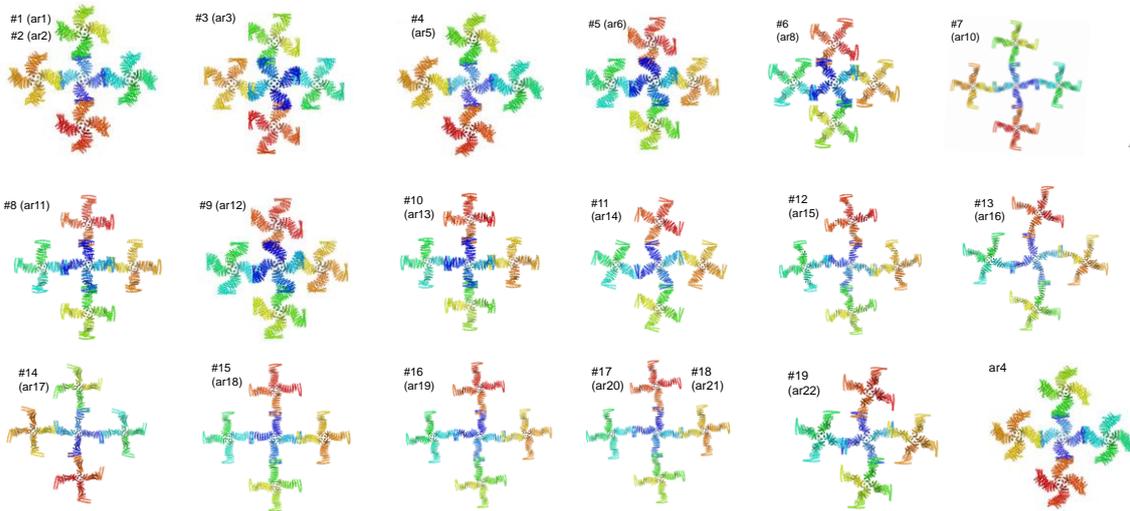


図2 実験した  $P42i2$  対称性人工蛋白質ナノブロックの2次元シート状複合体設計構造

次に、これらの人工蛋白質ナノブロックの遺伝子 DNA を人工的に合成し、実験的な確認を容易にするために、緑色蛍光蛋白質と融合した人工蛋白質発現系を構築した。大腸菌により発現し、蛍光を観察したところ、ほぼ全ての人工蛋白質サンプルで不溶性画分に発現が確認でき、一部のサンプルでは可溶性画分にも発現が見られた (図3)。

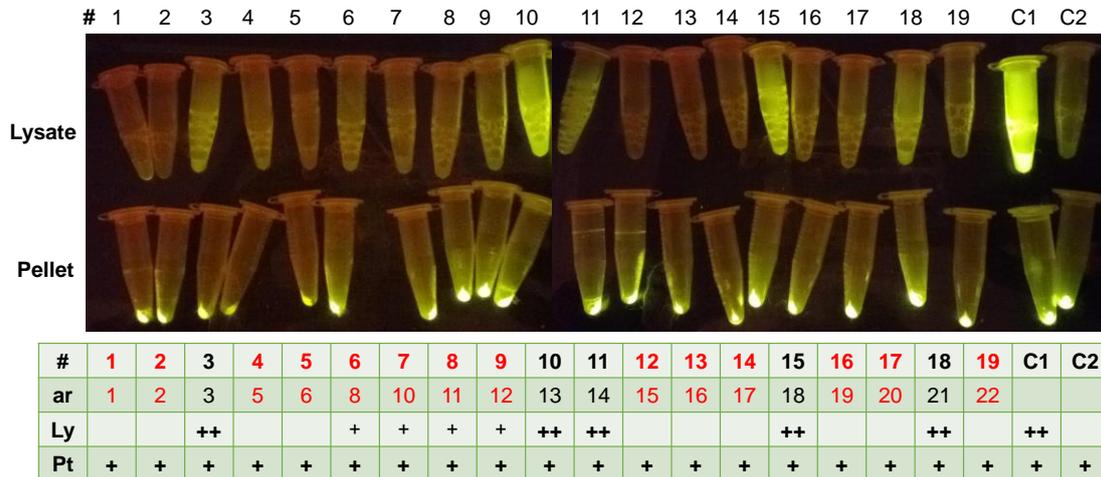


図3 GFP 融合人工蛋白質の蛍光観察による発現確認

各サンプルから目的蛋白質を回収し、電子顕微鏡により観察した。また、不溶性画分中の目的蛋白質を尿素により可溶化し、His タグ精製後、透析によりリフォールディングしたサンプルのいくつかでは、凝集会合体が電子顕微鏡により観察された (図4) が、当初設計したような対称性の2次元シート状構造は確認できなかった。

