

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 6 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K21383

研究課題名（和文）超高精度光神経操作に向けたナトリウム選択的オプトジェネティクスツールの創製

研究課題名（英文）Development of sodium-selective optogenetic tools for super-precise optical neural manipulation

研究代表者

井上 圭一（Inoue, Keiichi）

東京大学・物性研究所・准教授

研究者番号：90467001

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では細胞内へナトリウムイオンのみを選択的に輸送するオプトジェネティクスツールの開発のため、天然に存在する外向きナトリウムポンプ型ロドプシンの細胞外型および内側表面の荷電残基の分布を変えることで、膜中での配向を反転させ、内向きナトリウムポンプを創製することを目的とする。そのためBEdep_AAProf法を用いて、電荷分布の反転した分子を設計したところ、配向の反転を起こすための変異箇所が多数提示された。そして大腸菌を用いた実験により、8～9個の変異は安定的に導入可能であることが明らかとなり、今後オプトジェネティクスツール開発の基盤となる要素技術を得ることを達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究ではBEdep_AAProf法を用いることで、計算科学的に電荷部分布を変えた安定なタンパク質分子を設計可能であることが示された。これは今後、医療および産業面において重要な機能性分子の開発にも新たな方法論を与えるものである。また実験で得られた外向きナトリウムポンプ型ロドプシンの8～9重変異体は、今後N末に膜貫通ヘリックスを追加することで配向を反転させたロドプシンの構造をさらに安定化することで、ナトリウムイオン選択的なオプトジェネティクスツールの開発に貢献すると期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, we aimed to create an inwardly oriented sodium pumping rhodopsin by reversing the orientation of natural outward sodium pumping rhodopsin in the membrane, thereby selectively transporting only sodium ions into cells for the development of optogenetic tools. This was accomplished by altering the distribution of charged residues on the extracellular and intracellular surfaces of the outward sodium pumping rhodopsin. To achieve this, we used the BEdep_AAProf method to design a molecule with a reversed charge distribution, which presented numerous mutation sites for causing orientation reversal. Experimental results using *E. coli* demonstrated that it is feasible to stably introduce eight to nine mutations. This significant finding provides a technological foundation for future development of optogenetic tools.

研究分野：生物物理学

キーワード：ロドプシン レチナル オプトジェネティクス ナトリウムポンプ ヘリオロドプシン

1. 研究開始当初の背景

微生物ロドプシンは光のエネルギーを使って細胞内外にイオンを輸送する膜タンパク質である。また近年、光開閉式の陽イオンチャネルであるチャネルロドプシン (ChR) を使って、光で神経細胞内へナトリウムイオン (Na^+) を流入させ、神経興奮を操作するオプトジェネティクスが大きな注目を集めている。しかし ChR は Na^+ と共に水素イオン (H^+) やカルシウムイオン (Ca^{2+} レベル) も輸送することから、神経操作時に細胞内 pH や Ca^{2+} レベルが副次的に変化してしまい、予期せぬ細胞応答を引き起こすことが解決すべき課題となっている。

そこで本研究では、 H^+ を運ばず、 Na^+ のみを選択的かつ高効率で細胞内へ輸送する新たなロドプシンの開発を目的とする。その基盤とするのが、最近研究代表者の井上らが発見した外向き Na^+ ポンプ型ロドプシン (NaR) [1] とヘリオロドプシン (HeR) [2] の二つの新奇ロドプシンである。

NaR は光のエネルギーを使って、 Na^+ のみを選択的に細胞外へ輸送する機能を持つ。一方、HeR はいまだ機能未知の新たなファミリーで、分子の片側に多くの正電荷を帯びたアミノ酸を持ち、これらを負の電位を持つ細胞質側に向けることで、他のロドプシンに対して膜内で反転した構造を取る。HeR 以前に報告された全てのロドプシンは N 末端側を細胞外に向けた構造を持ち、分子配向の反転は不可能であると考えられていたが、HeR の発見はその常識を覆すものであり、その知見をもとに NaR を反転させることで、長年待ち望まれていた内向き Na^+ 輸送するロドプシンの実現が可能であると着想した。

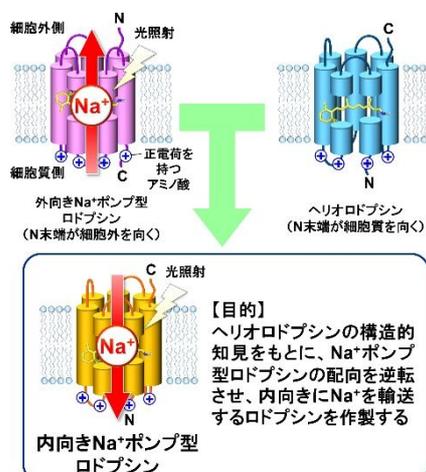


図 1. 本研究で実施する内向き Na^+ ポンプ型ロドプシンの創製

2. 研究の目的

本研究では HeR の構造に倣って、NaR の正電荷の分布を変え、分子配向を逆転させることで、細胞内へ Na^+ を輸送するロドプシンを新たに作製する (図 1)。これによって現行の ChR に代わる、新たなオプトジェネティクスツールの創製が期待される。

3. 研究の方法

本研究では、まず研究協力者である古賀 (大阪大学・教授) らが、独自の方法である **BEdep_AAProf 法** を用いて HeR と同様の位置に、正電荷を持つアルギニンやリジン残基を導入した NaR の配列を多数デザインする。そして配向予測アルゴリズム (SCAMPI2) を用いて、配向の反転が強く期待されるものを選別する。次に、**Rosetta** [3] を用いて、変異導入後のタンパク質の熱安定性を評価する。そして細胞内で安定的にタンパク質の発現を行うため、特に高い熱安定性が期待される配列を決定する。

