

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05281

研究課題名(和文)腸管上皮細胞内における鉄イオン輸送の分子機序の解明

研究課題名(英文)Elucidation of the intracellular molecular mechanisms of iron trafficking in intestinal epithelial cells

研究代表者

澤井 仁美 (Sawai, Hitomi)

長崎大学・工学研究科・准教授

研究者番号：50584851

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：鉄は全ての生物の生命維持に必須の金属元素である。生物は、種々のタンパク質の介助によって鉄イオンを輸送し利用しているが、その詳細な分子機構は未解明であった。本研究では、ヒトが食物から獲得した鉄栄養素を腸管上皮細胞で吸収し血管へと輸送する仕組みを詳細に解明するために、新たに同定された細胞内鉄イオン輸送タンパク質(鉄シャペロン)を主な研究対象とした。鉄シャペロンが鉄イオンを渡す相手となるフェリチンなどの生体内鉄動態に関連するタンパク質との相互作用を検討し、それらのタンパク質間での鉄イオン授受機構を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

鉄イオン吸収に関する研究は、医科学や栄養学的な観点で発展してきたが、タンパク質レベルでの機能制御機構は理解されていない。そのため、鉄イオンの輸送に関わるタンパク質の分子機構を詳細に解明することは、鉄代謝異常による疾病の理解や鉄栄養素の効率的で無害な摂取方法や新たな鉄剤の開発への端緒となる。

研究成果の概要(英文)：Iron is essential for the survival of all living organisms and is transported and utilized in the body with the assistance of various proteins; however, detailed molecular mechanisms have not been elucidated. In this study, we focused on a newly identified iron transport protein (iron chaperone) localized in the cytoplasm to clarify the detailed mechanisms by which dietary iron in humans is absorbed by the intestinal epithelial cells and transported to the bloodstream. We investigated the interaction of the iron chaperone with proteins related to iron dynamics, and clarified the properties of the iron chaperone and the mechanism of iron transfer to related proteins.

研究分野：生物無機化学、生命金属科学、蛋白質科学、生化学

キーワード：鉄輸送タンパク質 細胞内鉄動態 鉄栄養素の吸収

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ヒトは「鉄」を栄養素(鉄イオンやヘム鉄など)として食物から獲得し、感知・輸送・貯蔵・再利用することにより体内に維持している。体内の鉄は、呼吸により取り込まれた酸素の運搬貯蔵・エネルギー生産・遺伝子などの重要物質の合成・毒素の分解といった生命維持に重要な生理機能を担っているため、鉄は生命維持に必須の金属栄養素である。しかし、体内に蓄積された過剰な鉄は活性酸素の発生源となるため、生体内の鉄濃度は厳密に制御されているが、ヒトでは制御可能な鉄の排出経路がないため、鉄の吸収調節が生体内鉄濃度の恒常性維持における最も重要なステップとなる。通常、ヒトでは十二指腸(小腸上部)の柔毛を形成する粘膜上皮細胞で鉄栄養素を吸収することが、唯一の鉄獲得の手段となっている。食物を消化して獲得した鉄イオンは、十二指腸の柔毛表面を覆う粘膜上皮細胞の腸管腔側の細胞膜に局在する膜貫通型鉄還元酵素 Dcytb (Duodenal cytochrome b) によって酸化鉄 Fe^{3+} から還元鉄 Fe^{2+} に還元された後、2価金属トランスポーター DMT1 (Divalent metal transporter 1) により細胞質へと輸送される[1]。細胞質に取り込まれた Fe^{2+} は、鉄輸送シャペロン PCBP (poly rC binding protein) に結合し、鉄貯蔵タンパク質フェリチンへと運ばれるか、毛細血管側に放出され血清タンパク質に結合し血流によって全身を巡ることが報告されていたが[2]、PCBP による細胞内輸送や他のタンパク質との間での鉄イオンの授受機構は原子・分子のレベルでは未解明であった。

上記のような鉄輸送に関わるタンパク質の機能不全により鉄代謝のバランスが崩れると、鉄欠乏あるいは鉄過剰となり生命維持に危険をもたらしてしまう。そのため、細胞内鉄イオンの輸送に関わるタンパク質の分子機構を解明することは鉄栄養素の効率的で無害な摂取方法や鉄代謝に関わる疾病への理解につながると考え、本研究課題に着手した。