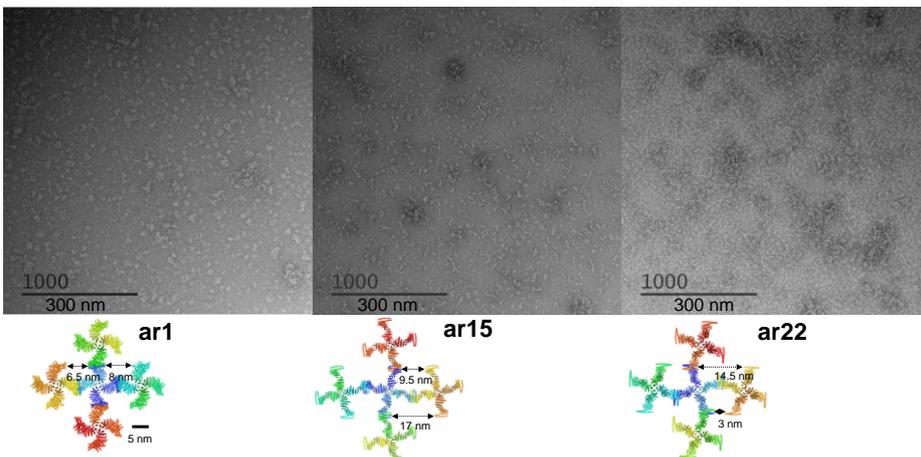


図4 不溶性発現人工蛋白質のネガティブ染色電子顕微鏡観察

さらに、可溶性画分の人工蛋白質を His タグ精製後、濃縮して顕微鏡観察を行ったところ、いくつかのサンプルでは、凝集会合体が電子顕微鏡により観察された（図 5）が、当初設計したような対称性の 2 次元シート状構造は見られなかった。

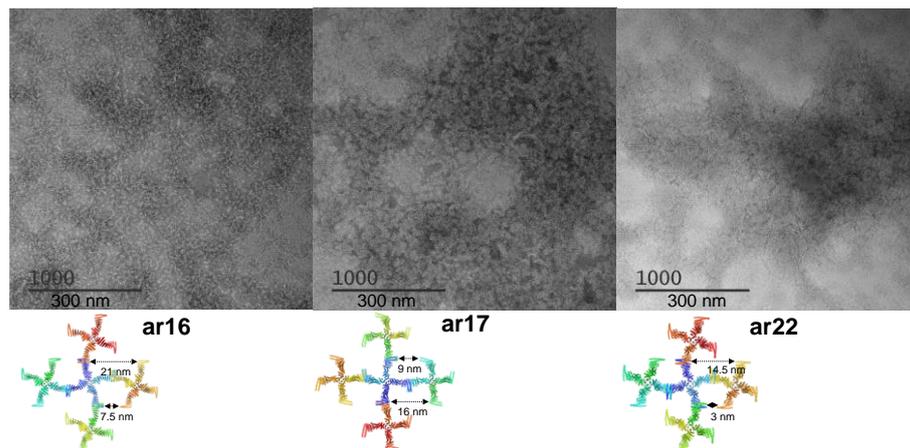


図 5 可溶性発現人工蛋白質ナノブロック凝集体のネガティブ染色電子顕微鏡観察

以上の結果を踏まえながら、その後、日本国内の研究室で計算及び実験ができるように必要な研究環境の整備を行って、さまざまな人工蛋白質の設計開発及び改良等の関連研究を進めてきた。たとえば、金属イオンに応答して会合する人工蛋白質ナノ粒子複合体の研究(Ohara, N. *et al. J. Am. Chem. Soc.* **145**, 216–223, 2023)や新規人工酵素の立体構造解析(Kurihara, K. *et al. Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **120**, e2218281120, 2023)に関する研究等にも取り組んで、研究成果を論文として発表した。

なお、当初は 2020 年度～2022 年度の夏期にも 1～2 か月間渡米し、同研究室に滞在して共同研究を実施することを計画していたが、新型コロナウイルスの感染拡大の影響による海外出張の自粛等の影響により残念ながら断念せざるを得なかった。