次に井上らが決定された配列の遺伝子を人工遺伝子合成法によって作製する。そして合成した遺伝子を大腸菌へ導入し、細胞内でのタンパク質の配向を調べる。この際には、膜タンパク質の発現量が高い C43(DE3) 株を用いる。そして、His タグ導入法や Na^+ 輸送活性測定を行い、大腸菌細胞中での配向を評価する。

4. 研究成果

Na^+ ポンプ型ロドプシンの膜内配向を反転させるため、古賀グループにおいてタンパク質上の荷電アミノ酸の分布を変えた変異体を、BEdep_AAProf 法によってデザインした。このとき対象となる Na^+ ポンプ型ロドプシンとして、結晶構造が既に明らかとなっており、過去の研究例も多く、大腸菌での発現が容易な *Krokinobacter eikastus* 由来の分子 (KR2) を選んだ。この際、結晶構造中で電子密度が決定されていないアミノ酸については、古賀らが Rosetta [3] によるループモデリングを行い補完した。その結果、19 か所の変異導入候補が示され、またそれらの変異を導入した変異体は膜配向予測ソフトウェア (SCAMPI2) によって、実際に膜内での配向が反転することが示唆された (図 2)。

この結果をもとに、実際に変異体遺伝子の構築と大腸菌中でのタンパク質の発現を井上グループで行った。まず BEdep_AAProf 法で提案された 19 か所全ての変異を導入した変異体を作製したが、その場合は大腸菌中で KR2 の発現が大きく阻害される結果となった。そこで少数の部位特異的変異を重ねていく形で、少しずつ電荷バランスを変えながら変異体の構築を進めることとした。その結果 19 か所の変異を 1 つずつ導入するボトプアップ式の構築法の場合、タンパク質の発現量に大きな変化がないことが示され、段階的に変異数を増やして 8 重変異体まで構築を行うことができた (図 3 上)。一方、全変異を一度に導入するとタンパク質が発現されなくなるが、変異の数を段階的に減らしていくトップダウン型のアプローチを用いたところ、10 重変異体では弱いながら、タンパク質の発現が確認され、さらに 1 変異を除いた 9 重変異体では、7 コンストラクトにおいて 10 重変異体より良好なタンパク質の発現が見られた (図 3 下)。

これにより点変異を加える・減らす、両方向からの NaR のアミノ酸変異体の構築が完了したため、His タグ導入法[4]や Na⁺輸送活性測定によってタンパク質の配向を評価した。しかし、いずれの変異体においてもタンパク質の反転は見られなかった。これらの結果から、部位特異的変異による荷電残基の分布操作だけでは、ロドプシンの反転を起こすのは難しいと考えられる。そこで新たに N 末端側に膜貫通ヘリックスを付加することで、全体の膜貫通回数を変化させ、ロドプシンの各ヘリックスの N 末と C 末側の露出先を逆転させる方法を試みた。このためチャンネルロドプシンなどで実績のある Neurexin 1B-delta (Nx1BTM) [5]配列を付加したところ、タンパク質の安定性が大きく下がり、正しくフォールドした分子を得ることができなかった。これについては、大腸菌中で Nx1BTM が安定な膜貫通構造を形成できないためであると考えられ、今後細菌やアーキアなど原核生物由来の膜貫通ヘリックスの付加を検討することで改善されると期待される。

以上の結果から、本研究では完全に配向を反転させた分子を得ることはできなかったが、BEdep_AAProf 法を用いることで、最大 10 個の残基の荷電残基を安定的に変化できることが明らかとなり、タンパク質分子設計において新たな方法論の知見を得ることができた。また今後願画生物由来の反転分子を作製する際、上記の 10 か所の変異は反転した分子の配向をより安定化することに役立つと期待される。

さらに HeR の構造的な安定性について知見を得るため、新たに第一細胞内側ループ (ICL1) 上の Tyr93 の Gly 変異体の研究を行った[6]。この結果、Y93G 変異体ではタンパク質の安定性が著しく下がるのが明らかとなり、今後のタンパク質設計について新たな指針を得ることができた。

【引用文献】

1. Inoue, K. *et al.*: *Nat. Commun.*, **4**, 1678 (2013).
2. Pushkarev, A. *et al.*: *Nature*, **558**, 595-599 (2018).
3. Fleishman, S. J. *et al.*: *PLOS ONE*, **6**, e20161 (2011).
4. Pushkarev, A. *et al.*: *Front. Microbiol.*, **9**, 439 (2018).
5. Brown, J. *et al.*: *Cell*, **175**, 1131-1140.e11 (2018).
6. Nakasone, Y. *et al.*: *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **25**, 12833-12840 (2023).

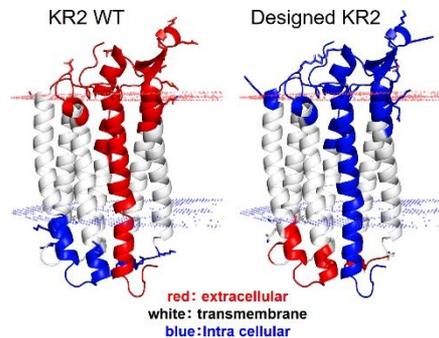


図 2. BEdep_AAProf 法によってデザインされた KR2 改変体の膜内配向予測

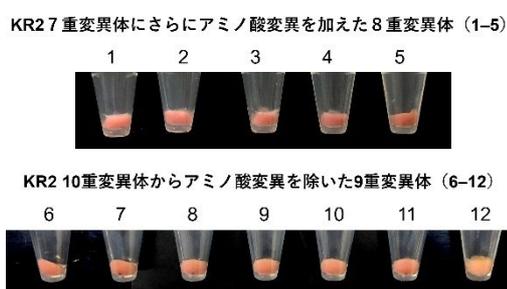


図 3. KR2 8 重(上)および 9 重(下)変異体を発現させた大腸菌ペレット

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計30件（うち査読付論文 30件／うち国際共著 14件／うちオープンアクセス 12件）

