

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02698

研究課題名(和文) レドックス制御作用機序解明を指向したペプチド由来生体反応活性種モデル系の創製

研究課題名(英文) Development of model systems for peptide-derived biologically relevant reactive species with the aim of elucidating the mechanism of redox regulation

研究代表者

後藤 敬 (Goto, Kei)

東京工業大学・理学院・教授

研究者番号：70262144

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,360,000円

研究成果の概要(和文)：生体内のレドックス制御において重要な役割を果たしているセレノシステイン由来活性中間体は、極めて不安定であるためモデル研究すら困難であった。本研究では、巨大分子キャビティを活用することで、ペプチド由来活性中間体そのものを安定化できるCradled peptideモデルを開発した。これを用いて、重要な抗酸化酵素であるグルタチオンペルオキシダーゼの中間体の安定化を図り、その酵素機能について提唱されてきた基本触媒機構およびバイパス機構のすべての素反応過程を実験的に証明することに成功した。また、セレンタンパク質と活性窒素種との相互作用の中間体であるSe-ニトロソセレノシステインの合成に初めて成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

セレンタンパク質の反応は、細胞の増殖、分化、アポトーシスなどに深く関わっている。特に、重要な抗酸化酵素であるグルタチオンペルオキシダーゼは、活性酸素種からの生体防御において中心的な役割を果たしているが、その反応機構は中間体の不安定性のために仮説の提唱にとどまっていた。また、セレンタンパク質と活性窒素種との相互作用中間体については、化学種の存在自体に実験的根拠がなかった。本研究により提唱反応過程がモデル系で実証されたことから、セレンタンパク質の作用機序に関して化学的エビデンスに基づいた研究が可能になり、老化や細胞死などの機構研究の基盤となるとともに、薬剤の合理的設計にも資するものと期待される。

研究成果の概要(英文)：In the biological functions of selenoproteins, various highly reactive species formed by oxidative modification of selenocysteine residues have been postulated to play crucial roles. However, many of the selenocysteine-derived reactive intermediates are so unstable that even their model studies have been difficult. In this study, we have developed cradled peptide models that can stabilize the selenopeptide-derived reactive intermediates by utilizing a macromolecular cavity as a protective cradle. Using this model system, we have succeeded in stabilization of the intermediates of glutathione peroxidase (GPx), one of the most important antioxidant enzymes, and experimentally demonstrated all the chemical processes proposed for the catalytic cycle of GPx, including the bypass process. The first synthesis of a Se-nitrososelenocysteine, an intermediate of the interaction between selenoproteins and reactive nitrogen species, has also been achieved.

研究分野：有機元素化学

キーワード：有機化学 酵素モデル 活性中間体 セレンタンパク質 ペプチド セレネン酸 Se-ニトロソセレノシステイン グルタチオンペルオキシダーゼ

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

セレンタンパク質の反応は、細胞の増殖、分化、アポトーシスなどに深く関わっている。それらの作用機序においては、セレノシステイン残基と活性酸素種および活性窒素種との反応が重要な役割を果たしている。しかし、これらの反応で想定されている中間体の多くは極度に不安定であり、モデル研究でさえ困難であった。特に、哺乳類にとって最も重要な抗酸化酵素の一つであるグルタチオンペルオキシダーゼ (GPx) は、活性酸素種からの生体防御において中心的な役割を果たしているが、その反応機構は中間体であるセレノシステインセレン酸 (Sec-SeOH) の不安定性のために推測の議論にとどまっていた。また、セレンタンパク質と活性窒素種との相互作用中間体である Se-ニトロソセレノシステイン (Sec-SeNO) については、実験的には観測例すらなく、化学種の存在自体が仮説の域を出ていない状況であった。生化学の分野で仮説として提案されてきた様々な想定反応機構を実験的に検証し、より化学的根拠に基づいた機構を確立するためには、反応中間体を生体内と同様に安定化できる人工モデル系の構築が必要とされていた。

