

令和 2 年 5 月 28 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H04754

研究課題名(和文) 無酸素環境を利用した鉄硫黄クラスターの生合成機構および新規機能の解析

研究課題名(英文) Structural and Functional analyses of iron-sulfur clusters biogenesis systems under the anaerobic conditions

研究代表者

和田 啓 (Wada, Kei)

宮崎大学・医学部・准教授

研究者番号：80379304

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：鉄硫黄クラスター(Fe-S)は、すべての生物の生存に必須なタンパク質成分として知られており、酸素により崩壊する性質をもつ。Fe-S クラスターが生体内においてどのように合成されるのかを明らかにするために、本課題では生合成のコア複合体に着目した。X線結晶構造解析によりコア複合体の立体構造を明らかにし、複合体分子内部にトンネル/キャビティーが存在することを明らかにした。変異体解析および構造学的解析によって、この分子内キャビティーはクラスター合成の材料である、鉄源、硫黄源を蓄積し、合成部位に供給する役割を担っているという機構を新たに提唱した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

鉄硫黄クラスターは、動物では呼吸、植物では光合成の中心を担う成分である。生物界において必須な役割を担う成分にも関わらず、いまだにこの生合成機構が明らかになっていない。この主な原因として、鉄硫黄クラスター自体が酸素に極端に不安定で、実験室では数秒～数分で崩壊してしまうことが挙げられる。本課題では、鉄硫黄クラスターの崩壊を防ぎながら、さまざまな実験方法を遂行し、これまでに分かっていたクラスター合成の材料の供給経路を明らかにできた。将来的にこれらの成果は、人間に副作用・悪影響がない抗生物質や除草剤の開発に繋がることが期待されている。

研究成果の概要(英文)：Iron-sulfur (Fe-S) clusters are protein co-factor that are known to have extremely oxygen-labile nature. To elucidate the molecular mechanism involved in the Fe-S cluster biogenesis, in this proposal we focus on its core protein complex. We have been determined the crystal structure of the core complex, thereby the internal cavities were found. The mutagenesis in vivo assay and structural analyses implied that this cavity is probably play a role for the reservoir of iron and/or sulfur species for the de novo Fe-S cluster biosynthesis.

研究分野：構造生物化学

キーワード：鉄硫黄クラスター 結晶構造

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

鉄硫黄クラスターを持つタンパク質 (Fe-S タンパク質) は、高等動植物から古細菌まで非常に多様な種類 (大腸菌では 120 種類以上) が分布する¹⁾。例えば、ミトコンドリア呼吸鎖複合体には 9 個、葉緑体光合成反応中心複合体には 3 個の Fe-S クラスターが存在し、その他、クエン酸回路からビタミン合成、遺伝子発現制御を司る Fe-S 蛋白質が知られている。つまり、すべての生物は Fe-S クラスターが合成できないと致死となる。

SUF マシナリーは生物界に広く分布する Fe-S クラスター合成マシナリーである。オペロンにコードされる六種のタンパク質 (SufABCDSE) から構成され²⁾、これら複合体の離合集散が分子スイッチとなり段階的に活性・機能を調節している。これまでに申請者は、SUF マシナリーの構造生物学研究を展開し、SufB-SufC-SufD 三成分複合体のアポ型立体構造を決定した。この複合体では、構造変化によって、Fe-S クラスター合成部位が露出し、生合成がスタート、酸素に弱い中間体クラスターは分子内部で保護されることを予想している。

一方、Fe-S クラスター生合成のマスターレギュレーターである CnfR は、Fe-S クラスターを細胞内ガス濃度のセンサーとして活用しており、クラスター合成遺伝子の発現を制御している。興味深いことに、還元的な細胞内において CnfR は、酸素濃度だけでなく、窒素濃度を検知する可能性が浮かび上がってきた。これは、CnfR によって制御されるクラスター合成系は窒素固定に特化したニトロゲナーゼであることから合理的ではあるが、全く前例のない機能である。

2. 研究の目的

Fe-S クラスター合成の生合成機構を明らかにするために、この"心臓部"といえるコア複合体に焦点をあてる。この複合体は ATP 加水分解に共役して、鉄と硫黄原子を Fe-S クラスターへ変換する。本研究では、酸素に不安定な Fe-S クラスター合成超複合体の作動メカニズムの全容解明を目的とし、どこでどのように Fe-S クラスターが合成されるのかを可視化する。また、Fe-S クラスターをもつ新規な転写調節蛋白質 (CnfR) の構造機能解析を進めることで、Fe-S クラスターをもつ新規なセンサー機能解明の解析基盤を築く。