1. 著者名 Rozenberg, Kaczmarczyk, Matzov, Vierock, Nagata, Sugiura, Katayama, Kawasaki, Konno, Nagasaka, Aoyama, Das, Pahima, Church, Adam, Borin, Chazan, Augustin, Wietek, Dine, Peleg, Kawanabe, Fujiwara, Yizhar, Sheves, Schapiro, Furutani, Kandori, Inoue, Hegemann, Beja, Shalev-Benami	4. 巻 29
2. 論文標題 Rhodopsin-bestrophin Fusion Proteins from Unicellular Algae form Gigantic Pentameric Ion Channels	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature Structural & Molecular Biology	6. 最初と最後の頁 592-603
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41594-022-00783-x	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 該当する
1. 著者名 Yuma Kawasaki, Masae Konno, Keiichi Inoue	4. 巻 1864
2. 論文標題 Kinetic Study on The Molecular Mechanism of Light-driven Inward Proton Transport by Schizorhodopsins	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biochimica et Biophysica Acta - Biomembranes	6. 最初と最後の頁 184016
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbamem.2022.184016	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 Chazan, Das, Fujiwara, Murakoshi, Rozenberg, Molina-Marquez, Sano, Tanaka, Gomez-Villegas, Larom, Pushkarev, Malakar, Hasegawa, Tsukamoto, Ishizuka, Konno, Nagata, Mizuno, Katayama, Abe-Yoshizumi, Ruhman, Inoue, Kandori, Leon, Shihoya, Yoshizawa, Sheves, Nureki, Beja	4. 巻 615
2. 論文標題 Phototrophy by Antenna-Containing Rhodopsin Pumps in Aquatic Environments	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 535-540
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-023-05774-6	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 該当する
1. 著者名 Akihiro Otomo, Misao Mizuno, Keiichi Inoue, Hideki Kandori, Yasuhisa Mizutani	4. 巻 20
2. 論文標題 Protein Dynamics of a Light-Driven Na ⁺ Pump Rhodopsin Probed Using a Tryptophan Residue Near the Retinal Chromophore	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Biophysics and Physicobiology	6. 最初と最後の頁 e201016
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2142/biophysico.bppb-v20.s016	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 Shibuki Suzuki, Sari Kumagai, Toshio Nagashima, Toshio Yamazaki, Takashi Okitsu, Akimori Wada, Akira Naito, Kota Katayama, Keiichi Inoue, Hideki Kandori, Izuru Kawamura	4. 巻 296
2. 論文標題 Characterization of Retinal Chromophore and Protonated Schiff Base in Thermoplasmales Archaeon Heliorhodopsin Using Solid-State NMR Spectroscopy	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Biophysical Chemistry	6. 最初と最後の頁 106991
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bpc.2023.106991	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 Maria del Carmen Marin, Alexander L. Jaffe, Patrick T. West, Masae Konno, Jillian F. Banfield	4. 巻 20
2. 論文標題 Biophysical Characterization of Microbial Rhodopsins with DSE Motif	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Biophysics and Physicobiology	6. 最初と最後の頁 e201023
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2142/biophysico.bppb-v20.s023	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 Shunpei Hanai, Takashi Nagata, Kota Katayama, Shino Inukai, Mitsumasa Koyanagi, Keiichi Inoue, Akihisa Terakita, Hideki Kandori	4. 巻 62
2. 論文標題 Difference FTIR Spectroscopy of Jumping Spider Rhodopsin-1 at 77 K	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Biochemistry	6. 最初と最後の頁 1347-1359
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.biochem.3c00022	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 Naoya Morimoto, Takashi Nagata, Keiichi Inoue	4. 巻 62
2. 論文標題 Reversible Photoreaction of a Retinal Photoisomerase, Retinal G Protein-Coupled Receptor RGR	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Biochemistry	6. 最初と最後の頁 1429-1432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.biochem.3c00084	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 Yusuke Nakasone, Yuma Kawasaki, Masae Konno, Keiichi Inoue, Masahide Terazima	4. 巻 25
2. 論文標題 Time-Resolved Detection of Light-induced Conformational Changes of Heliorhodopsin	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 12833-12840
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3CP00711A	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 Yuma Kawasaki, Masae Konno, Keiichi Inoue	4. 巻 779
2. 論文標題 Thermostable Light-Driven Inward Proton Pump Rhodopsins	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Physics Letters	6. 最初と最後の頁 138868
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cpllett.2021.138868	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 Masae Konno, Keiichi Inoue, Hideki Kandori	4. 巻 11
2. 論文標題 Ion transport activity assay of microbial rhodopsin expressed in Escherichia coli cells	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bio-protocol	6. 最初と最後の頁 e4115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21769/BioProtoc.4115	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 Andrey Rozenberg, Keiichi Inoue, Hideki Kandori, Oded Beja	4. 巻 75
2. 論文標題 Microbial Rhodopsins: The Last Two Decades	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Annual Review of Microbiology	6. 最初と最後の頁 427-447
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1146/annurev-micro-031721-020452	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 該当する

1. 著者名 Yuta Nakajima, Laura Pedraza-Gonzalez, Leonardo Barneschi, Keiichi Inoue, Massimo Olivucci, Hideki Kandori	4. 巻 4
2. 論文標題 Pro219 is an Electrostatic Color Determinant in the Light-driven Sodium Pump KR2	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 1185
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42003-021-02684-z	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 Paul-Adrian Bulzu, Vinicius Silva Kavagutti, Maria-Cecilia Chiriac, Charlotte D. Vavourakis, Keiichi Inoue, Hideki Kandori, Adrian-Stefan Andrei, Rohit Ghai	4. 巻 6
2. 論文標題 Heliorhodopsin Evolution is Driven by Photosensory Promiscuity in Monoderms	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 mSphere	6. 最初と最後の頁 e00661-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1128/mSphere.00661-21	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 Takashi Nagata, Keiichi Inoue	4. 巻 134
2. 論文標題 Rhodopsins at a Glance	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Cell Science	6. 最初と最後の頁 jcs258989
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1242/jcs.258989	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 Ariel Chazan, Andrey Rozenberg, Kentaro Mannen, Takashi Nagata, Ran Tahan, Shir Yaish, Shirley Larom, Keiichi Inoue, Oded Beja, Alina Pushkarev	4. 巻 24
2. 論文標題 Diverse Heliorhodopsins Detected via Functional Metagenomics in Freshwater Actinobacteria, Chloroflexi and Archaea	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Environmental Microbiology	6. 最初と最後の頁 110-121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1462-2920.15890	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 該当する

