

令和 4 年 6 月 27 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K06537

研究課題名(和文)イオウ依存型エネルギー代謝を基盤とした低酸素耐性機構の解析

研究課題名(英文) Analysis of hypoxia tolerance mechanism based on sulfur-dependent energy metabolism

研究代表者

笠松 真吾 (Kasamatsu, Shingo)

大阪府立大学・理学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：80738807

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：Tyrosine methyl esterを出発物質として、活性イオウ分子種検出に最適な新規アルキル化試薬N-iodoacetyl tyrosine methyl ester (TME-IAM)を合成した。TME-IAMを用いた活性イオウ分子種メタボローム解析系を構築し、低酸素耐性を持つゴールデンハムスター腎(HaK)細胞と低酸素に脆弱であるヒト腎(HEK293)細胞を解析した結果、両細胞で異なる活性イオウ分子種プロファイルを示すことが分かった。これらことから、低酸素耐性機構に活性イオウ分子種が関与している可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題で開発したTME-IAMを用いることで、これまで検出が困難であった生体試料中の活性イオウ分子種を正確に検出することを可能となる。活性イオウ分子種は強力な抗酸化活性やレドックスシグナル制御活性を示すことが知られていることから、本検出試薬を用いた活性イオウ分子種メタボローム解析系は、酸化ストレス関連疾患や、がんなどの疾病・病態における活性イオウ分子種の生物学的意義を解析する上で非常に有用であると期待される。

研究成果の概要(英文)：We developed a novel tyrosine-based alkylating agent, N-iodoacetyl tyrosine methyl ester (TME-IAM) by a coupling reaction of TME and iodoacetic acid. Mass spectrometric analyses revealed that TME-IAM can derivatize reactive sulfur species without artificial decomposition in biological samples. By quantitative analysis for reactive sulfur species, the results showed that there were differences in the profile of reactive sulfur species between hypoxia-tolerant golden hamster kidney cells and hypoxia-vulnerable human kidney cells. These results suggest that reactive sulfur species may be involved in the hypoxia tolerance mechanism in hibernators.

研究分野：分子生物学

キーワード：活性硫黄分子 超硫黄分子 低酸素

1. 研究開始当初の背景

酸素が地球上に誕生して以来、多くの生物は酸素を電子受容体として利用する好氣的エネルギー生成機構を用いて生命活動を維持してきた。大気中より取り込まれた酸素は、哺乳動物では細胞内のミトコンドリアの電子伝達系において消費され、エネルギー代謝に利用される。一方で、ジリスやハムスターなどの冬眠性する小型哺乳類は、低酸素耐性、虚血再灌流耐性、廃用性萎縮耐性を備えているとされているが、**冬眠を可能とする生体状態の実体とその達成機構はよく解っていない。**

応募者らはこれまでに、システイン残基のチオール基にイオウ原子が過剰に付加された、システインパースルフィド (CysSSH) やグルタチオンパースルフィド (GSSH) などの活性イオウ分子種の生体内生成を世界で初めて報告し、その生理的シグナル機構を明らかにしてきた。さらに、細菌・原核生物から真核生物まで普遍的に発現している翻訳酵素であるシステイニル tRNA 合成酵素 (cysteinyI-tRNA synthetase, CARS) が、生体内で CysSSH を産生する主要な酵素であることを見出した。哺乳動物細胞のミトコンドリア内で発現している CARS (CARS2) より生成される CysSSH とその関連代謝物が、**ミトコンドリア生合成の制御に関与し、さらにエネルギー産生の過程で酸素の代わりに利用されていることが分かった。**この新規エネルギー生成機構 (イオウ呼吸) において、CARS2 により生成された CysSSH は、電子伝達系より電子を受容することで硫化水素 (hydrogen sulfide, H₂S) を生じ、硫化水素代謝酵素である sulfide:quinone reductase (SQR) によりそのプロトン (電子) は再び電子伝達系のキノン (Q) プールへと供与される。この経路 (イオウ呼吸) では酸素を必要としないため、**新たな嫌氣的エネルギー生成機構として低酸素環境下で機能している可能性が考えられる。**