3. 研究の方法

本計画では、酸素に脆弱な Fe-S クラスターを安定的に保つために、無酸素環境下の活用と変異導入を進める。これらの条件下での蛋白質の発現・精製・結晶化など遂行する。さらに、基質アナログ (ATP アナログ) を組み合わせることにより、一時的な Fe-S クラスターが合成コア複合体の中で段階的に組み上がる過程をトラップする。ステップ毎の構造を決定することで、材料である硫黄原子、鉄原子および還元力 (e⁻) が、どのように供給されるのか可視化する。この系の実質的な応用として、新規機能 Fe-S タンパク質である窒素ガスセンサータンパク質 CnfR に適用し、クラスター結合型 CnfR を作出、これまで不可能であった構造機能解析を展開する。これらの無酸素系に加え、細胞内での機能解析を並行することにより、Fe-S クラスターの生合成機構および新規機能を実験的に証明する。

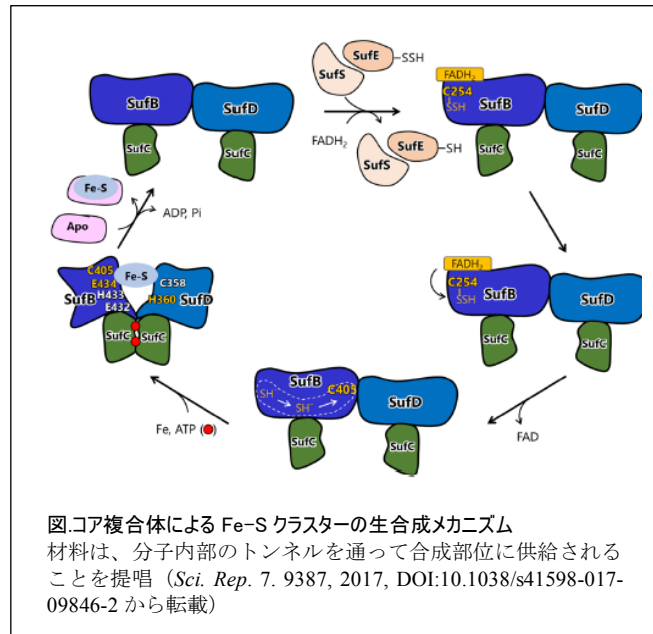
4. 研究成果

[Fe-S クラスター合成複合体の構造機能解析]

X 線結晶構造解析により、コア複合体はヘテロ四量体構造をもち、さらに新規なフォールディング (β -ヘリックス構造) をもつプロトマーが二つ存在することが明らかになった (SufD および SufB プロトマー)。また、ATP アナログを駆使した分光学的な実験から、残りの成分 (2 分子の SufC) は ATP 存在下においてダイマー化することを明らかにし、複合体のダイナミックな立体構造変化が Fe-S クラスター合成に関与していることを実験的に証明した。

この立体構造をベースに複合体の機能残基を調べるために、50 箇所のアミノ酸にそれぞれ変異を導入したコア複合体遺伝子を作製した。変異コア複合体の発現・精製を進め、複合体のどの

部位が機能に必須なのかを調べた。機能残基は β -ヘリックスコアドメイン N 末端側の機能領域に位置しており、Fe-S クラスターの新規形成部位と予想される SufB と SufD の会合面までは 25Å 以上離れていることを明らかにした。さらに、コア複合体の SufB の β -ヘリックスドメインの内部にはトンネル構造(キャビティ構造)が存在することが明らかになった。このトンネル内部に変異を導入して機能解析を進めた結果、硫黄種または鉄源となるイオンがこの隙間に蓄積される可能性を見出した。これらの結果から、これまで不明であったコア複合体による Fe-S クラスター合成の材料の供給経路を提唱した。



[Fe-S クラスターをもつ転写調節因子の機能解析]