さらに最近、高精度なタンパク質構造予測プログラムの AlphaFold2 (Jumper, J. *et al. Nature* **596**, 583–589, 2021))をはじめとして、蛋白質科学分野においても深層学習を用いた AI プログラムの開発や利用が飛躍的な発展を遂げてきている。蛋白質デザインにおいても、新規な蛋白質構造骨格を人工的に生成する RFdiffusion (Watson, J.L. *et al. Nature* **620**, 1089–1100, 2023)や、蛋白質構造骨格を入力として安定な構造を形成するアミノ酸配列を出力する ProteinMPNN (Dauparas J. *et al. Science* **378**, 49–56, 2022)など、深層学習を用いた AI プログラムがワシントン大学の Baker 研究室で次々に開発されて著しい発展を遂げてきている。そこで今後、これらの新しいプログラムを利用して、上述の人工蛋白質ナノブロックを再設計することにより、さらなる改良が期待できると考えられる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Ohara Naoya, Kawakami Norifumi, Arai Ryoichi, Adachi Naruhiko, Ikeda Akihito, Senda Toshiya, Miyamoto Kenji	4. 巻 60
2. 論文標題 Fusion then fission: splitting and reassembly of an artificial fusion-protein nanocage	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 4605 ~ 4608
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d4cc00115j	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Nasu Erika, Kawakami Norifumi, Takamura Shuhei, Hotta Atsushi, Arai Ryoichi, Miyamoto Kenji	4. 巻 25
2. 論文標題 Thermally Reversible Gel/Sol Transition of Hydrogels via Dissociation and Association of an Artificial Protein Nanocage	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Biomacromolecules	6. 最初と最後の頁 2358 ~ 2366
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.biomac.3c01285	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kurihara Kodai, Umezawa Koji, Donnelly Ann E., Sperling Brendan, Liao Guanyu, Hecht Michael H., Arai Ryoichi	4. 巻 120
2. 論文標題 Crystal structure and activity of a de novo enzyme, ferric enterobactin esterase Syn-F4	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 e2218281120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.2218281120	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Kobayashi Naoya, Arai Ryoichi	4. 巻 2671
2. 論文標題 Protein Cages and Nanostructures Constructed from Protein Nanobuilding Blocks	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Methods in Molecular Biology	6. 最初と最後の頁 79 ~ 94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-1-0716-3222-2_4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sakono Masafumi, Nakamura Mitsuki, Ohshima Tatsuki, Miyakoshi Ayano, Arai Ryoichi, Minamihata Kosuke, Kamiya Noriho	4. 巻 135
2. 論文標題 One-pot synthesis of fibrillar-shaped functional nanomaterial using microbial transglutaminase	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Bioscience and Bioengineering	6. 最初と最後の頁 440 ~ 446
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbiosc.2023.03.015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakamura Mitsuki, Arai Ryoichi, Kamiya Noriho, Sakono Masafumi	4. 巻 52
2. 論文標題 Enzymatic Fabrication of Multifunctional Amyloid-based Protein Assembly	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 538 ~ 541
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.230156	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sato Hiroaki, Sonoda Norie, Nakano Moe, Matsuyama Yuka, Shizume Arisa, Arai Ryoichi, Nogawa Masahiro, Taguchi Goro, Shimosaka Makoto	4. 巻 80
2. 論文標題 Multi-enzyme Machinery for Chitin Degradation in the Chitinolytic Bacterium Chitiniphilus shinanonensis SAY3T	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Current Microbiology	6. 最初と最後の頁 360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00284-023-03489-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ohara Naoya, Kawakami Norifumi, Arai Ryoichi, Adachi Naruhiko, Moriya Toshio, Kawasaki Masato, Miyamoto Kenji	4. 巻 145
2. 論文標題 Reversible Assembly of an Artificial Protein Nanocage Using Alkaline Earth Metal Ions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 216 ~ 223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.2c09537	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Irumagawa Shin, Kobayashi Kaito, Saito Yutaka, Miyata Takeshi, Umetsu Mitsuo, Kameda Tomoshi, Arai Ryoichi	4. 巻 11
2. 論文標題 Rational thermostabilisation of four-helix bundle dimeric de novo proteins	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 7526
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-86952-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Obata Junya, Kawakami Norifumi, Tsutsumi Akihisa, Nasu Erika, Miyamoto Kenji, Kikkawa Masahide, Arai Ryoichi	4. 巻 57