2. 研究の目的

本研究課題で着目する活性イオウ分子種は、非常に不安定な分子であるため、サンプル調製時に容易に分解、酸化してしまい、生体内の活性イオウ分子種を正確に定量することは困難である。そこで、本研究課題では、活性イオウ分子種の定量に最適な新規アルキル化試薬を合成し、新たな活性イオウ分子種メタボローム解析系を構築する。さらに、活性イオウ分子の総量を定量的に評価する系を構築するとともに、新規アルキル化試薬を用いた未知活性イオウ分子種探索系を構築する。低酸素環境下におけるイオウ依存型エネルギー代謝系の重要性をこれらの活性イオウ分子種解析系によって評価した。

3. 研究の方法

(1) 新規アルキル化試薬の合成および活性イオウ分子種メタボローム解析系の構築

我々の研究グループはこれまでにチロシンなどのヒドロキシフェニル構造が活性イオウ分子の安定化に寄与することを見出している。そこで、チロシン誘導体を出発物質とする新規のアルキル化試薬を合成し、活性イオウ分子種との反応性を評価した。さらに、質量分析装置による活性イオウ分子種メタボローム解析系を構築した後、生体試料 (マウス肝臓組織) を用いて、活性イオウ分子種メタボローム解析系における新規アルキル化試薬の有用性を評価した。

(2) 知活性イオウ分子種探索系の構築

項目 (1) で新規アルキル化試薬を開発する過程で、新規アルキル化試薬が活性イオウ分子種と反応し生成される誘導体が、質量分析時に特徴的な開裂パターンを示すことを見出した。そこで、生体試料を新規アルキル化試薬で標識した後、アルキル化標識に特異的なフラグメントイオンを検出することで、未知活性イオウ分子種を探索する系を構築した。

4. 研究成果

(1) 新規アルキル化試薬の合成および活性イオウ分子種メタボローム解析系の構築

Tyrosine methyl ester を出発物質として新規アルキル化試薬 *N*-iodoacetyl tyrosine methyl ester (TME-IAM) を合成した。TME-IAM はヨードアセチル基を介して活性イオウ分子種を安定な誘導体へと変換する一方で、分子内のヒドロキシフェニル基を介して強力にポリスルフィド構造の安定化をもたらすことが分かった。そのため、TME-IAM を用いた場合、これまでは検出が困難とされていたポリスルフィド鎖長の長い (分子内のイオウ原子数の多い) 活性イオウ分子種を分解せずに検出することが可能であることがわかった。実際、マウス肝臓組織を用いて活性イオウ分子種メタボローム解析を行った結果、TME-IAM を用いた群においてのみシステインハイドロトリスルフィドが検出された。これらのことから、TME-IAM は活性イオウ分子種の解析に有用な解析ツールであることが示された。本成果は、2021年5月に *Antioxidants & Redox Signaling* 誌に掲載され、掲載号の表紙に選ばれた。

本解析系を用いて、小型冬眠性哺乳動物であるゴールデンハムスターの腎細胞株(HaK細胞)と非冬眠性動物であるヒトの腎細胞株(HEK293細胞)を測定した結果、低酸素耐性を持つHaK細胞と低酸素に脆弱であるHEK293細胞では異なる活性イオウ分子プロファイルを示すことが分かった。