2. 研究の目的

本研究課題では、ヒトの腸管上皮細胞内に吸収された鉄イオンが細胞内を安全に効率よく輸送される仕組みをタンパク質レベルで精密に解明することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究課題では、ヒト由来 PCBP ならびにフェリチンの組換えタンパク質を用いて、以下(1)(2)(3)を進めた。

(1) PCBP における鉄イオン結合特性の検討

PCBP 精製標品に含まれる Fe^{2+} を金属指示薬 Nitroso-PSAP を用いた比色定量法ならびに ICP 発光分析により定量した。また、PCBP における Fe^{2+} 結合の pH 依存性についても検討し、PCBP が Fe^{2+} を安定に結合できる条件を決めた。PCBP に Fe^{2+} が結合しているかどうかは、大型放射光施設 SPring-8 のビームライン BL14B1 にて X 線吸収微細構造 (XAFS) を測定して確認した。

(2) 鉄イオンの結合に伴う構造変化の検討

アポ型ならびに Fe^{2+} 結合型 PCBP について、サイズ排除クロマトグラフィー (SEC)、mass photometry 測定、SPring-8 のビームライン BL38B1 にて X 線小角散乱 (SAXS) 測定を行い、各状態の会合状態や形状を解析した。

(3) PCBP とフェリチンの相互作用の検討

ヒトのフェリチンは2種類のサブユニット [H 鎖 (約 21 kDa) と L 鎖 (約 19 kDa)] の組み合わせにより構成される 24 量体の球状タンパク質である。フェリチンは鉄酸化酵素として機能する H 鎖を用いて Fe^{2+} を Fe^{3+} へと酸化し、内部にある空洞に鉄を貯蔵する働きをしている [3]。本研究では、ヒト由来フェリチンの H 鎖のみ、L 鎖のみで 24 量体を形成した組換えフェリチンを調製し、上記(1)(2)の実験で使用した品質の組換え PCBP と混合して、サイズ排除クロマトグラフィー、mass photometry ならびに X 線小角散乱 (SAXS) により、それらの複合体化や相互作用について検討した。

4. 研究成果

(1) PCBP における鉄イオン結合特性

PCBP 精製標品に含まれる Fe^{2+} を定量すると、鉄を含まないアポ型の状態で精製されていることがわかった。アポ型の PCBP 精製標品に対して、2 価鉄または 3 価鉄を含む塩化鉄ならびに硫酸アンモニウム鉄を添加すると、 Fe^{2+} で PCBP に結合し、 Fe^{3+} では結合しないことを明らかにした。また、pH5.5 から 9.0 の条件で硫酸アンモニウム鉄(II)を添加すると、pH7.5-8.0 で Fe^{2+} の結合

数が最大となり、pH5.5~6.5の酸性条件では Fe^{2+} の結合はみられなかった。したがって、PCBPはpH7.5-8.0で Fe^{2+} を結合しやすい性質をもつと考え、(2)(3)はpH7.5の条件で実施した。

(2) 鉄イオンの結合に伴う構造変化

アポ型ならびに Fe^{2+} 結合型PCBPの会合状態を明らかにするために、数nMレベルの希薄試料でも分子量分布解析が可能なmass photometry測定を行った。その結果、Apo型では単量体：二量体：三量体が2：2：1の比率で存在するのに対し、 Fe^{2+} を結合するとほとんどが二量体になるような会合状態の変化がみられた。さらに、これらの状態について、サイズ排除クロマトグラフィー融合型X線小角散乱(SEC-SAXS)測定を行ったところ、アポ型と Fe^{2+} 結合型PCBPはいずれも慣性半径(Guinier R_g)は約31、最大長 D_{max} は約100となり、形状には大きな差がない結果となった。SAXSのパラメーターから推測された形状モデルとAlphaFold2[4]で予測したPCBPの立体構造を重ね合わせると、PCBPにはフレキシブルなループ領域があるため、単量体と二量体では全体の形状は類似している可能性が示唆された(図1)。