2. 論文標題 Icosahedral 60-meric porous structure of designed supramolecular protein nanoparticle TIP60	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 10226 ~ 10229
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CC03114G	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Irumagawa Shin, Hiemori Keiko, Saito Sayoko, Tateno Hiroaki, Arai Ryoichi	4. 巻 23
2. 論文標題 Self-Assembling Lectin Nano-Block Oligomers Enhance Binding Avidity to Glycans	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 676
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms23020676	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sakono Masafumi, Oshima Tatsuki, Iwakawa Takako, Arai Ryoichi	4. 巻 194
2. 論文標題 Production of pentaglycine-fused proteins using Escherichia coli expression system without in vitro peptidase treatment	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Protein Expression and Purification	6. 最初と最後の頁 106068
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.pep.2022.106068	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ryoichi Arai	4. 巻 647
2. 論文標題 Design of helical linkers for fusion proteins and protein-based nanostructures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Methods in Enzymology	6. 最初と最後の頁 209 ~ 230
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/bs.mie.2020.10.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kimura Naoya, Mochizuki Kenji, Umezawa Koji, Hecht Michael H., Arai Ryoichi	4. 巻 9
2. 論文標題 Hyperstable De Novo Protein with a Dimeric Bisecting Topology	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Synthetic Biology	6. 最初と最後の頁 254 ~ 259
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acssynbio.9b00501	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 小林 直也、川上 了史、新井 亮一	4. 巻 91
2. 論文標題 人工タンパク質ナノブロック複合体の設計開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 生化学	6. 最初と最後の頁 255 ~ 259
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14952/SEIKAGAKU.2019.910255	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 入間川 伸, 新井 亮一	4. 巻 269
2. 論文標題 蛋白質ナノブロックによるレクチン超分子複合体の創出戦略	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 医学のあゆみ	6. 最初と最後の頁 690 ~ 696
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計27件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 内田翔汰, 川上了史, Arun Burramsetty, 舘野浩章, 安達成彦, 川崎政人, 守屋俊夫, 千田俊哉, 新井亮一
2. 発表標題 人工タンパク質ナノ粒子TIP60とレクチンを融合した機能性タンパク質複合体の開発
3. 学会等名 第24回日本蛋白質科学会年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 新井亮一
2. 発表標題 人工タンパク質及び複合体の設計開発と構造解析
3. 学会等名 2023年度量子ビームサイエンスフェスタ（招待講演）
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 栗原航大, 梅澤公二, Ann E. Donnelly, Michael H. Hecht, 新井亮一
2. 発表標題 Crystal structure of a de novo enzyme, ferric enterobactin esterase Syn-F4
3. 学会等名 第23回日本蛋白質科学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ryoichi Arai
2. 発表標題 Structures of de novo proteins from a binary-patterned library and the applications to constructing protein nanobuilding blocks
3. 学会等名 Library Design for Protein Engineering 2023（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 内田翔汰, 川上了史, 舘野 浩章, 新井亮一
2. 発表標題 人工タンパク質ナノ粒子IP60とレクチンを融合した機能性タンパク質複合体の開発
3. 学会等名 第46回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 栗原航大, 梅澤公二, Ann E. Donnelly, Michael H. Hecht, 新井亮一
2. 発表標題 新規人工酵素Syn-F4エンテロバクチンエステラーゼのX線結晶構造解析
3. 学会等名 第45回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋五月, 浅野竜太郎, 山本雷蔵, 迫野昌文, 新井亮一
2. 発表標題 イソペプチド結合タグを用いた多価抗体タンパク質ナノブロック複合体の開発
3. 学会等名 第45回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 入間川 伸, 舘野 浩章, 新井 亮一
2. 発表標題 多価レクチンナノブロックWA20-ACG複合体の開発
3. 学会等名 第21回日本蛋白質科学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 貝川 はるか, 館野 浩章, 新井 亮一
2. 発表標題 三量体レクチンを用いた蛋白質ナノブロックの自己組織化超分子複合体の創製
3. 学会等名 第21回日本蛋白質科学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大原 直也, 川上 了史, 新井 亮一, 宮本 憲二
2. 発表標題 Barium ion responsive reversible assembly of protein supramolecule TIP60
3. 学会等名 第21回日本蛋白質科学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新井 亮一
2. 発表標題 蛋白質ナノブロックによる機能性人工蛋白質複合体の創製に向けて
3. 学会等名 第21回日本蛋白質科学会年会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryoichi Arai, Norifumi Kawakami, Junya Obata, Akihisa Tsutsumi, Kenji Miyamoto, Masahide Kikkawa