(2) 未知活性イオウ分子種探索系の構築

新たに構築したTME-IAMを用いた未知活性イオウ分子種探索系の妥当性は、化学合成したグルタチオンパースルフィドなどを用いて確認した。ニンニクやタマネギなどのイオウ化合物を豊富に含むことが知られる食品について本解析系を用いた結果、複数の未知活性イオウ分子が検出された。さらに、前述した通り、異なる活性イオウ分子プロファイルを示すことが分かったHaK細胞とHEK293細胞について解析を行った結果、低酸素曝露により変化する複数のシグナルの検出に成功した。これらの低酸素センサー・エフェクター活性イオウ分子種をより詳細に解析することにより、低酸素耐性機構における活性イオウ分子の機能を解析することが可能であると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Kasamatsu Shingo, Tsutsuki Hiroyasu, Ida Tomoaki, Sawa Tomohiro, Watanabe Yasuo, Akaike Takaaki, Ihara Hideshi	4. 巻 120
2. 論文標題 Regulation of nitric oxide/reactive oxygen species redox signaling by nNOS splicing variants	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nitric Oxide	6. 最初と最後の頁 44 ~ 52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.niox.2022.01.004	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 Kasamatsu Shingo, Ida Tomoaki, Koga Taisei, Asada Kosho, Motohashi Hozumi, Ihara Hideshi, Akaike Takaaki	4. 巻 34
2. 論文標題 High-Precision Sulfur Metabolomics Innovated by a New Specific Probe for Trapping Reactive Sulfur Species	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Antioxidants & Redox Signaling	6. 最初と最後の頁 1407 ~ 1419
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1089/ars.2020.8073	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 Kasamatsu Shingo, Komae Somei, Matsukura Kana, Kakihana Yuki, Uchida Koji, Ihara Hideshi	4. 巻 10
2. 論文標題 2-Oxo-Imidazole-Containing Dipeptides Play a Key Role in the Antioxidant Capacity of Imidazole-Containing Dipeptides	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Antioxidants	6. 最初と最後の頁 1434 ~ 1434
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/antiox10091434	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 Cheah Pike-See, Prabhakar Shilpa, Yellen David, Beauchamp Roberta L., Zhang Xuan, Kasamatsu Shingo, Bronson Roderick T., Thiele Elizabeth A., Kwiatkowski David J., Stemmer-Rachamimov Anat, Gyorgy Bence, Ling King-Hwa, Kaneki Masao, Tannous Bakhos A., Ramesh Vijaya, Maguire Casey A., Breakefield Xandra O.	4. 巻 7
2. 論文標題 Gene therapy for tuberous sclerosis complex type 2 in a mouse model by delivery of AAV9 encoding a condensed form of tuberin	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eabb1703
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.abb1703	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 Masayuki、Kasamatsu Shingo、Shinozaki Shohei、Yasuhara Shingo、Kaneki Masao	4. 巻 320
2. 論文標題 Myostatin deficiency not only prevents muscle wasting but also improves survival in septic mice	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism	6. 最初と最後の頁 E150 ~ E159
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/ajpendo.00161.2020	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 Kasamatsu Shingo、Ihara Hideshi	4. 巻 68
2. 論文標題 Regulation of redox signaling by reactive sulfur species	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition	6. 最初と最後の頁 111 ~ 115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3164/jcbrn.20-124	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 Kakihana Yuki、Kasamatsu Shingo、Uchida Koji、Ihara Hideshi	4. 巻 55
2. 論文標題 Distribution and quantitative analysis of homoanserine and its 2-oxo derivative in mouse tissues	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Free Radical Research	6. 最初と最後の頁 579 ~ 588
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/10715762.2021.1888945	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 Kasamatsu Shingo、Kakihana Yuki、Koga Taisei、Yoshioka Hisashi、Ihara Hideshi	4. 巻 9
2. 論文標題 Generation of Rat Monoclonal Antibody to Detect Hydrogen Sulfide and Polysulfides in Biological Samples	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Antioxidants	6. 最初と最後の頁 1160 ~ 1160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/antiox9111160	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 Kasamatsu Shingo	4. 巻 33
2. 論文標題 Persulfide-Dependent Regulation of Electrophilic Redox Signaling in Neural Cells	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Antioxidants & Redox Signaling	6. 最初と最後の頁 1320 ~ 1331
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1089/ars.2020.8130	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 Tsutsuki Hiroyasu, Kasamatsu Shingo, Kunieda Kohei, Ida Tomoaki, Sawa Tomohiro, Sasakawa Nobuyuki, Akaike Takaaki, Ihara Hideshi	4. 巻 526
2. 論文標題 8-Nitro-cGMP modulates exocytosis in adrenal chromaffin cells	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biochemical and Biophysical Research Communications	6. 最初と最後の頁 225 ~ 230
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2020.03.045	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 Kishimoto Yusuke, Kasamatsu Shingo, Yanai Shuichi, Endo Shogo, Akaike Takaaki, Ihara Hideshi	4. 巻 511
2. 論文標題 8-Nitro-cGMP attenuates context-dependent fear memory in mice	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biochemical and Biophysical Research Communications	6. 最初と最後の頁 141 ~ 147
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2019.01.138	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 Kakinohana Manabu, Marutani Eizo, Tokuda Kentaro, Kida Kotaro, Kosugi Shizuko, Kasamatsu Shingo, Magliocca Aurora, Ikeda Kohei, Kai Shinichi, Sakaguchi Masahiro, Hirai Shuichi, Xian Ming, Kaneki Masao, Ichinose Fumito	4. 巻 131
2. 論文標題 Breathing hydrogen sulfide prevents delayed paraplegia in mice	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Free Radical Biology and Medicine	6. 最初と最後の頁 243 ~ 250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.freeradbiomed.2018.12.003	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 該当する