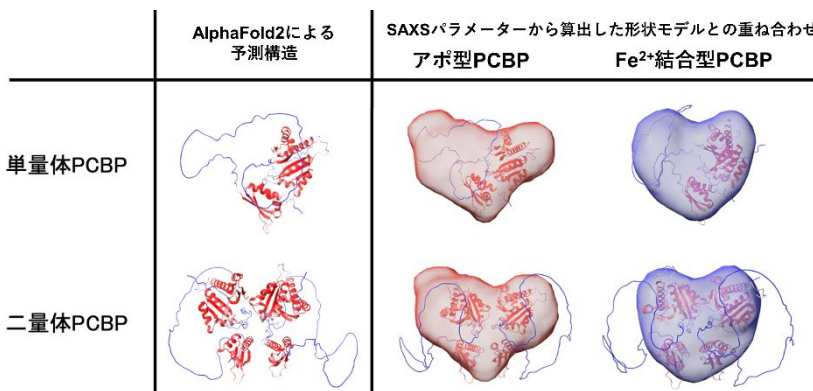


図1. ヒトPCBPの立体構造
単量体ならびに二量体のPCBPの立体構造をAlphaFold2で予測した。その結果と、アポ型ならびに Fe^{2+} 結合型PCBPのSAXSパラメーターから算出した形状モデル(赤色がアポ型、青色が Fe^{2+} 結合型)を重ね合わせた。

(3) PCBPとフェリチンの相互作用による効率的な Fe^{2+} 授受機構

PCBPがフェリチンに Fe^{2+} を渡す鉄輸送シャペロンの役割を担うことは細胞生物学的研究により提案されている[2]が、 Fe^{2+} 授受における分子機序は全く未解明であった。本研究では、H鎖のみ、L鎖のみの24量体フェリチンを調製し、アポ型ならびに Fe^{2+} 結合型のPCBPとの相互作用を調べるために、SEC分析、mass photometry測定、SEC-SAXS測定を行った。その結果、 Fe^{2+} 結合型PCBPはH鎖フェリチンと複合体を形成し、L鎖フェリチンでは形成しないことを明らかにした(図2A)。また、H鎖フェリチンと Fe^{2+} 結合型PCBPについて、モル比が1:10の混合物のSEC-SAXS測定を行い、SAXSパラメーターから複合体の形状を算出した。その形状はH鎖フェリチンだけの形状とは異なっていたため、H鎖フェリチンの結晶構造ならびに(2)においてAlphaFold2で予測した立体構造を用いてモデルを組むと、24量体のH鎖フェリチン1個に対して二量体のPCBPが1個結合していることが予測された(図2B)。

これらの結果から、鉄酸化酵素として機能するための活性部位を有するフェリチンのH鎖に対して、PCBPが選択的に Fe^{2+} を供給することにより、細胞毒性の高い Fe^{2+} を速やかに Fe^{3+} へと変換できるため、細胞内ではPCBPを用いることで安全に効率よく鉄イオンが受け渡しされると考えた。

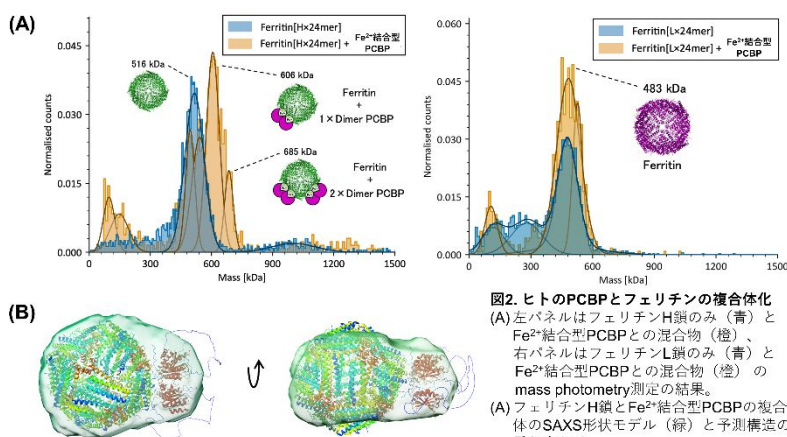


図2. ヒトのPCBPとフェリチンの複合体化
(A) 左パネルはフェリチンH鎖のみ(青)と Fe^{2+} 結合型PCBPとの混合物(橙)と、右パネルはフェリチンL鎖のみ(青)と Fe^{2+} 結合型PCBPとの混合物(橙)のmass photometry測定の結果。(A) フェリチンH鎖と Fe^{2+} 結合型PCBPの複合体のSAXS形状モデル(緑)と予測構造の重ね合わせ。

以上(1)(2)(3)の結果をまとめ、国内外の関連学会にて報告した。

[引用文献]