1. 著者名 K. E. Kishi, Y. S. Kim, M. Fukuda, T. Kusakizako, E. Thadhani, E. F. X. Byrne, J. M. Paggi, C. Ramakrishnan, T. E. Matsui, K. Yamashita, T. Nagata, M. Konno, P. Y. Wang, M. Inoue, T. Benster, T. Uemura, K. Liu, M. Shibata, N. Nomura, S. Iwata, O. Nureki, R. O. Dror, K. Inoue, K. Deisseroth, H. E. Kato	4. 巻 185
2. 論文標題 Structural Basis for Channel Conduction in the Pump-like Channelrhodopsin ChRmine	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Cell	6. 最初と最後の頁 672-689.e23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cell.2022.01.007	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 Kano Suzuki, Maria del Carmen Marin, Masae Konno, Reza Bagherzadeh, Takeshi Murata, Keiichi Inoue	4. 巻 298
2. 論文標題 Structural Characterization of Proton-pumping Rhodopsin Lacking a Cytoplasmic Proton Donor Residue by X-ray Crystallography	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Biological Chemistry	6. 最初と最後の頁 101722
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbc.2022.101722	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 Alexander L. Jaffe, Masae Konno, Yuma Kawasaki, Chihiro Kataoka, Oded Beja, Hideki Kandori, Keiichi Inoue, Jillian F. Banfield	4. 巻 16
2. 論文標題 Saccharibacteria Harness Light Energy Using Type-1 Rhodopsins That May Rely on Retinal Sourced from Microbial Hosts	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The ISME Journal	6. 最初と最後の頁 2056-2059
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41396-022-01231-w	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 Keiichi Inoue, Satoshi P. Tsunoda, Manish Singh, Sahoko Tomida, Shoko Hososhima, Masae Konno, Ryoko Nakamura, Hiroki Watanabe, Paul-Adrian Bulzu, Horia L. Banciu, Adrian-Stefan Andrei, Takayuki Uchihashi, Rohit Ghai, Oded Beja, Hideki Kandori	4. 巻 6
2. 論文標題 Schizorhodopsins: A Novel Family of Rhodopsins from Asgard archaea that Function as Light-Driven Inward H ⁺ Pumps	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eaaz2441
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.aaz2441	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 Yujiro Nagasaka, Shoko Hososhima, Naoko Kubo, Takashi Nagata, Hideki Kandori, Keiichi Inoue, Hiromu Yawo	4. 巻 17
2. 論文標題 Gate-Keeper of Ion Transport - a Highly Conserved Helix-3 Tryptophan in a Channelrhodopsin Chimera, C1C2/ChRWR	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biophysics and Physicobiology	6. 最初と最後の頁 59-70
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2142/biophysico.BSJ-2020007	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 Kazuhiro J. Fujimoto, Keiichi Inoue	4. 巻 153
2. 論文標題 Excitonic Coupling Effect on the Circular Dichroism Spectrum of Sodium-Pumping Rhodopsin KR2	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 45101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0013642	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 Yu Inatsu, Masayuki Karasuyama, Keiichi Inoue, Hideki Kandori, Ichiro Takeuchi	4. 巻 32
2. 論文標題 Active Learning of Bayesian Linear Models with High-Dimensional Binary Features by Parameter Confidence-Region Estimation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neural Computation	6. 最初と最後の頁 1998-2031
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1162/neco_a_01310	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 Yu Inatsu, Masayuki Karasuyama, Keiichi Inoue, Ichiro Takeuchi	4. 巻 32
2. 論文標題 Active Learning for Level Set Estimation Under Input Uncertainty and Its Extensions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neural Computation	6. 最初と最後の頁 2486-2531
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1162/neco_a_01332	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 Keiichi Inoue	4. 巻 295
2. 論文標題 Shining light on rhodopsin selectivity: How do proteins decide whether to transport H ⁺ or Cl ⁻ ?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Biological Chemistry	6. 最初と最後の頁 14805-14806
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1074/jbc.H120.016032	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 Masae Konno, Yumeka Yamauchi, Keiichi Inoue, Hideki Kandori	4. 巻 15
2. 論文標題 Expression Analysis of Microbial Rhodopsin-like Genes in <i>Guillardia theta</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0243387
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0243387	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 Chihiro Kataoka, Teppei Sugimoto, Shunta Shigemura, Kota Katayama, Satoshi P. Tsunoda, Keiichi Inoue, Oded Beja, Hideki Kandori	4. 巻 60
2. 論文標題 TAT Rhodopsin is a UV-Dependent Environmental pH Sensor	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biochemistry	6. 最初と最後の頁 899-907
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.biochem.0c00951	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 該当する

1. 著者名 Keiichi Inoue, Masayuki Karasuyama, Ryoko Nakamura, Masae Konno, Daichi Yamada, Kentaro Mannen, Takashi Nagata, Yu Inatsu, Hiromu Yawo, Kei Yura, Oded Beja, Hideki Kandori, Ichiro Takeuchi	4. 巻 4
2. 論文標題 Exploration of Natural Red-shifted Rhodopsins Using a Machine Learning-based Bayesian Experimental Design	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 362
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42003-021-01878-9	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 K. Oda, T. Nomura, T. Nakane, K. Inoue, S. Ito, J. Vierock, ... R. Ishitani, S. Hayashi, H. Kandori, P. Hegemann, S. Iwata, M. Kubo, T. Nishizawa, O. Nureki	4. 巻 10
2. 論文標題 Time-Resolved Serial Femtosecond Crystallography Reveals Early Structural Changes in Channelrhodopsin	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 eLife	6. 最初と最後の頁 e62389
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7554/eLife.62389	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 Akimitsu Higuchi, Wataru Shihoya, Masae Konno, Tatsuya Ikuta, Hideki Kandori, Keiichi Inoue, Osamu Nureki	4. 巻 118
2. 論文標題 Crystal Structure of Schizorhodopsin Reveals Mechanism of Inward Proton Pumping	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America	6. 最初と最後の頁 e2016328118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.2016328118	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 -