1. 著者名 笠松 真吾、居原 秀	4. 巻 93
2. 論文標題 超硫黄分子の新規分析方法の開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 生化学	6. 最初と最後の頁 613 ~ 620
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14952/seikagaku.2021.930613	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 笠松真吾、居原秀	4. 巻 39
2. 論文標題 質量分析法を用いた生体内活性硫黄分子の網羅的解析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 質量分析法を用いた生体内活性硫黄分子の網羅的解析	6. 最初と最後の頁 2106 ~ 2108
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 垣花優希、笠松真吾、居原 秀	4. 巻 38
2. 論文標題 酸化イミダゾールジペプチドによる生体機能調節	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 実験医学増刊「食と健康を結ぶメディカルサイエンス」	6. 最初と最後の頁 67 ~ 73
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23件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 居原 秀、岸本祐典、笠松真吾、中嶋秀満、赤池孝章
2. 発表標題 アルツハイマー病およびてんかんモデルマウスにおける8-nitro-cGMP産生と神経活動への影響
3. 学会等名 第19回日本NO学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Kasamatsu and H. Ihara
2. 発表標題 Disruption of reactive persulfide-dependent redox signal by exposure of electrophile in neuronal cells
3. 学会等名 Persulfide Conference 2019 (1st International Conference on Persulfides and Sulfur Metabolism in Biology and Medicine) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Kobayashi, S. Kasamatsu, S. Yasuhara, S. Shinozaki, M. Kaneki
2. 発表標題 Increased Muscle Mass by Myostatin Deficiency Improves Bacterial Clearance and Survival in Septic Mice
3. 学会等名 ASA 2019 - American Society of Anesthesiologists Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笠松真吾、西田基宏、澤智裕、熊谷嘉人、赤池孝章、居原 秀
2. 発表標題 活性イオウ分子による親電子シグナル制御系の破綻に起因する有機水銀の神経毒性発現機構
3. 学会等名 メタルバイオサイエンス研究会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笠松真吾
2. 発表標題 イオウメタボローム・プロテオーム解析系による新規メチル水銀毒性機構の解析
3. 学会等名 平成31 年度重金属等による健康影響に関する総合的研究メチル水銀研究ミーティング (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笠松真吾
2. 発表標題 新規アルキル化剤を用いたイオウメタボローム・プロテオーム解析系の構築
3. 学会等名 レドックス・ライフイノベーション第170委員会20周年記念 若手シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 垣花優希、笠松真吾、内田浩二、居原 秀
2. 発表標題 新規の抗酸化物質2-オキソ-カルノシンによる細胞機能調節
3. 学会等名 第19回分子予防環境医学研究会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 笠松真吾、西田基宏、澤智裕、熊谷嘉人、赤池孝章、居原 秀
2. 発表標題 1-Methyl-4-phenylpyridinium ion神経毒性における一酸化窒素/活性酸素種レドックスシグナル経路の関与
3. 学会等名 第19回分子予防環境医学研究会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 垣花優希、笠松真吾、内田浩二、居原 秀
2. 発表標題 ホモアンセリンおよび酸化ホモアンセリンの測定方法の確立と生体内局在の解明
3. 学会等名 日本農芸化学会2020年度大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 神田彩華、笠松真吾、中野長久、居原 秀
2. 発表標題 培地中の硫酸塩がユーグレナの活性イオウ分子の生成動態に及ぼす影響
3. 学会等名 日本農芸化学会2020年度大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 菱山純一、居原 秀、笠松真吾