### 2. 研究の目的

生体内のレドックス制御において重要な役割を果たしているセレノシステイン由来活性中間体の合成モデル開発を行い、従来仮説にとどまっていた生体反応作用機序の化学的解明を目指す。セレノシステイン由来活性中間体は、極めて不安定であるためモデル研究すら困難なものが多かったが、本研究では、反応中間体の高活性と安定性を両立できる新規なペプチドモデル系として、巨大分子キャビティをペプチドの Cradle として活用することで、ペプチド由来活性中間体そのものを安定化できる Cradled peptide モデルの開発を行う。これを用いて活性中間体の「標準物質」を合成し、その構造および反応性を直接的に解明する。それにより、これまで仮説にとどまっていた生体反応の想定機構を化学的に検証するとともに、化学的根拠に基づく機構の提案を行う。生命維持に重要な含セレン酵素を中心に、レドックス制御機構の化学的解明を行う。

### 3. 研究の方法

生体反応活性中間体の失活を効果的に抑制しつつ、注目する反応性は損なわない新規なペプチドモデル系を創製するために、酵素の活性部位の構造的特性を模倣した巨大キャビティ型反応場 (“cradle”) を構築する。分子全体の構造から、ペプチド上の活性種の二量化や自己縮合などを効果的に抑制するために、主骨格としてサイズが 2 nm を越す巨大なフェニレンドンドリマーを活用する。その内部にセレノペプチドを導入した “cradled peptide” (図1) を開発し、これを用いることでセレノペプチドと活性酸素種および活性窒素種等の反応剤との反応で生成する活性中間体を安定に合成するとともに、その構造および物性を明らかにする。得られた化合物を用いることにより、生化学の分野で仮説として提案されてきた反応機構を幅広い実験手段により直接的に検証する。

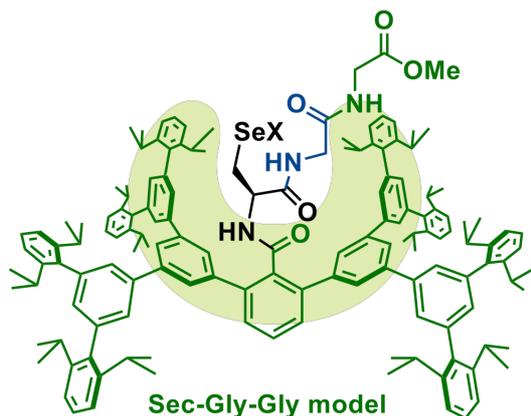


図1 “Cradled peptide” モデル系の例

### 4. 研究成果

(1) セレノペプチドモデルを活用したグルタチオンペルオキシダーゼ触媒反応機構のモデル研究

重要な抗酸化酵素であるグルタチオンペルオキシダーゼ (GPx) について、最近新たに提唱された失活抑制機構を含む触媒機構についてモデル研究を行った。従来広く受け入れられてきた GPx の基本触媒機構において、鍵中間体であるセレノシステイン由来セレン酸 (SecSeOH) がどのように熱的な脱セレン化による失活を防いでいるかについては不明なままであった。これに対し、SecSeOH から環状セレネニルアミドへの分子内環化反応により脱セレン化を防いでいるのではないかとはいくつかのバイパス機構の存在が最近提唱されているが、SecSeOH の不安定性のために、実験的な根拠は間接的なものにとどまっていた。今回、このバイパス機

構の化学的検証を行うために、昨年度開発した cradled peptide モデルを活用することで、近傍のアミノ酸残基が Sec-SeOH の分解をどのように抑制しているかについて、実験的に解明した。すなわち、Cradled Sec-Gly-Gly モデルの Sec-SeH に対し、低温下で過酸化水素を作用させ、Sec-SeOH をほぼ定量的に生成させた後に、昇温による変化を観測したところ、脱セレン化よりも速く環状セレネニルアミドへの分子内環化が進行することを明らかにした。また、この環状セレネニルアミドが、システインチオールとの反応によりセレネニルスルフィドへと変換され、バイパス機構から基本触媒機構へ復帰できることを示した。他の反応過程についても検証を行い、GPx の酵素機能について提唱されてきた基本触媒機構およびバイパス機構のすべての素反応過程を実験的に証明することに成功した。さらに、GPx のアイソザイムである GPx1 および GPx4 の活性中心モデルである Sec-Gly-Thr モデルおよび Sec-Gly-Lys モデルの Sec-SeH を合成し、実際の酵素により近いモデルでの検討を行った。その結果、Sec-Gly-Thr モデルおよび Sec-Gly-Lys モデルのいずれにおいても、SecSeH からの SecSeOH の生成を NMR により観測し、そこからの分子内環化過程が一般化モデルである Sec-Gly-Gly モデルよりも効率的に進行することを明らかにした。また、Università degli Studi di Padova の Orian 教授との共同研究により、この過程に対して隣接アミノ酸残基が及ぼす役割を理論化学的に解明した。これらの結果は、従来仮説としての提唱に留まってきた抗酸化酵素の失活抑制過程が、ペプチド系で効率的に進行しうることを実証するものであり、抗酸化酵素の作用機序の研究において基盤となる化学的知見といえる。