[学会発表] 計86件 (うち招待講演 34件 / うち国際学会 19件)

1. 発表者名 井上 圭一、柴田 桂成、小田 和正、西澤 知宏、挟間 優治、小野 稜平、竇本 俊輝、Reza Bagherzadeh、八尾 寛、濡木 理、秋山 英文
2. 発表標題 カチオンチャンネルロドプシンC1C2のチャンネル開閉におけるレチナールの構造変化とプロトン移動の役割
3. 学会等名 第22回日本蛋白質科学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川崎佑真、今野雅恵、井上圭一
2. 発表標題 高熱安定性光駆動型内向きH+ポンプロドプシンの高温環境下での機能活性評価
3. 学会等名 第22回日本蛋白質科学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川崎佑真、今野雅恵、井上 圭一
2. 発表標題 2種類の高熱安定性光駆動型内向きH+ポンプロドプシンの高温環境下での機能活性評価と比較
3. 学会等名 第48回生体分子科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井上 圭一
2. 発表標題 タンパク質内プロトン移動が微生物ロドプシンの光機能を生み出すしくみ
3. 学会等名 物性研短期研究会「理論タンパク質物性科学の最前線：理論と実験との密な協働」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森本 直也、永田 崇、井上 圭一
2. 発表標題 レチナル光異性化酵素として機能する動物ロドプシンの光吸収・反応特性の解析+ポンプロドプシンの高温環境下での機能活性評価と比較
3. 学会等名 物性研短期研究会「理論タンパク質物性科学の最前線：理論と実験との密な協働」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Keiichi Inoue
2. 発表標題 Natural Photoreceptive-Protein Toolbox of Microbial Rhodopsins
3. 学会等名 15th Pacific Rim Conference on Lasers and Electrooptics (CLEO) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 永田 崇、川崎 佑真、今野 雅恵、長坂 勇次郎、青山 真子、片山 耕大、Andrey Rozenberg, Igor Kaczmarczyk, Donna Matzov, Moran Shalev-Benami, Oded Beja, 神取 秀樹、井上 圭一
2. 発表標題 新奇微生物ロドプシン・ベストロドプシンの発色団特性とその構成的理解
3. 学会等名 第22回日本光生物学協会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石塚 智大、鈴木 花野、川崎 佑真、今野 雅恵、村田 武士、井上 圭一
2. 発表標題 土壌細菌由来新奇光駆動型Cl ⁻ -ポンプロドプシンとそのイオン輸送機構
3. 学会等名 第22回日本光生物学協会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井上 圭一
2. 発表標題 藻類の光受容型巨大イオンチャネル複合体 ベストロドプシン
3. 学会等名 生理学研究所研究会「構造情報を基盤とした膜機能分子の生理機能理解に向けて」 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川崎佑真、柴田 桂成、岸 孝一郎、竇本 俊輝、小野 稜平、福田 昌弘、八尾 寛、加藤英明、秋山 英文、井上 圭一
2. 発表標題 光開閉型陽イオンチャネルロドプシンChRmineの発色団構造変化の解明
3. 学会等名 第16回分子科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井上 圭一
2. 発表標題 深部神経活動磁場操作に向けた新規分子ツール開発
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Maria Del Carmen Marin Perez、Masae Konno、Hiromu Yawo、Keiichi Inoue
2. 発表標題 Conversion of light-driven outward proton pump rhodopsin into inward proton pump
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 永田 崇、川崎 佑真、今野 雅恵、長坂 勇次郎、青山 真子、片山 耕大、Andrey Rozenberg、Igor Kaczmarczyk、Donna Matzov、Moran Shalev-Benami、Oded Beja、神取 秀樹、井上 圭一
2. 発表標題 新奇微生物ロドプシン・ベストロドプシンのユニークな発色団レチナル異性化特性
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今野 雅恵、Alexander L. Jaffe、川崎佑真、片岡 千尋、Oded Beja、神取 秀樹、Jillian F. Banfield、井上 圭一
2. 発表標題 宿主由来のレチナルを利用する共生古細菌Saccharibacteria由来Type-1ロドプシンの分子特性
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宝本 俊輝、八尾 寛、長坂 勇次郎、吉岡 輝、関野 正樹、井上 圭一
2. 発表標題 磁気刺激による細胞活動制御のための磁気レシーバー・磁気刺激システムの開発
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川崎 佑真、今野 雅恵、井上 圭一
2. 発表標題 高熱安定性光駆動型内向き H ⁺ ポンプロドプシンにおける熱安定性要因の研究
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石塚 智大、鈴木 花野、川崎 佑真、今野 雅恵、村田 武士、井上 圭一
2. 発表標題 新奇塩化物イオンポンプロドプシンの輸送メカニズム研究
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Keiichi Inoue
2. 発表標題 Discovery and functional analysis of novel retinal proteins
3. 学会等名 The Sir Martin Wood Prize Lecture - Stuttgart (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石塚 智大、鈴木 花野、川崎 佑真、今野 雅恵、村田 武士、井上 圭一
2. 発表標題 新奇光駆動型イオンポンプによる塩化物イオン輸送機構
3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Keiichi Inoue
2. 発表標題 Discovery and functional analysis of novel retinal proteins
3. 学会等名 The Sir Martin Wood Prize Lecture - Oxford (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Keiichi Inoue
2. 発表標題 Discovery and functional analysis of novel retinal proteins
3. 学会等名 The Sir Martin Wood Prize Lecture - Cambridge (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Keiichi Inoue
2. 発表標題 Discovery and functional analysis of novel retinal proteins
3. 学会等名 The Sir Martin Wood Prize Lecture - Manchester (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Keiichi Inoue
2. 発表標題 What determines the rate of reaction process of ion-transporting rhodopsins?
3. 学会等名 19th International Conference on Retinal Proteins (ICRP2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takashi Nagata
2. 発表標題 Development of a dark-active, light-inactivated optogenetic tool for controlling G protein signaling toward vision restoration
3. 学会等名 19th International Conference on Retinal Proteins (ICRP2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Maria Del Carmen Marin Perez、Masae Konno、Hiromu Yawo、Keiichi Inoue