1. N. Andrews (2000) *Nature Reviews Genetics* 1, 208-217.
2. H. Shi, et al. (2008) *Science* 320, 1207-1210.
3. P. M. Harrison and P. Arosio (1996) *BBA* 1275, 161-203.
4. J. Jumper, et al. (2021) *Nature* 596, 583-589.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 H. Sawai, Y. Shiro	4. 巻 2021
2. 論文標題 Structural Basis of Heme-responsive Sensor Protein Mediating the Survival of Hemolytic Bacteria.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 SPRING-8/SACLA Research Frontiers 2021	6. 最初と最後の頁 26-27
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 Nishinaga Megumi, Sugimoto Hiroshi, Nishitani Yudai, Nagai Seina, Nagatoishi Satoru, Muraki Norifumi, Toshi Takehiko, Tsumoto Kouhei, Aono Shigetoshi, Shiro Yoshitsugu, Sawai Hitomi	4. 巻 4
2. 論文標題 Heme controls the structural rearrangement of its sensor protein mediating the hemolytic bacterial survival	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications Biology	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/s42003-021-01987-5	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 Kwon H., Basran J., Pathak C., Hussain M., Freeman S. L., Fielding A. J., Bailey A. J., Stefanou N., Sparkes H. A., Toshi T., Yamashita K., Hirata K., Murakami H., Ueno G., Ago H., Tono K., Yamamoto M., Sawai H., Shiro Y., Sugimoto H., Raven E. L., Moody P. C. E.	4. 巻 60
2. 論文標題 XFEL Crystal Structures of Peroxidase Compound II	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 14578 ~ 14585
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/anie.202103010	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 Hieu Vu Ngoc, Thuy Le Thi Thanh, Hai Hoang, Dat Ninh Quoc, Hoang Dinh Viet, Hanh Ngo Vinh, Phuong Dong Minh, Hoang Truong Huu, Sawai Hitomi, Shiro Yoshitsugu, Sato-Matsubara Misako, Oikawa Daisuke, Tokunaga Fuminori, Yoshizato Katsutoshi, Kawada Norifumi	4. 巻 52
2. 論文標題 Capacity of extracellular globins to reduce liver fibrosis via scavenging reactive oxygen species and promoting MMP-1 secretion	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Redox Biology	6. 最初と最後の頁 102286 ~ 102286
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.redox.2022.102286	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 Hatakeyama Tomomitsu, Kojima Fuki, Ohkawachi Issei, Sawai Hitomi, Unno Hideaki	4. 巻 175
2. 論文標題 Carbohydrate-binding ability of a recombinant protein containing the DM9 motif from <i>Drosophila melanogaster</i>	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 The Journal of Biochemistry	6. 最初と最後の頁 659 ~ 669
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jb/mvae014	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 SAWAI Hitomi	4. 巻 63
2. 論文標題 Survival of Pathogenic Bacteria: The Molecular Mechanism of the Heme-responsive Sensor Protein PefR	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Seibutsu Butsuri	6. 最初と最後の頁 102 ~ 103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2142/biophys.63.102	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 -