## (2) セレンタンパク質と活性窒素種との相互作用のモデル研究

1990 年代より、GPx やチオレドキシシンレダクターゼなどのセレンタンパク質と活性窒素種との相互作用では、Se-ニトロソセレノシステイン (Sec-SeNO) が中間体として生成し、活性窒素種が媒介する信号伝達過程や nitrosative stress において重要な役割を果たすと提唱されてきた。しかし、Sec-SeNO は生体系、人工系のいずれにおいても観測例すらなく、化学種の存在自体に実験的根拠がない状況であった。cradled peptide モデル系を用いて検討したところ、Sec-SeNO は Sec-SeOH 以上に 2 分子間過程による失活を起こしやすいことが明らかになった。そこで、キャビティサイズを拡大した分子 cradle を新たに開発し、それを活用することで安定な Sec-SeNO の合成を初めて達成した。得られた Sec-SeNO とシステインチオールや還元剤であるジチオトレイトールとの反応について検討し、GPx と活性窒素種との相互作用として提唱されてきた反応過程を実験的に証明することに成功した。今回得られた Sec-SeNO のスペクトルの性質および反応性に関する情報は、タンパク質中での Sec-SeNO の同定や作用機序の解明を行う際の標準データとして重要になると考えられる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Sano Tsukasa, Masuda Ryosuke, Sase Shohei, Goto Kei	4. 巻 57
2. 論文標題 Isolable small-molecule cysteine sulfenic acid	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 2479 ~ 2482
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CC08422K	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 Masuda Ryosuke, Kimura Ryutarō, Karasaki Takafumi, Sase Shohei, Goto Kei	4. 巻 143
2. 論文標題 Modeling the Catalytic Cycle of Glutathione Peroxidase by Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopic Analysis of Selenocysteine Selenenic Acids	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 6345 ~ 6350
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.1c02383	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 Shohei Sase and Kei Goto	4. 巻 194
2. 論文標題 Modeling of Biologically Relevant Chemical Transformations Involving Thionitrates	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phosphorus, Sulfur Silicon and the Related Elements	6. 最初と最後の頁 771-773
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/10426507.2019.1603726	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 Graham N. George, Ingrid J. Pickering, Julien J. H. Cotelesage, Linda I. Vogt, Natalia V. Dolgova, Nathan Regnier, Dimosthenis Sokaras, Thomas Kroll, Eileen Y. Sneed, Mark J. Hackett, Kei Goto, and Eric Block	4. 巻 194
2. 論文標題 Visualizing Sulfur with X-rays: From Molecules to Tissues	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phosphorus, Sulfur Silicon and the Related Elements	6. 最初と最後の頁 618-623
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/10426507.2019.1602618	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 Masuda Ryosuke, Kuwano Satoru, Goto Kei	4. 巻 86
2. 論文標題 Late-Stage Functionalization of the Periphery of Oligophenylene Dendrimers with Various Arene Units via Fourfold C <sup>2</sup> H Borylation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 14433 ~ 14443
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.1c01252	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 Shimizu Atsuki, Tobe Ryuta, Aono Riku, Inoue Masao, Hagita Satoru, Kiriyama Kaito, Toyotake Yosuke, Ogawa Takuya, Kurihara Tatsuo, Goto Kei, Prakash N. Tejo, Mihara Hisaaki	4. 巻 22
2. 論文標題 Initial Step of Selenite Reduction via Thioredoxin for Bacterial Selenoprotein Biosynthesis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 10965 ~ 10965
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms222010965	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 Masuda Ryosuke, Goto Kei	4. 巻 662
2. 論文標題 Modeling of selenocysteine-derived reactive intermediates utilizing a nano-sized molecular cavity as a protective cradle	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Methods in Enzymology	6. 最初と最後の頁 331 ~ 361
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/bs.mie.2021.10.018	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 -