Fe-S クラスターは酸素に脆弱な性質をもつため、蛋白質の酸素センサーとして機能できる。空气中に窒素をアンモニアに変換する反応は窒素固定と呼ばれ、一部の微生物(と共生植物)が可能な特殊な反応である。窒素固定は、細胞の酸素濃度および利用可能な窒素化合物濃度を感知して転写レベルで調節されることが知られている。CnfR は、シアノバクテリア *Leptolyngbya boryana* における窒素固定関連遺伝子群(*nif* 遺伝子群)の主要な転写活性化タンパク質として同定された。このタンパク質は、低酸素かつ窒素枯渇に应答して、*nif* 遺伝子群の転写を活性化する (Tsujiimoto et al, PNAS 2014; Tsujiimoto et al., Mol. Microbiol. 2016)。CnfR は、N 末端の鉄硫黄クラスター結合ドメイン、未知の機能の中間ドメインおよび C 末端 DNA 結合ドメインという 3 つのドメインから構成される。N 末端ドメインには、細菌型フェレドキシンに含まれる 2 つの[4Fe-4S]クラスター結合モチーフ (CxxCxxCxxxCP および CxxCx8CxxxC)、C 末端ドメインには、DNA 結合のための典型的 helix-turn-helix モチーフが存在する。Fe-S クラスターは酸素センサーとして機能し、これらのドメイン配向の構造変化によって DNA 結合と転写活性化を制御していることを想定している。本課題では、構造生物学的な手法を用いて CnfR の分子メカニズムを明らかにすることを目的として、CnfR の大量発現系を確立し、転写活性化のために CnfR が結合する DNA 配列の決定を試みた。