2. 発表標題 食品中の活性硫黄の定量解析
3. 学会等名 日本農芸化学会2020年度大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松永哲郎、笠松真吾、西村明、井田智章、守田匡伸、居原 秀、下田翔、西田基宏、本橋ほづみ、赤池孝章
2. 発表標題 アルコールデヒドロゲナーゼ5 (ADH5) のニトロソグルタチオン還元酵素 (GSNOR) 反応の選択的欠損マウスの開発
3. 学会等名 第74回 日本酸化ストレス学会・第21回 日本NO学会合同学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小前奏明、笠松真吾、松倉加奈、内田浩二、居原秀
2. 発表標題 2-オキシイミダゾールジペプチドの抗酸化活性測定
3. 学会等名 第75回日本栄養・食糧学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 笠松真吾, 井田智章, 古賀大聖, 浅田康勝, 本橋ほづみ, 赤池孝章2, 居原秀
2. 発表標題 新規アルキル化試薬N-iodoacetyl L-tyrosine methyl esterを用いた超硫黄メタボローム・プロテオーム解析系の構築
3. 学会等名 生理研研究会2021 生命を支える硫黄生物学の最前線
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Jung Minkyung, 笠松真吾, 井田智章, 松永哲郎, 守田匡伸, 本橋ほづみ, 赤池孝章
2. 発表標題 超硫黄化タンパク質の特異的検出法：新規超硫黄ピオチンスイッチ法
3. 学会等名 生理研研究会2021 生命を支える硫黄生物学の最前線
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 笠松真吾, 井田智章, 古賀大聖, 浅田康勝, 本橋ほづみ, 赤池孝章, 居原秀
2. 発表標題 新規アルキル化試薬N-iodoacetyl tyrosine methyl esterを用いた超硫黄メタボローム・プロテオーム解析系の構築
3. 学会等名 第94回日本生化学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Jung Minkyung, 笠松真吾, 井田智章, 松永哲郎, 守田匡伸, 本橋ほづみ, 赤池孝章
2. 発表標題 超硫黄化タンパク質の特異的検出法：新規超硫黄ピオチンスイッチ法
3. 学会等名 第94回日本生化学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金野文香、笠松真吾、赤池孝章、居原秀
2. 発表標題 アルツハイマー病モデルマウス脳内における活性硫黄分子オミクス解析
3. 学会等名 第94回日本生化学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小前奏明、笠松真吾、内田浩二、居原秀
2. 発表標題 2-オキソカルノシンの抗酸化メカニズムに関する研究
3. 学会等名 第94回日本生化学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 笠松真吾、居原秀
2. 発表標題 新規アルキル化試薬 N-iodoacetyl tyrosine methyl esterを用いた超硫黄分子網羅的絶対定量系の構築
3. 学会等名 レドックスR&D戦略委員会 第1回若手シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金野文香、笠松真吾、赤池孝章、居原秀
2. 発表標題 アルツハイマー病モデルマウス脳内における超硫黄分子生成動態の解析
3. 学会等名 第21回分子予防環境医学研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小前奏明、笠松真吾、内田浩二、居原秀
2. 発表標題 2-オキシイミダゾールジペプチドの抗酸化メカニズムに関する研究
3. 学会等名 第21回分子予防環境医学研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 笠松真吾
2. 発表標題 超硫黄プロテオーム・メタボローム解析の注意点 超硫黄検出ことはじめ
3. 学会等名 第二回レドックスR&D戦略委員会 春のシンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 ポリスルフィドの安定化	発明者 居原秀、笠松真吾	権利者 大阪府立大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-034471	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 活性硫黄の同定方法	発明者 居原秀、笠松真吾	権利者 公立大学法人大阪府立大学、バイオ・アクセラ
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-123716	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

大阪府立大学大学院 理学系研究科 生物科学専攻 分子生物学分野ホームページ http://www2.b.s.osakafu-u.ac.jp/BS10/
--

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

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