2. 発表標題 Icosahedral 60-meric porous structure of designed protein nanoparticle TIP60
3. 学会等名 The Protein Society, the 36th Annual Symposium
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shin Irumagawa, Hiroaki Tateno, Ryoichi Arai
2. 発表標題 Self-assembling lectin nano-building blocks enhance avidity to glycans through polyvalent effect
3. 学会等名 The Protein Society, the 36th Annual Symposium
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Haruka Kaigawa, Hiroaki Tateno, Ryoichi Arai
2. 発表標題 Self-assembling functional complexes of protein nanobuilding blocks with a trimeric lectin
3. 学会等名 The Protein Society, the 36th Annual Symposium
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shuma Yazaki, Misaki Komatsu, Jinhua Dong, Hiroshi Ueda, Ryoichi Arai
2. 発表標題 Structural Basis for Quenchbody (Q-body): Crystal Structures of the Fab Fragment of Anti-Osteocalcin Antibody KTM219
3. 学会等名 第20回日本蛋白質科学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shin Irumagawa, Kaito Kobayashi, Yutaka Saito, Takeshi Miyata, Mitsuo Umetsu, Tomoshi Kameda, Ryoichi Arai
2. 発表標題 Rational Stabilization of Dimeric Four-Helix Bundle De Novo Proteins Using Molecular Dynamics Simulation
3. 学会等名 第20回日本蛋白質科学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 矢崎 崇真, 岡島 崇文, 瀧 真清, 新井 亮一
2. 発表標題 分子標的蛍光インジケーターとグルタチオンS-トランスフェラーゼ複合体のX結晶構造解析
3. 学会等名 第14回バイオ関連化学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 栗原 航大, 梅澤 公二, Sha Tao, Ann E Donnelly, Michael H Hecht, 新井 亮一
2. 発表標題 新規人工酵素Syn-F4エンテロバクチンエステラーゼのX線結晶構造解析
3. 学会等名 第14回バイオ関連化学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 入間川 伸, 舘野 浩章, 新井 亮一
2. 発表標題 自己組織化レクチンナノブロックWA20-ACG複合体の開発
3. 学会等名 第43回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小幡 隼也, 川上 了史, 包 明久, 宮本 憲二, 吉川 雅英, 新井 亮一
2. 発表標題 人工蛋白質ナノ粒子TIP60の正20面体型60量体多孔質構造
3. 学会等名 第43回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 貝川 はるか、館野 浩章、新井 亮一
2. 発表標題 三量体レクチンを用いたレクチンナノブロックの自己組織化タンパク質超分子複合体の創製
3. 学会等名 第43回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Naoya Kimura, Naoya Kobayashi, Michael H. Hecht, Ryoichi Arai
2. 発表標題 Thermal Reconstruction of Protein Nanobuilding Block Complexes Using an Ultra-Stable de Novo Protein Domain
3. 学会等名 Gordon Research Conference, Proteins (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoya Kimura, Naoya Kobayashi, Ryoichi Arai
2. 発表標題 Thermal Reconstruction of Protein Nano-building Block Complexes Using an Ultra-Stable de Novo Protein Domain
3. 学会等名 The Protein Society, 33rd Annual Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoya Kimura, Naoya Kobayashi, Michael H. Hecht, Ryoichi Arai
2. 発表標題 Thermal Reconstruction of Protein Nanobuilding Block Complexes Using an Ultra-Stable de Novo Protein Domain
3. 学会等名 RosettaCON 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoya Kimura, Naoya Kobayashi, Michael H. Hecht, Ryoichi Arai
2. 発表標題 Thermal Reconstruction of Protein Nanobuilding Block Complexes Using an Ultra-Stable de Novo Protein Domain
3. 学会等名 Innovations in Imaging for the Life Sciences (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 新井 亮一
2. 発表標題 タンパク質ナノブロックによる自己組織化ナノ構造複合体の創製
3. 学会等名 第26回ペプチドフォーラム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryoichi Arai
2. 発表標題 Self-Assembling Supramolecular Nanostructures Constructed from Protein Nano-Building Blocks
3. 学会等名 IPNF 2019 (International Powder and Nanotechnology Forum) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 新井亮一, 川上了史, 小幡隼也, 包明久, 那須英里圭, 宮本憲二, 吉川雅英	4. 発行年 2023年
2. 出版社 エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 10
3. 書名 クライオ電子顕微鏡ハンドブック (第4章第6節人工設計タンパク質ナノ粒子TIP60の立体構造解析)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

信州大学 新井亮一研究室  
<http://fiber.shinshu-u.ac.jp/arai/index.html>

信州大学 研究者総覧 新井亮一  
<http://soar-rd.shinshu-u.ac.jp/profile/ja.0VkJFkV.html>

University of Washington, Institute for Protein Design, Baker Lab  
<https://www.bakerlab.org/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	ベイカー デイビッド  (Baker David)	ワシントン大学・Institute for Protein Design・教授	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
その他の研究協力者	ヘクト マイケル  (Hecht Michael)	プリンストン大学・Department of Chemistry・教授	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
アメリカ合衆国	University of Washington	Princeton University	