Fe-S クラスターを保持した状態の CnfR を得るために、クラスター合成系 (ISC マシナリー) を大腸菌内で共発現し、さらに無酸素条件下で精製することによってホロ型 CnfR を得ることができた。CnfR が認識する DNA 配列の探索法を検討した結果、DNase からの分解保護を利用した protection assay 法を確立した。*(nif* 遺伝子群の周辺 DNA 配列を実験に供した結果、*nifB* 上流の幾つかの断片 (20 bp 程度) が結合配列候補として得られた。これら成果により、CnfR による窒素固定遺伝子群の調節機構を探る上で有効な解析手法を確立することができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Keisuke Igarashi, Yoshinori Hagiwara, Masakazu Sugishima, Kei Wada, Keiichi Fukuyama, Atsushi Ikeda, Naomine Yano, Katsuhiko Kusaka, Andreas Ostermann, Masaki Unno	4. 巻 18 (9)
2. 論文標題 Crystal Growth of a Bilin Reductase PcyA I86D Mutant-Substrate Complex for Neutron Crystallography	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Crystal Growth & Design.	6. 最初と最後の頁 5181 - 5181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.8b00607	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 Sugishima M, Wada K, Fukuyama K.	4. 巻 26
2. 論文標題 Recent Advances in the Understanding of the Reaction Chemistries of the Heme Catabolizing Enzymes HO and BVR Based on High Resolution Protein Structures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Current Medicinal Chemistry	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2174/0929867326666181217142715	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 Sugishima M., Sato H., Wada K., Yamamoto K.	4. 巻 593
2. 論文標題 Crystal structure of a NADPH-cytochrome P450 oxidoreductase(CYPOR) and heme oxygenase 1 fusion protein implies a conformation change in CYPOR upon NADPH/NADP+ binding	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 FEBS Lett	6. 最初と最後の頁 868-875
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/1873-3468.13360	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 Liu Xiao, Ishizuka Takumi, Bao Hong-Liang, Wada Kei, Takeda Yuma, Iida Keisuke, Nagasawa Kazuo, Yang Danzhou, Xu Yan	4. 巻 139
2. 論文標題 Structure-Dependent Binding of hnRNPA1 to Telomere RNA	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 7533 ~ 7539
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.7b01599	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 Yuda Eiki, Tanaka Naoyuki, Fujishiro Takashi, Yokoyama Nao, Hirabayashi Kei, Fukuyama Keiichi, Wada Kei, Takahashi Yasuhiro	4. 巻 7
2. 論文標題 Mapping the key residues of SufB and SufD essential for biosynthesis of iron-sulfur clusters	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-017-09846-2	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 Watanabe Bunta, Tabuchi Yukiko, Wada Kei, Hiratake Jun	4. 巻 27
2. 論文標題 Synthesis and evaluation of the inhibitory activity of the four stereoisomers of the potent and selective human γ -glutamyl transpeptidase inhibitor GGsTop	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 4920 ~ 4924
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bmcl.2017.09.017	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 和田啓、高橋康弘	4. 巻 72
2. 論文標題 "化学機械エンジン" と呼ばれるタンパク質群 - ABCタンパク質がもつ機能性ドメインの多	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 化学 (化学同人)	6. 最初と最後の頁 70 ~ 71
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 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 Hagiwara Yoshinori, Wada Kei, Irikawa Teppei, Sato Hideaki, Unno Masaki, Yamamoto Ken, Fukuyama Keiichi, Sugishima Masakazu	4. 巻 590
2. 論文標題 Atomic-resolution structure of the phycocyanobilin:ferredoxin oxidoreductase I86D mutant in complex with fully protonated biliverdin	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 FEBS Letters	6. 最初と最後の頁 3425 ~ 3434
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/1873-3468.12387	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 Kaniyama Akane, Nakajima Mado, Han Liyou, Wada Kei, Mizutani Masaharu, Tabuchi Yukiko, Kojima-Yuasa Akiko, Matsui-Yuasa Isao, Suzuki Hideyuki, Fukuyama Keiichi, Watanabe Bunta, Hiratake Jun	4. 巻 24