1. 著者名 Kuwano Satoru, Takahashi Erika, Ebisawa Kazuaki, Ishikawa Yo, Sase Shohei, Goto Kei	4. 巻 32
2. 論文標題 Oxy- and aminoselenation of alkenes utilizing an isolable selenenyl iodide	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Mendeleev Communications	6. 最初と最後の頁 80 ~ 82
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mencom.2022.01.026	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 Masuda Ryosuke, Kuwano Satoru, Sase Shohei, Bortoli Marco, Madabeni Andrea, Orian Laura, Goto Kei	4. 巻 95
2. 論文標題 Model Study on the Catalytic Cycle of Glutathione Peroxidase Utilizing Selenocysteine-Containing Tripeptides: Elucidation of the Protective Bypass Mechanism Involving Selenocysteine Selenenic Acids	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1360 ~ 1379
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20220156	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 鍛野 哲, 後藤 敬	4. 巻 77
2. 論文標題 システインスルフェン酸を捕まえる -化学プローブを用いた高反応性化学種の検出	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 化学	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 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 -

1. 著者名 Goto Kei, Sano Tsukasa, Masuda Ryosuke, Otaka Shotaro, Kimura Ryutaro, Sase Shohei, Kuwano Satoru	4. 巻 198
2. 論文標題 Stable cysteine sulfenic acid: synthesis by direct oxidation of a thiol, crystallographic analysis, and elucidation of reactivities	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements	6. 最初と最後の頁 466 ~ 470
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/10426507.2023.2195650	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 Kuwano Satoru, Takahashi Erika, Kikushima Jun, Sase Shohei, Goto Kei	4. 巻 47
2. 論文標題 Efficient oxyselenation and aminoselenation utilizing a selenenyl iodide based on the characteristic thermodynamics of its reaction with olefins	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 9569 ~ 9574
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d2nj06346h	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 Masuda Ryosuke, Kuwano Satoru, Goto Kei	4. 巻 -
2. 論文標題 Modeling Selenoprotein <i>Se</i>-Nitrosation: Synthesis of a <i>Se</i>-Nitrososelenocysteine with Persistent Stability	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	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) 10.1021/jacs.3c03394	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27件(うち招待講演 5件/うち国際学会 6件)