2. 発表標題 Conversion of light-driven outward proton pump rhodopsin into inward proton pump
3. 学会等名 19th International Conference on Retinal Proteins (ICRP2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masae Konno、Alexander L. Jaffe、Yuma Kawasaki、Chihiro Kataoka、Oded Beja、Hideki Kandori、Jillian F. Banfield、Keiichi Inoue
2. 発表標題 Molecular characterization of proton-pumping rhodopsin from Saccharibacteria that may use host-derived all-trans retinal
3. 学会等名 19th International Conference on Retinal Proteins (ICRP2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tomohiro Ishizuka、Kano Suzuki、Yuma Kawasaki、Masae Konno、Takeshi Murata、Keiichi Inoue
2. 発表標題 Unique ion transport mechanism by novel chloride pump rhodopsin from soil bacteria
3. 学会等名 19th International Conference on Retinal Proteins (ICRP2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Maria Del Carmen Marin Perez、Masae Konno、Hiromu Yawo、Keiichi Inoue
2. 発表標題 Conversion of light-driven outward proton pump rhodopsin into inward proton pump
3. 学会等名 19th International Conference on Retinal Proteins (ICRP2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Keisei Shibata、Yuma Kawasaki、Koichiro Kishi、Shunki Takaramoto、Ryohei Ono、Masahiro Fukuda、Hiromu Yawo、Hideaki Kato、Hidefumi Akiyama、Keiichi Inoue
2. 発表標題 The dynamics of two gates of pump-like channel rhodopsin, ChRmine, revealed by a combination of spectroscopic and electrophysiological studies
3. 学会等名 19th International Conference on Retinal Proteins (ICRP2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今野 雅恵
2. 発表標題 微生物ロドプシンのメカニズム研究と植物オプトジェネティクスへの応用
3. 学会等名 ISSP Workshop「物性女性若手研究交流会2022」(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Maria Del Carmen Marin Perez
2. 発表標題 Functional conversion of light-driven outward proton pump rhodopsin
3. 学会等名 ISSP Workshop「物性女性若手研究交流会2022」(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井上 圭一
2. 発表標題 ロドプシンが織り成す新時代の光生物学
3. 学会等名 The Sir Martin Wood Prize Lecture - Nagoya (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井上 圭一
2. 発表標題 多角的時間分解計測によるタンパク質の反応ダイナミクスの理解
3. 学会等名 令和4年度「高速分子動画」シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Keiichi Inoue
2. 発表標題 Photochemistry of rhodopsins in the microorganism world
3. 学会等名 ICPAC KK 2022(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石塚 智大、鈴木 花野、川崎 佑真、今野 雅恵、村田 武士、井上 圭一
2. 発表標題 土壌細菌由来新奇Cl-ポンプロドプシンによるイオン輸送機構の解明
3. 学会等名 日本生体エネルギー研究会第48回討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井上 圭一
2. 発表標題 AIによる高機能性タンパク質探索とデザイン
3. 学会等名 第5回 発動分子科学サロン 「発動分子とAI」(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 川崎佑真、柴田 桂成、岸 孝一郎、竇本 俊輝、小野 稜平、福田 昌弘、八尾 寛、加藤英明、秋山 英文、井上 圭一
2. 発表標題 分光学的手法と電気生理学的手法を用いたポンプ様チャンネルロドプシン(ChRmine)のチャンネル開閉機構の解明
3. 学会等名 第11回日本生物物理学会関東支部会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井上 圭一
2. 発表標題 化学の視点で探る微生物ロドプシンの不思議と可能性
3. 学会等名 大阪公立大学・第1回学際化学若手育成シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 永田 崇、川崎 佑真、今野 雅恵、長坂 勇次郎、青山 真子、片山 耕大、Andrey Rozenberg, Igor Kaczmarczyk, Donna Matzov, Moran Shalev-Benami, Oded Beja, 神取 秀樹、井上 圭一
2. 発表標題 新奇光受容タンパク質ベストロドプシンの特異な発色団光異性化反応
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井上 圭一
2. 発表標題 光駆動タンパク質ロドプシンのもたらす生物と光の新たな関係
3. 学会等名 バイオインダストリー協会"・未来へのバイオ技術" 勉強会「光と音の遺伝子応答とオプトジェネティクス」 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上 圭一、志甫谷 涉、今野 雅恵、樋口 晶光、但馬 聖也、古谷 祐詞、川崎 佑真、永田 崇、八尾 寛、川村 出、神取 秀樹、濡木 理
2. 発表標題 アスガルドアーキア由来の新奇光駆動型内向きプロトンポンプ：シゾロドプシンの機能・分光・構造研究
3. 学会等名 第47回生体分子科学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川崎 佑真、今野 雅恵、井上 圭一
2. 発表標題 Methanococcus 属アーキア由来シゾロドプシンの熱安定性研究
3. 学会等名 第47回生体分子科学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上 圭一
2. 発表標題 ロドプシンの色を変える：構造・理論・機械学習的アプローチ
3. 学会等名 電気学会 光・量子デバイス研究会「革新的材料の創出とデバイス応用」（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上 圭一
2. 発表標題 光エネルギーを使って内向きにプロトンを輸送するロドプシンの構造とダイナミクス
3. 学会等名 第21回日本蛋白質科学会年会・ワークショップ「高速分子動画：タンパク質の構造機能相関研究の最先端」（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川崎 佑真、今野 雅恵、井上 圭一
2. 発表標題 Methanococcus 属古細菌由来新奇シゾロドプシンの熱安定性評価
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 井上 圭一
2. 発表標題 アスガルドアーキアは光をつかう？ ロドプシンを用いた光受容と新奇シゾロドプシンファミリー
3. 学会等名 極限環境生物学会・第22回シンポジウム「微生物ダークマターへの挑戦」（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上 圭一
2. 発表標題 自然界の光分子ツールボックス 微生物ロドプシンの科学を理解する