2. 論文標題 Phosphonate-based irreversible inhibitors of human γ -glutamyl transpeptidase (GGT). GGsTop is a non-toxic and highly selective inhibitor with critical electrostatic interaction with an active-site residue Lys562 for enhanced inhibitory activity	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Bioorganic & Medicinal Chemistry	6. 最初と最後の頁 5340 ~ 5352
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bmc.2016.08.050	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 Takao Haruna, Hirabayashi Kei, Nishigaya Yuki, Kouriki Haruna, Nakaniwa Tetsuko, Hagiwara Yoshinori, Harada Jiro, Sato Hideaki, Yamazaki Toshimasa, Sakakibara Yoichi, Suiko Masahito, Asada Yujiro, Takahashi Yasuhiro, Yamamoto Ken, Fukuyama Keiichi, Sugishima Masakazu, Wada Kei	4. 巻 8
2. 論文標題 A substrate-bound structure of cyanobacterial biliverdin reductase identifies stacked substrates as critical for activity	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 14397 ~ 14397
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/ncomms14397	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 海野昌喜、日下勝弘、玉田太郎、杉島正一、和田啓、萩原義徳、福山恵一	4. 巻 26
2. 論文標題 ピリン還元酵素PcyAと基質ビリベルジン複合体の中性子結晶構造解析で見えてきたもの	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 日本中性子科学会誌「波紋」	6. 最初と最後の頁 130 ~ 134
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31件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Nao Yokoyama, Takashi Fujishiro, Eiki Yuda ¹ , Naoyuki Tanaka, Kei Hirabayashi, Kei Wada, and Yasuhiro Takahashi
2. 発表標題 Novel insights into bacterial Fe-S cluster biosynthesis systems
3. 学会等名 Iron-Sulfur Proteins Biogenesis, Regulation and Function 39th Steenbock Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Eiki Yuda, Kei Hirabayashi, Naoyuki Tanaka, Takashi Fujishiro, Nao Yokoyama, Keiichi Fukuyama, Yasuhiro Takahashi and Kei Wada
2. 発表標題 Structural and functional analyses of E. coli SufBCD complex
3. 学会等名 Iron-Sulfur Proteins Biogenesis, Regulation and Function 39th Steenbock Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤秀明, 杉島正一, 塚口舞, 増子隆博, 小俣義明, 和田啓, 久枝良雄, 山本健
2. 発表標題 基質を2分子結合したヒドロキシメチルピラン合成酵素のX線結晶構造解析
3. 学会等名 第18回日本蛋白質科学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉島正一, 佐藤秀明, 和田 啓, 平 順一, 坂本 寛, 山本 健
2. 発表標題 NADP添加によるNADPH-シトクロムP450還元酵素とヘムオキシゲナーゼ間の相互作用増大の構造的要因
3. 学会等名 平成30年度日本生化学会九州支部例会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 和田啓
2. 発表標題 鉄硫黄クラスター生合成マシナリーの構造・機能解析
3. 学会等名 第16回レドックス・ライフィノベーションシンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤 秀明, 杉島 正一, 塚口 舞, 増子 隆博, 小俣 義明, 和田 啓, 久枝 良雄, 山本 健
2. 発表標題 2分子の基質を結合したヒトヒドロキシメチルピランシターゼの結晶構造
3. 学会等名 第91回日本生化学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 和田 啓, 総田 紀子, 上村 紀子, 元山 祐美子, 高尾 春奈, 福山 恵一, 藤田 祐一, 高橋 康弘
2. 発表標題 無酸素実験環境を利用した鉄硫黄クラスター結合タンパク質の精製および構造・機能解析
3. 学会等名 第91回日本生化学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 國近 航平, 藤城 貴史, 山川 誠, 平林 佳, 岩永 朋子, 福山 恵一, 和田 啓, 高橋 康弘
2. 発表標題 超高温性細菌の鉄硫黄クラスター生合成蛋白質群のX線結晶構造解析
3. 学会等名 第91回日本生化学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 湯田瑛樹, 平林佳, 田中尚志, 藤城貴史, 横山奈央, 福山恵一, 湯井敏文, 高橋康弘, 和田啓
2. 発表標題 生命活動に必須な金属補因子である鉄硫黄クラスターの組立における硫黄源の供給機構
3. 学会等名 日本結晶学会2018年度年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉島正一、佐藤秀明、和田 啓、平 順一、坂本 寛、山本 健
2. 発表標題 CPR - HO人工融合タンパク質の結晶構造
3. 学会等名 日本結晶学会2018年度年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Haruna, Takao; Kei, Hirabayashi; Jiro, Harada; Hideaki, Sato; Keiichi, Fukuyama; Masakazu, Sugishima; Kei, Wada
2. 発表標題 Crystal structure of the substrate bound form of biliverdin reductase with unpredicted substrate-stacked geometry revealed unique reaction mechanism
3. 学会等名 ASIAN CRYSTALLOGRAPHIC ASSOCIATION CONFERENCE (ASCA) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 池田篤史、平田邦生、杉島正一、萩原義徳、和田啓、福山恵一、山下恵太郎、吾郷日出夫、海野昌喜
2. 発表標題 SACLAを利用したPcyA-BV複合体のX線と中性子構造の矛盾点の解決に向けた研究
3. 学会等名 2018年度 量子ビームサイエンスフェスタ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林賢二、和田啓、福山恵一、矢野直峰、日下勝弘、海野昌喜