1. 発表者名 後藤真人, 佐藤有里紗, 鋤野 哲, 後藤 敬
2. 発表標題 キャビティ型分子骨格により安定化されたペルチオスルフェン酸の合成、構造、および反応性
3. 学会等名 第18回ホスト・ゲスト化学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 廣重誠也, 鋤野 哲, 佐瀬祥平, 後藤 敬
2. 発表標題 クレードル型N-アルキル基により内部修飾されたジペプチドの合成とシステイン由来活性化学種安定化への応用
3. 学会等名 第31回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 増田涼介, 鋤野 哲, 佐瀬祥平, 後藤 敬
2. 発表標題 拡張分子クレードルを活用したSe-ニトロソセレノシステインの合成
3. 学会等名 第48回有機典型元素化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大高 勝太郎, 増田涼介, 楢野 哲, 後藤 敬
2. 発表標題 分子クレードルを活用したシステイン由来活性種と化学プローブとの反応に関するモデル研究
3. 学会等名 第48回有機典型元素化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 後藤真人, 佐藤有里紗, 楢野 哲, 後藤 敬
2. 発表標題 分子キャビティを活用したペルチオスルフェン酸の構造と反応性の解明
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 増田涼介, 楢野 哲, 佐瀬祥平, 後藤 敬
2. 発表標題 レードルドセレノペプチドを活用した甲状腺ホルモン活性化酵素の作用機序と阻害に関するモデル研究
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kei Goto
2. 発表標題 Design and Application of Molecular Cavities for Modeling Cysteine-derived Reactive Intermediates
3. 学会等名 29th International Symposium on the Organic Chemistry of Sulfur (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kei Goto
2. 発表標題 Construction and Application of Molecular Cradles for Modeling Reactive Intermediates of Selenoenzymes
3. 学会等名 25th IUPAC Conference on Physical Organic Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鎌野 哲, 高橋絵里歌, 石川 陽, 菊島 潤, 佐瀬祥平, 後藤 敬
2. 発表標題 単離可能なヨウ化セレネニルを用いるアルケンのオキシセレン化およびアミノセレン化反応
3. 学会等名 第25回ヨウ素学会シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 後藤 敬
2. 発表標題 活性化学種の反応制御を指向した分子キャビティの設計と応用
3. 学会等名 2022年有機反応機構研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鎌野 哲, 増田涼介, 後藤 敬
2. 発表標題 分子クレードルを活用したヨードチロニンデヨージナーゼ活性中間体のモデル研究
3. 学会等名 第32回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kei Goto
2. 発表標題 Modeling of Selenocysteine-Derived Reactive Species Utilizing a Nano-Sized Molecular Cavity as a Protective Cradle
3. 学会等名 15th International Conference on the Chemistry of Selenium and Tellurium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大高勝太郎, 山口美涼, 鎌野 哲, 後藤 敬
2. 発表標題 分子クレードルを活用したシステイン由来N-ヒドロキシスルフェンアミドの反応性の解明
3. 学会等名 第49回有機典型元素化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 工藤 嵐, 鎌野 哲, 後藤 敬
2. 発表標題 分子キャビティを活用したセレノプロテイン生合成に関わる活性中間体のモデル研究
3. 学会等名 第49回有機典型元素化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 菊島 潤, 高橋絵里歌, 仲田孝明, 鎌野 哲, 後藤 敬
2. 発表標題 ヨウ化セレネニルのアルケンに対する反応性解明とカスケード環化反応への応用
3. 学会等名 第49回有機典型元素化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 増田涼介, 佐瀬祥平, 後藤 敬
2. 発表標題 安定なセレノシステイン由来セレネン酸を用いたGPx1およびGPx4の触媒サイクルに関するモデル研究
3. 学会等名 生命金属に関する合同年会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山口美涼, 佐瀬祥平, 後藤 敬
2. 発表標題 システインチオールとHNO <sub>2</sub> 供与体との反応における活性中間体の直接合成および反応性の解明
3. 学会等名 第47回有機典型元素化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 廣重誠也, 佐瀬祥平, 後藤 敬
2. 発表標題 クレードル骨格を有するN-アリアルメチルシステイン誘導体の合成
3. 学会等名 第47回有機典型元素化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 増田涼介, 佐瀬祥平, 鞆野 哲, 後藤 敬
2. 発表標題 クレードルセレノペプチドを活用したGPx1およびGPx4の触媒サイクルに関するモデル研究
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kei Goto
2. 発表標題 Construction of the Synthetic Model System for Selenocysteine-Derived Reactive Species by Utilizing a Molecular Cradle
3. 学会等名 8th Workshop of the International Network on Selenium Sulphur and Redox Catalysis (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kei Goto
2. 発表標題 Synthesis and Reactions of Selenocysteine-Derived Selenenic Acids Stabilized by a Nano-Sized Molecular Cradle
3. 学会等名 14th International Conference on the Chemistry of Selenium and Tellurium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryosuke Masuda, Shohei Sase, and Kei Goto
2. 発表標題 Model Study of the Reactions of a GPx-Derived Selenenic Acid by Utilizing a Selenopeptide Incorporated in a Molecular Cradle
3. 学会等名 14th International Conference on the Chemistry of Selenium and Tellurium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増田涼介, 佐瀬祥平, 後藤 敬
2. 発表標題 GPx由来高反応性化学種の合成と作用機序に関するモデル研究への応用
3. 学会等名 第5回日本セレン研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増田涼介, 佐瀬祥平, 後藤 敬
2. 発表標題 GPx活性中心ペプチドの新規モデル系の構築と作用機序解明への応用
3. 学会等名 第46回有機典型元素化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口美涼, 佐瀬祥平, 後藤 敬
2. 発表標題 分子クレードルを活用したシステイン由来N-ヒドロキシルフェンアミドの反応性に関するモデル研究
3. 学会等名 第46回有機典型元素化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryosuke Masuda, Takafumi Karasaki, Ryutaro Kimura, Shohei Sase, and Kei Goto
2. 発表標題 Model Study on the Reaction Mechanism of GPx: Synthesis and Elucidation of Reactivities of Selenopeptide-derived Selenenic Acids
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山口美涼, 佐瀬祥平, 後藤 敬
2. 発表標題 安定なシステイン由来N-ヒドロキシルフェンアミドの合成とその反応性の解明
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020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
研究協力者	オリアン ローラ  (Orian Laura)		
研究協力者	ブロック エリック  (Block Eric)		
研究協力者	ジョージ グラハム  (George Graham)		

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			
イタリア	Universita degli Studi di Padova			
米国	State University of New York			
カナダ	University of Saskatchewan			