〔学会発表〕 計37件 (うち招待講演 19件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 澤井仁美
2. 発表標題 腸管における鉄栄養の吸収輸送という現象を多様な分子の相互作用として捉えて精密に理解する研究
3. 学会等名 第1回生命金属科学シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hitomi Sawai
2. 発表標題 Heme Controls the Structural Rearrangement of Its Sensor Protein Mediating the Survival of Hemolytic Bacteria.
3. 学会等名 Gordon Research Conference: Chemistry and Biology of Tetrapyrroles (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 澤井仁美
2. 発表標題 生体内の鉄の動態と機能
3. 学会等名 第34回生物無機化学夏季セミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 澤井仁美
2. 発表標題 鉄の生体内動態：栄養素あるいは細胞毒としての鉄を制御する仕組み
3. 学会等名 日本農芸化学会2022年度西日本支部大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 浦 敦人、築取いずみ、城 宜嗣、澤井仁美
2. 発表標題 ヒトの細胞内における鉄イオンの輸送と貯蔵の分子メカニズム
3. 学会等名 日本農芸化学会2022年度西日本支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 澤井仁美
2. 発表標題 センサータンパク質による鉄毒性の回避メカニズム
3. 学会等名 メタルバイオサイエンス研究会2022（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 澤井仁美
2. 発表標題 鉄栄養素の細胞内動態を分子と細胞の階層で探る
3. 学会等名 第95回日本生化学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 浦 敦人、築取いずみ、城 宜嗣、澤井仁美
2. 発表標題 細胞内鉄輸送タンパク質PCBP1における鉄イオンの結合と輸送の分子メカニズム
3. 学会等名 第95回日本生化学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hitomi Sawai
2. 発表標題 Heme Controls the Structural Rearrangement of Its Sensor Protein Mediating Survival of Pathogenic Bacteria.
3. 学会等名 10th Asian Biological Inorganic Chemistry Conference (AsBIC10) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hitomi Sawai
2. 発表標題 Structural basis for the multifunctionality of the heme-responsive sensor protein for heme detoxification in hemolytic bacteria.
3. 学会等名 11th International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines (ICPP-11) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 澤井 仁美
2. 発表標題 膜タンパク質の立体構造を基盤とする腸管モデル細胞を用いた鉄イオン吸収メカニズムの解析
3. 学会等名 生理学研究所研究会「上皮膜輸送の多様性・調和機構を基盤とする異分野融合研究の創出」(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 澤井 仁美
2. 発表標題 鉄イオンの吸収に関わる膜タンパク質の構造と腸管モデル細胞を用いた機能解析
3. 学会等名 第1回トランスポーター研究会関西部会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hitomi Sawai
2. 発表標題 Structural insights into the multifunctionality of the heme-responsive sensor protein for detoxification in hemolytic bacteria
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (Pacifichem2021)(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hitomi Sawai
2. 発表標題 Thinking about Iron: the Molecular and Cellular Mechanisms of Dietary Iron Absorption
3. 学会等名 20th International Conference on Biological Inorganic Chemistry (ICBIC20)(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Atsuto Ura, Izumi Yanatori, Takehiko Tosha, Yoshitsugu Shiro, Hitomi Sawai
2. 発表標題 Molecular Mechanism of Iron Trafficking into Ferritin via Iron Chaperone
3. 学会等名 20th International Conference on Biological Inorganic Chemistry (ICBIC20) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hitomi Sawai
2. 発表標題 Metal Dynamics via Proteins: Understanding of the Uptake, Trafficking and Regulation of Biometals by the Relay of Protein-Protein Interactions
3. 学会等名 LINXS ChemLife WG3 Kick-off Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hitomi Sawai
2. 発表標題 Food for Thought: the Protein Interactions for Dietary Iron Absorption in Humans
3. 学会等名 UK-Japan Meeting and Workshop: Dynamic Crystallography-XFELs and Synchrotrons to study enzyme reactions (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 澤井 仁美
2. 発表標題 蛋白質間相互作用による鉄ホメオスタシスの制御