2. 発表標題 Bacillus thermoproteolyticusフェレドキシンの結晶大型化と中性子構造解析
3. 学会等名 2018年度量子ビームサイエンスフェスタ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高尾春奈、福山恵一、杉島正一、和田啓
2. 発表標題 新生児黄疸の原因蛋白質ビリベルジン還元酵素の反応機構
3. 学会等名 平成29年度日本生化学会九州支部例会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山川壽伯, 橋本薫槻, 辻本良真, 和田啓, 藤田祐一
2. 発表標題 窒素固定性シアノバクテリアにおける窒素固定遺伝子群の転写活性化タンパク質CnfR の低酸素感知とDNA 結合
3. 学会等名 日本生化学会中部支部第81回例会・シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Fukuyama, K., Wada, K., Sugishima, M., Unno, M.
2. 発表標題 Protonation States and Reduction Activities of PcyA-Biliverdin and Its I86D Mutant Protein-Biliverdin Complexes Revealed by Neutron and X-ray Crystallographic Analyses
3. 学会等名 13th International Conference on Tetrapyrrole Photoreceptors of Photosynthetic Organisms (ICTPP0)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masakazu Sugishima, Haruna Takao, Yoshinori Hagiwara, Ken Yamamoto, Keiichi Fukuyama, Kei Wada
2. 発表標題 Crystal Structure of Cyanobacterial Biliverdin Reductase Reveals Two Biliverdin Molecules Bind to the One Catalytic Cleft
3. 学会等名 13th International Conference on Tetrapyrrole Photoreceptors of Photosynthetic Organisms (ICTPP0)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高尾春奈、福山恵一、杉島正一、和田啓
2. 発表標題 新生児黄疸を引き起こす蛋白質ビリベルジン還元酵素の 基質結合様式と反応機構
3. 学会等名 平成29年度 日本結晶学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 五十嵐啓介, 杉島正一, 和田啓, 萩原義徳, 日下勝弘, 福山恵一, Andreas Ostermann, 海野昌喜
2. 発表標題 ビリン還元酵素PcyA変異体I86D-BV複合体の中性子結晶構造
3. 学会等名 平成29年度 日本結晶学会年会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高尾春奈、福山恵一、杉島正一、和田啓
2. 発表標題 黄疸の原因物質ビリルビンの生成反応機構の解明-ビリベルジン還元酵素-基質複合体の結晶構造解析-
3. 学会等名 2017年度生命科学系学会合同年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 湯田 瑛樹、田中 尚志、藤城 貴史、平林 佳、福山 恵一、和田 啓、高橋 康弘
2. 発表標題 SufBCD複合体への変異導入解析から見えてきた鉄硫黄クラスターの生合成機構
3. 学会等名 2017年度生命科学系学会合同年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 杉島正一、佐藤秀明、和田啓、山本健
2. 発表標題 NADPH-シトクロムP450還元酵素とヘム - ヘムオキシゲナーゼ複合体の結晶構造分解能向上への取り組み
3. 学会等名 2017年度生命科学系学会合同年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 和田啓
2. 発表標題 立体構造に基づいた α -グルタミルトランスペプチダーゼの反応機構とこの阻害剤開発に向けて
3. 学会等名 日本農芸化学会2018年度大会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤 秀明、杉島 正一、塚口 舞、増子 隆博、小俣 義明、和田 啓、久枝 良 雄、山本 健、野口 正人
2. 発表標題 ヒドロキシメチルピラン合成酵素-阻害剤複合体の結晶構造解析
3. 学会等名 第16回日本蛋白質科学会年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 和田啓、平林佳、李春傑、高尾春奈、鈴木英之、平竹潤、福山恵一
2. 発表標題 グルタチオン分解を担う α -グルタミルトランスペプチダーゼの阻害剤結合構造および 基質認識機構
3. 学会等名 第16回日本蛋白質科学会年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 秋原義徳、和田啓、入川鉄平、佐藤秀明、海野昌喜、山本健、福山恵一、杉島正 一
2. 発表標題 I86D変異フィコシアノピリン：フェレドキシン還元酵素（PcyA）の精密構造解析から見え てきた活性部位周辺酸性残基の水素化状態
3. 学会等名 第89回日本生化学会年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 和田 啓
2. 発表標題 グルタチオン代謝を担う γ -グルタミルトランスぺプチダーゼの立体構造と反応機構
3. 学会等名 第89回日本生化学会年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 湯田瑛樹、田中尚志、平林佳、福山恵一、和田啓、高橋康弘
2. 発表標題 鉄硫黄クラスター生合成系の中核成分SufBCD複合体の遺伝生化学的解析
3. 学会等名 第89回日本生化学会年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 高尾春奈、鈴木秀之、福山恵一、平竹潤、和田啓
2. 発表標題 ヒト由来 γ -グルタミルトランスぺプチダーゼ-基質アナログ複合体の結晶構造
3. 学会等名 第89回日本生化学会年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masaki Unno, Masakazu Sugishima, Kei Wada, Yoshinori Hagiwara, Katsuhiro Kusaka, Taro Tamada, Keisuke Igarashi, and Keiichi Fukuyama
2. 発表標題 Neutron Crystallographic Study of a Bilin Reductase, PcyA
3. 学会等名 the 2016 Asian Crystallographic Association Meeting (AsCA 2016) (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 橋本薫槻、山川壽伯、辻本良真、和田啓、藤田祐一
2. 発表標題 窒素固定性シアノバクテリアLeptolyngbya boryanaの窒素固定遺伝子発現に必須の転写活性化タンパク質CnfRのDNA結合
3. 学会等名 第58回日本植物生理学会年会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究分担者	高橋 康弘 (Takahashi Yasuhiro) (10154874)	埼玉大学・理工学研究科・教授 (12401)	
研究分担者	藤田 祐一 (Fujita Yuichi) (80222264)	名古屋大学・生命農学研究科・教授 (13901)	
研究分担者	福山 恵一 (Fukuyama Keiichi) (80032283)	大阪大学・工学研究科 ・招へい研究員 (14401)	