3. 学会等名 第19回 “光” 機到来！Qコロキウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川崎 佑真、今野 雅恵、井上 圭一
2. 発表標題 高温環境由来新奇シゾロドプシンの熱安定性研究
3. 学会等名 第15回分子科学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上 圭一
2. 発表標題 真核生物の起源に関わる新奇光受容型膜タンパク質ロドプシンの機能メカニズム研究
3. 学会等名 山田科学振興財団・2021年度研究交歓会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川崎 佑真、今野 雅恵、井上 圭一
2. 発表標題 高温環境から発見されたシゾロドプシンの熱安定性研究
3. 学会等名 第11回CSJ化学フェスタ2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上 圭一、鈴木 花野、今野 雅恵、Reza Bagherzadeh、Andrey Rozenberg、Maria del Carmen Marin、Oded Beja、村田 武士
2. 発表標題 DTGロドプシンのX線結晶構造解析
3. 学会等名 第59回生物物理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永田 崇
2. 発表標題 視覚再生に向けた暗活性・光不活性化GPCR型光遺伝学ツールの開発
3. 学会等名 第59回生物物理学会年会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今野 雅恵、Bu Xu、Apoorva Prabhu、Yang Liu、Meng Li、Oded Beja、Chuanlun Zhang、Christian Rinke、Lu Fan、井上 圭一
2. 発表標題 シグナルペプチドを持つMarine group II 古細菌由来Clade-Cロドプシンの分子特性
3. 学会等名 第59回生物物理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Maria del Carmen Marin Perez、Konno Masae、Laura Pedraza-Gonzalez、Luca De Vico、Massimo Olivucci、Keiichi Inoue
2. 発表標題 Color Tuning of Microbial Rhodopsin Proteins: Combined Spectroscopic and QM/MM Modeling Studies
3. 学会等名 第59回生物物理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川崎 佑真、今野 雅恵、井上 圭一
2. 発表標題 高温環境由来のアーキアから発見されたシゾロドプシンの熱安定性研究
3. 学会等名 第59回生物物理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森本 直也、永田 崇、井上 圭一
2. 発表標題 レチナル光異性化酵素として働く動物ロドプシンの分光学的解析
3. 学会等名 第59回生物物理学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上 圭一、烏山 昌幸、神取 秀樹、竹内 一郎
2. 発表標題 機械学習による微生物ロドプシンの吸収波長予測
3. 学会等名 第44回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Maria del Carmen Marin Perez、今野 雅恵、Laura Pedraza-Gonzalez、Luca De Vico、Massimo Olivucci、井上 圭一
2. 発表標題 Color Tuning of Microbial Rhodopsin Proteins: Combined Spectroscopic and QM/MM Modeling Studies
3. 学会等名 第44回日本分子生物学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keiichi Inoue
2. 発表標題 The diversity and the molecular mechanism of light-driven inward proton pump rhodopsins
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pachific Basin Societies (Pacifichem) 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keiichi Inoue, Maria del Carmen Marin Perez, Sahoko Tomida, Ryoko Nakamura, Yuta Nakajima, Massimo Olivucci, Hideki Kandori
2. 発表標題 Red-shifting mutation of light-driven sodium-pump rhodopsin
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pachific Basin Societies (Pacifichem) 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keiichi Inoue, Tamiko Kiyotani, Ichiro Tanaka
2. 発表標題 Detection of Functional Processes of Photoreceptive Proteins by Muon
3. 学会等名 ISIS Muon Illumination Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永田 崇
2. 発表標題 Molecular physiological study on rhodopsin-based visual and non-visual photoreceptions of a jumping spiser
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第43回札幌大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森本 直也、永田 崇、井上 圭一
2. 発表標題 Spectral characterization of vertebrate opsins acting as a retinal photoisomerase
3. 学会等名 日本比較生理生化学会第43回札幌大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上 圭一
2. 発表標題 光ではたらく膜タンパク質 ロドプシンの多彩な機能と光遺伝学
3. 学会等名 第6回CURIEセミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石塚 智大、川崎 佑真、今野 雅恵、井上 圭一
2. 発表標題 細菌由来新奇Cl ⁻ -ポンプロドプシンの輸送メカニズム研究
3. 学会等名 第11回日本生物物理学会関東支部会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森本 直也、永田 崇、井上 圭一
2. 発表標題 レチナル光異性化酵素ロドプシンRGRの光吸収・反応特性の解析
3. 学会等名 第11回日本生物物理学会関東支部会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名	Keiichi Inoue, Keisei Shibata, Kazumasa Oda, Tomohiro Nishizawa, Yuji Hazama, Ryohei Ono, Shunki Takaramoto, Reza Bagherzadeh, Hiromu Yawo, Osamu Nureki, Hidefumi Akiyama
2. 発表標題	Study on the dynamics of channel opening and closing of cation channelrhodopsin, C1C2
3. 学会等名	日本化学会 第102春季年会 (2022)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	井上 圭一、烏山 昌幸、神取 秀樹、竹内 一郎
2. 発表標題	機械学習を用いたロドプシンの吸収波長予測法とオプトジェネティクスツール開発への応用
3. 学会等名	ISSPワークショップ：開放系トポロジーと生体・量子・統計物理
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	森本 直也、永田 崇、井上 圭一
2. 発表標題	レチナル光異性化酵素として働くロドプシンの光吸収・反応特性の解析
3. 学会等名	ISSPワークショップ：開放系トポロジーと生体・量子・統計物理
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	井上 圭一
2. 発表標題	第72回日本生物工学会大会・シンポジウム「ボトムアップ生物学」
3. 学会等名	光駆動タンパク質ロドプシンの分子機能エンジニアリング (招待講演)
4. 発表年	2020年