3. 学会等名 第23回日本蛋白質科学会年会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 澤井 仁美
2. 発表標題 ヒトの鉄栄養吸収に関わる膜タンパク質の構造機能解析
3. 学会等名 第13回トランスポーター研究会九州部会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 澤井 仁美
2. 発表標題 金属蛋白質のための放射光構造生物学
3. 学会等名 九州シンクロトロン光応用研究センター講演会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 澤井 仁美
2. 発表標題 ヒトの鉄栄養素の吸収と輸送に関わるタンパク質間の分子機序
3. 学会等名 生物無機化学シンポジウム2024
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 澤井 仁美
2. 発表標題 植物とヒトの鉄獲得機構の分子レベルでの相違点
3. 学会等名 第65回日本植物生理学会年会（招待講演）
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 澤井 仁美
2. 発表標題 鉄を摂取して健康になるための分子科学
3. 学会等名 日本農芸化学会2024年度大会創立100周年記念大会（招待講演）
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Atsuto Ura, Izumi Yanatori, Takehiko Tosha, Yoshitsugu Shiro, Hitomi Sawai
2. 発表標題 Molecular Mechanisms of the Iron Binding and Transport by PCBP
3. 学会等名 日本生物物理学会第14回中国四国支部大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宮脇 まどか、浦 敦人、築取 いずみ、城 宜嗣、澤井 仁美
2. 発表標題 ヒトの鉄吸収に関わる膜貫通型鉄還元酵素Dcytbと鉄輸送タンパク質PCBPの複合体化の検討
3. 学会等名 令和5年度日本生化学会 九州支部例会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 浦 敦人、築取 いずみ、城 宜嗣、澤井 仁美
2. 発表標題 鉄シャペロンタンパク質PCBPによる鉄イオン輸送機構の解明
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 佐藤 渚、浦 敦人、築取いずみ、當舎武彦、城 宜嗣、澤井仁美
2. 発表標題 細胞内鉄輸送に関わる鉄シャペロンと鉄貯蔵タンパク質の複合体形成の分子機構
3. 学会等名 第96回日本生化学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 阪口 智哉、澤井 仁美、城 宜嗣、鏑木 基成、當舎 武彦、木村 哲就、杉本 宏
2. 発表標題 鉄還元機能を持つ6回膜貫通型タンパク質101F6の大腸菌での発現と機能解析
3. 学会等名 第96回日本生化学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宮脇 まどか、浦 敦人、築取 いずみ、當舎 武彦、城 宜嗣、澤井 仁美
2. 発表標題 膜貫通型鉄還元酵素Dcytbと鉄輸送タンパク質PCBPの複合体化
3. 学会等名 第2回生命金属科学シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 浦 敦人、築取 いずみ、當舎 武彦、城 宜嗣、澤井 仁美
2. 発表標題 細胞内での鉄の輸送と貯蔵の分子メカニズム
3. 学会等名 第35回生物無機化学夏季セミナー
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 坂上 正虎、柴田 晃利、阪口 智哉、藤宇 将吾、高原 教代、築取 いずみ、城 宜嗣、當舎 武彦、澤井 仁美
2. 発表標題 ヒト由来鉄還元酵素Dcytbと二価金属輸送体DMT1の相互作用解析に向けた恒常共発現系の構築
3. 学会等名 第35回生物無機化学夏季セミナー
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤 渚、浦 敦人、築取 いずみ、當舎 武彦、城 宜嗣、澤井仁美
2. 発表標題 鉄輸送シャペロンPCBPと鉄貯蔵タンパク質Ferritinの複合体形成の分子機構
3. 学会等名 第35回生物無機化学夏季セミナー
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 竹下 はな、浦 敦人、築取 いずみ、當舎 武彦、城 宜嗣、澤井 仁美
2. 発表標題 細胞内鉄輸送タンパク質PCBPにおけるヘム鉄の結合解析
3. 学会等名 第35回生物無機化学夏季セミナー
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宮脇 まどか、浦 敦人、築取 いずみ、當舎 武彦、城 宜嗣、澤井 仁美
2. 発表標題 膜貫通型鉄還元酵素Dcytbと細胞内鉄輸送タンパク質PCBPの相互作用の検討
3. 学会等名 第35回生物無機化学夏季セミナー
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 入江 帆美、浦 敦人、築取 いずみ、當舎 武彦、城 宜嗣、澤井 仁美
2. 発表標題 ヒトの膜貫通型鉄還元酵素DcytbのC末端領域の役割
3. 学会等名 第35回生物無機化学夏季セミナー
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 浦 敦人、築取 いずみ、當舎 武彦、城 宜嗣、澤井 仁美
2. 発表標題 PCBP-Ferritin相互作用解析に基づく細胞内鉄代謝機構の解明
3. 学会等名 令和5年度バイオダイナミクス研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 坂上 正虎、高原 教代、築取 いずみ、當舎 武彦、城 宜嗣、澤井 仁美
2. 発表標題 ヒト由来二価金属輸送体DMT1と鉄還元酵素Dcytbの相互作用解析に向けて
3. 学会等名 令和5年度バイオダイナミクス研究会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 城 宜嗣、青野 重利、齋藤 正男	4. 発行年 2022年
2. 出版社 エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 472
3. 書名 ヘムタンパク質の科学	

1. 著者名 城宜嗣、澤井仁美、當舎武彦	4. 発行年 2021年
2. 出版社 エヌ・ティー・エス出版	5. 総ページ数 511
3. 書名 生命金属ダイナミクス	

〔産業財産権〕

〔その他〕

Researchmap https://researchmap.jp/hitomisawai 分子科学研究所 生命・錯体分子科学研究領域 澤井グループ https://www.ims.ac.jp/research/group/sawai/

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	築取 いずみ (Yanatori Izumi) (40454847)		
研究協力者	ゴパラスィンガム チャイ (Gopalasingam Chai)		

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
---------	---------

英国	ブリストル大学	レスター大学	リバプール大学	
米国	メリーランド大学			