1. 発表者名 井上 圭一
2. 発表標題 第58回日本生物物理学会年会・シンポジウム「Biomolecular Design to Control Their Functions」
3. 学会等名 微生物ロドプシンの機能と色の制御（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 永田 崇、鳥山 昌幸、竹内 一郎、中島 悠、吉澤 晋、井上 圭一
2. 発表標題 第58回日本生物物理学会年会
3. 学会等名 Mutational analysis of the mechanism of an absorption red shift in a marine bacterial Cl ⁻ -pumping rhodopsin
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 今野 雅恵、八尾 寛、神取 秀樹、井上 圭一
2. 発表標題 第58回日本生物物理学会年会
3. 学会等名 Development of a light regulatory system of membrane potential in plant cells
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長坂 勇次郎、細島 頌子、神取 秀樹、井上 圭一、八尾 寛
2. 発表標題 第58回日本生物物理学会年会
3. 学会等名 The gate-keeper role of a highly conserved helix-3 tryptophan for ion transport of the channelrhodopsin chimera, C1C2/ChRWR
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 萬年 健太郎、永田 崇、Oded Beja、井上 圭一
2. 発表標題 第58回日本生物物理学会年会
3. 学会等名 Biophysical characterization of different members of TAT rhodopsins: a new group of microbial rhodopsins
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Keiichi Inoue
2. 発表標題 MPI-FKF Seminar
3. 学会等名 Sir Martin Wood Prize Lecture: The emerging world of microbial rhodopsins in photobiology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Keiichi Inoue
2. 発表標題 MRC LMB Seminar
3. 学会等名 Sir Martin Wood Prize Lecture: The emerging world of microbial rhodopsins in photobiology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井上 圭一、志甫谷 涉、今野 雅恵、樋口 晶光、但馬 聖也、古谷 祐詞、川崎 佑真、永田 崇、八尾 寛、川村 出、神取 秀樹、濡木 理
2. 発表標題 第43回日本分子生物学会年会
3. 学会等名 光駆動型内向キプロトンポンプ、シゾロドプシンのプロトン輸送メカニズム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井上 圭一、志甫谷 涉、今野 雅恵、樋口 晶光、但馬 聖也、古谷 祐詞、川崎 佑真、永田 崇、八尾 寛、川村 出、神取 秀樹、濡木 理
2. 発表標題 日本生体エネルギー研究会第46回討論会
3. 学会等名 光駆動型内向きH ⁺ ポンプ型シゾロドプシンのH ⁺ 輸送メカニズムの分光及び構造研究
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 永田 崇、鳥山 昌幸、中島 悠、吉澤 晋、竹内 一郎、井上 圭一
2. 発表標題 日本生体エネルギー研究会第46回討論会
3. 学会等名 海洋性細菌のCl ⁻ -ポンプロドプシンにおける波長制御メカニズムの変異体解析
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 萬年 健太郎、永田 崇、戸叶 貴也、内橋 貴之、Oded Beja、井上 圭一
2. 発表標題 日本生体エネルギー研究会第46回討論会
3. 学会等名 TATロドプシンのpKaと多量体形成の制御における保存されたグルタミン酸の役割
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井上 圭一
2. 発表標題 日本バイオインダストリー協会・発酵と代謝研究会勉強会
3. 学会等名 微生物ロドプシンの吸収波長の自在制御に向けた機械学習法の開発（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井上 圭一
2. 発表標題 ISSPワークショップ「物性科学におけるデータ科学の今と未来」
3. 学会等名 タンパク質のボトムアップ機能向上への機械学習法の応用（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keiichi Inoue
2. 発表標題 BPS - Biophysical Society 65th Annual Meeting
3. 学会等名 Photobiology of new microbial rhodopsins（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上 圭一
2. 発表標題 第3回晝間輝夫光科学賞・令和2年度研究助成金贈呈式
3. 学会等名 新奇な微生物型ロドプシンの光機能およびその光反応メカニズム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上 圭一、志甫谷 涉、今野 雅恵、樋口 晶光、但馬 聖也、古谷 祐詞、川崎 佑真、永田 崇、八尾 寛、川村 出、神取 秀樹、濡木 理
2. 発表標題 日本化学会 第101春季年会（2021）
3. 学会等名 アスガルド古細菌の持つ新奇光駆動型内向きプロトンポンプ、シゾロドプシンの輸送メカニズム
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 井上 圭一	4. 発行年 2023年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 265
3. 書名 ロドプシンを用いた光受容と新奇シゾロドプシンファミリー	

1. 著者名 Keiichi Inoue	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Springer Nature	5. 総ページ数 663
3. 書名 Optogenetics: Light-Sensing Proteins and Their Applications in Neuroscience and Beyond	

〔産業財産権〕

〔その他〕

東京大学物性研究所・井上研究室 https://inoue.issp.u-tokyo.ac.jp/index.html
--

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
研究協力者	古賀 信康 (Koga Nobuyasu)	大阪大学・蛋白質研究所・教授	計算科学によるロドプシンデザイン

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	永田 崇 (Nagata Takashi)	東京大学・物性研究所・助教	遺伝子コンストラクト作製、大腸菌でのタンパク質発現

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			
イスラエル	イスラエル工科大学	ワイツマン研究所		
米国	カリフォルニア大学バークレー校	スタンフォード大学	ポーリング・グリーン州立大学	
チェコ	チェコ科学アカデミー			
イタリア	シエナ大学			